ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Mutlu KURBAN

HİBRİT İPLİKLER KULLANILARAK DÜŞÜK MALİYETLİ TEKSTİL TAKVİYELİ BETON GELİŞTİRİLMESİ, YAPI VE ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2021

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HİBRİT İPLİKLER KULLANILARAK DÜŞÜK MALİYETLİ TEKSTİL TAKVİYELİ BETON GELİŞTİRİLMESİ, YAPI VE ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mutlu KURBAN

DOKTORA TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez …/.../2021 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

……	……..	…….
Prof. Dr. Osman BABAARSLAN DANIŞMAN	Prof. Dr. Bilgehan GÜZEL ÜYE	Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL ÜYE
…….	……..	
Prof. Dr. Suat ÇETİNER ÜYE	Doç. Dr. İlhami İLHAN ÜYE	

Bu tez Enstitümüz Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç.Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FDK-2016-6682

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanundaki hükümlere tabidir.

Bu tez çalışmasını canım oğlum Burak Efe KURBAN'a ithaf ediyorum.

Mutlu KURBAN,2021

ÖZ

DOKTORA TEZİ

HİBRİT İPLİKLER KULLANILARAK DÜŞÜK MALİYETLİ TEKSTİL TAKVİYELİ BETON GELİŞTİRİLMESİ, YAPI VE ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mutlu KURBAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Osman BABAARSLAN
II. Danışman : Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY
Yıl: 2021, Sayfa: 363
Jüri : Prof. Dr. Osman BABAARSLAN
: Prof. Dr. Bilgehan GÜZEL
: Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL
: Prof. Dr. Suat ÇETİNER
: Doç. Dr. İlhami İLHAN

Son çeyrek asırda kullanımı giderek yaygınlaşan tekstil takviyeli betonlar (TTB) ince tanecikli beton ile yüksek çekme dayanımına sahip tekstil ürünlerinin ham veya epoksi takviyeli kullanılmasıyla elde edilmektedir. Epoksi kullanımı yüksek dayanımı dışında yüksek maliyet de getirmektedir. Tez çalışmasında hibrit iplik üretim yöntemlerinden yararlanarak TTB üretimi için bir tekstil yüzeyi tasarımı hedeflenmiştir. Tasarlanan yüzeyin beton dayanımına ve üretim maliyetine etkisi araştırılmıştır. Tez çalışması kapsamında alkali dayanımlı cam, bazalt ve karbon filament ana takviye bileşeni olarak seçilmiştir. Bu filamentler ham, üç farklı yöntemle hazırlanmış epoksili ve hibrit iplik formunda olmak üzere beş çeşit olarak hazırlanmıştır. Tekstil yüzeyleri 10x40 ve 10x8 filamentten oluşacak şekilde iki farklı tür olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan yüzeyler numune tabanından 3, 5 ve 10 mm mesafede olacak şekilde yerleştirilmiştir. Böylelikle takviyesiz numune ile birlikte 91 adet farklı parametrede üretilmiş numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelere dört nokta eğilme deneyi uygulanmış ve eğilme dayanımları hesaplanmıştır. Eğilme deneyi sonuçlarından yük-deplasman grafikleri çizilerek numunelerin yük altındaki davranışları incelenmiş ve özgül kırılma enerjileri hesaplanmıştır. Son olarak da üretim maliyetleri kıyaslanmıştır. Çalışma kapsamında ham filament kullanılan numunelere göre %9'luk fiyat artışıyla %37 dayanım artışı sağlayan hibrit iplikli numuneler üretilebilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tekstil takviyeli beton, hibrit iplik, saç örgü tekniği, eğilme dayanımı

ABSTRACT

PhD THESIS

DEVELOPING LOW COST TEXTILE REINFORCED CONCRETE USING HYBRID YARNS, RESEARCH OF STRUCTURE AND CHARACTERISTICS

Mutlu KURBAN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Osman BABAARSLAN
II. Supervisor : Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY
Year: 2021, Pages: 363
Jury : Prof. Dr. Osman BABAARSLAN
: Prof. Dr. Bilgehan GÜZEL
: Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL
: Prof. Dr. Suat ÇETİNER
: Assoc. Prof. Dr. İlhami İLHAN

Textile-reinforced concretes (TRC), which use has become increasingly widespread in the last quarter of a century, are obtained by using raw or epoxy-reinforced textile products with high tensile strength and fine-grained concrete. The use of epoxy brings high costs as well as high strength. In this thesis, it is aimed to design a textile surface for TRC production by using hybrid yarn production methods. The effect of the designed surface on concrete strength and production cost has been investigated. Alkali resistant glass, basalt and carbon filament were selected as the main reinforcement component within the scope of the thesis. These filaments were prepared in five types as raw, epoxy prepared by three different methods and hybrid yarn form. Textile surfaces are prepared in two different types, consisting of 10x40 and 10x8 filaments. The prepared surfaces were placed at a distance of 3, 5 and 10 mm from the sample base. Thus, 91 samples produced with different parameters were prepared together with the sample without reinforcement. Four point bending test was applied to the prepared samples and their bending strength was calculated. Load-displacement graphs were drawn from the bending test results, the behavior of the samples under load was examined and their specific fracture energies were calculated. Finally, production costs have been compared. Within the scope of the study, samples with hybrid yarns that provide 37% strength increase with a price increase of 9% compared to the samples using raw filaments were produced.

Key Words: Textile reinforced concrete, hybrid yarn, braiding technique, bending strength

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

İnsanoğlu, temel ihtiyaçlarından biri olan barınma için tarihin başlangıcından itibaren çeşitli yapılar ortaya koymuştur. İlk başlarda çeşitli harçlar ve odun, kamış, ot gibi bitkisel ürünler kullanılırken 19.yüzyılın sonlarında çimentonun keşfiyle beton kullanılmaya başlanmıştır. Beton, yapılarda çelik takviyeli olarak kullanılmış ve günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Beton, yüksek basınç dayanımına sahip olması ve maliyetinin düşük olması nedeniyle yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, düşük eğilme dayanımına sahip kırılgan bir malzemedir. Betonun bu dezavantajları nedeniyle tarihin ilk dönemlerindeki gibi takviyelendirilmesi için çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. 1950'li yıllarda malzeme endüstrisindeki gelişmelerle birlikte cam, polipropilen, çelik gibi çeşitli lifler betona süneklik sağlama amaçlı kullanılmaya başlanmıştır. Son çeyrek asırda da özellikle Almanya'da beton ile tekstil yüzeylerinin oluşturduğu kompozit yapılar üzerine yapılan çalışmalar yoğunluk kazanmış ve kullanımı artmıştır.

Tekstil takviyeli betonlar (TTB) olarak adlandırılan, ince tanecikli malzemelerden oluşan beton ve tekstil materyallerin birleşimiyle elde edilen bu malzemeler son dönemlerde yapı malzemesi olarak kullanılan kompozit materyallerdir. TTB'ler beton yapıların kullanım alanlarının genişlemesine imkan vermektedir. TTB'ler mükemmel özelliklere sahip yenilikçi yapı malzemeler olup bu malzemelerin kullanımı yük taşıma kapasitesinin artırmasının yanında tasarım çeşitliliği de sunmaktadır. TTB'lerde kullanılan tekstil yapıları yüksek dayanıma ve alkali direncine sahip korozyon dayanımlı tekstil filamentlerinden meydana gelmektedir. Takviye amaçlı kullanılan yapıların korozyon riskinin olmaması yapı oluşturulurken daha az beton kullanımı avantajını sağlamaktadır. Bu da daha dayanımlı ve daha ince beton yapıların eldesine olanak vermektedir. TTB'ler sayesinde yapılar için gerekli beton kullanımı azalmaktadır. Beton kullanımının

azalması çimento kullanımı azaltmakta bu da çimento üretimi sırasında açığa çıkan CO_2 salınımı azaltmaktadır.

TTB'lerde kullanılan tekstil yapılarının beton içerisindeki yüksek alkaliye karşı uzun süre dayanımları tam olarak kestirilememektedir. Tekstil bileşeni olarak çoğunlukla alkali dayanımlı cam filamentler kullanılmakta olup bu filamentlerin alkali ve çekme dayanımını bir kat daha artırmak adına çeşitli maddelerle kaplanması son dönemlerde artış göstermiştir.

Kaplama materyallerin maliyetli ve kaplama prosesinin karmaşık olması nedeniyle tekstil teknolojisinde alternatif yöntemlere gidilmiş ve takviye bileşeni ile termoplastik materyalin bir araya getirildiği hibrit iplik teknolojileri üzerinde yoğun çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Kompozit yapılarda yükler takviye elemanı tarafından taşınmakta olup matrisin görevi ise bu yükleri takviye elemanı içerisinde aktarmak ve takviye elemanını dış etkilere karşı korumaktır. Bu nedenle matrisin takviye elemanını homojen bir biçimde saracak şekilde yapılar oluşturulmalıdır. Termoplastik kompozitler termoset kompozitlere göre birçok avantaj sunmasına karşın, termoplastiklerin eriyik halde sahip olduğu viskoziteye bağlı olarak aktarılmalarında zorluklar yaşanabilmektedir. Bu da kompozit üretiminde işlemleri zorlaştırmakta ve maliyetleri yükseltmektedir. Bu problemlerden dolayı takviye bileşeni ve matris olarak kullanılacak termoplastik bileşenin katı olarak birleştirilmesi fikri ortaya çıkmıştır. Hibrit yapılar olarak isimlendirilen bu yapılar birleşmeden sonra basınç altında ısıl işleme tabi tutulmaktadır. İşlem sonrası termoplastik bileşen takviye bileşen ile birlikte homojen bir yapı oluşturmaktadır.

Yapı sektörü ülkemiz açısından önem arzetmekte çimento üretimi sırasında açığa çıkan CO_2 salınımı çevreyi tehdit etmektedir. Ayrıca ülkemiz deprem bölgesinde bulunması sebebiyle daha dayanıklı yapıların üretilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı TTB'lerin kullanımı ülkemiz için ekolojik ve teknik açıdan avantajlar sağlayacaktır. Bu amaçtan yola çıkarak TTB'lerin ülkemiz

şartlarında üretilebilirliğinin ve kullanım şartlarının ortaya konulabilmesi için tez çalışması kapsamında bazı araştırmalar yapılmıştır.

Tez kapsamında tekstil bileşeni olarak bu çeşit uygulamalarda yaygın olarak kullanılan alkali dayanımlı cam (AR-Glass), bazalt ve karbon filament kullanılmıştır. Daha sonra bu filamentler ham, epoksi kaplanmış ve hibrit iplik formunda kullanılarak tekstil yüzeyleri oluşturulmuştur. Epoksi kaplanması sonrası uygulanan ön fiksaj ve asıl fiksaj şartları değiştirilerek üç farklı numune seti oluşturulmuştur. Hibrit iplik üretiminde ise ülkemiz şartlarında üretimi mümkün olan ve kullandığımız materyallere zarar vermeyen saç örgü tekniği seçilmiştir. Kullanılan tekstil yapılarından iki farklı sıklıkta (10x40 ve 10x8) tekstil yüzeyleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu tekstil yüzeyleri ise beton numune içerisine tabandan 3-5-10 mm mesafede olacak şekilde üç farklı şekilde yerleştirilmiştir. Karşılaştırma yapmak amacıyla da bir adet takviyesiz numune üretilmiştir. Böylelikle farklı parametrelerde 91 adet numune üretilmiştir.

Üretilen numunelere eğilme deneyi uygulanmış ve numunelerin eğilme dayanımları hesaplanmıştır. Eğilme deney verilerinden yük-deplasman grafikleri çizilmiş ve numunelerin yük altındaki davranışları incelenmiştir. Yük-deplasman grafiklerinden yararlanılarak numunelerin özgül kırılma enerjileri hesaplanmıştır. Deney sonrası numunelerin resimleri çekilmiş ve kırık görüntüleri incelenerek tekstil bileşeni ile beton arasındaki bağlantı hakkında fikir edinilmiştir. Son olarak da numunelerin üretim maliyetleri hesaplanmış ve elde edilen eğilme dayanımı ile arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

Çalışma sonucunda tekstil takviyesinin eğilme dayanımında belirgin bir şekilde katkı sağladığı görülmüştür. Eğilme dayanımına en büyük katkıyı epoksi kaplı tekstil yapıları sağlarken, ham filament kullanımı durumunda en az katkı elde edilmiştir. Kullanılan tekstil yüzeyleri eğilme yüzeyine yaklaştıkça eğilme dayanımına daha fazla katkı sağlamıştır. Kullanılan ham maddeler içerisinde eğilme dayanımına karbon filament en fazla katkıyı sağlarken, bazalt filament en az katkıyı sağlamıştır. Yük-deplasman grafikleri incelendiğinde ilk kırık

oluşumuna kadar tüm numunelerin benzer davranışı gösterdiği daha sonra eğimin azaldığı görülmüştür. Takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça elde edilen eğim genelde daha büyük çıkmıştır. Ham maddeler kıyaslandığında ise karbon filamentli numuneler daha büyük eğim vermiştir. Özgül kırılma enerji değerleri incelendiğinde takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri elde edilmiştir. Ham maddeler kıyaslandığında ise bazalt filamentli numuneler en düşük özgül kırılma enerji değerlerini vermiştir. Eğilme deneyi sonrası kırık görüntüleri incelendiğinde beton ile en iyi bağlantı düzeyinin bazalt filament takviyeli numunelerde, en zayıf bağlantı düzeyinin ise karbon filament takviyeli numunelerde elde edilmiş olduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında yapılan maliyet hesaplamaları çalışmalarında birim eğilme dayanımına karşılık düşen maliyet hesaplamalarında en yüksek değeri bazalt filament takviyeli numuneler verirken, en düşük değeri ise karbon filament takviyeli numuneler vermiştir. Hibrit iplik kullanımında ham filament kullanımına göre %8'lik maliyet artışına karşılık, yaklaşık %35'lik eğilme dayanımı artışı sağlanmıştır.

Çalışma sonucunda tekstil takviyesiyle eğilme dayanımında kayda değer artış olduğu görülmüştür. Hibrit iplik kullanımı eğilme dayanımına epoksili filament takviyesi kadar katkı sağlamamış olsa da maliyet azaltma ve eğilme dayanımını artırma potansiyeli olduğu görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince her türlü desteklerini benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle yol gösteren, yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle tezime büyük katkıda bulunan, yoğun çalışma tempolarına rağmen danışmanlığımı üstlenen, disiplinler arası çalışma imkanını sunan, kendileri ile çalışmaktan gurur duyduğum ve bundan sonraki dönemlerde de çalışmaktan gurur duyacağım danışman hocalarım Sayın Prof. Dr. Osman BABAARSLAN ve Sayın Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince değerli bilgi ve tavsiyelerinden yararlandığım, ayrıca sohbetleriyle manevi desteklerini aldığım Doktora Tez İzleme Komitesi üyeleri hocalarım Sayın Prof. Dr. Bilgehan GÜZEL ve Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Jüri üyesi olmayı kabul eden, değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Suat ÇETİNER ve Sayın Doç. Dr. İlhami İLHAN'a yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle katkıda bulundukları için teşekkür ederim.

Tez çalışması kapsamında Mersin Yenihal Hazır Beton Tesisi AR-GE laboratuvarında beton numunelerin üretilmesine ve basınç deneylerinin yapılmasına olanak sağlayan Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş yönetimine, değerli katkı ve yönlendirmeleri için tesis yöneticisi B. Çağrı SUNAOĞLU'na, numune üretimindeki katkılarından dolayı Kuddusi ÖZBEK'e, Özgür KAYMA'ya, Müslüm AKIN'a ve AR-GE laboratuvarı çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması kapsamında üretilen numunelerin eğilme deneylerinin yapılması için İnşaat Mühendisliği Bölüm Laboratuvarının olanaklarından yararlanmamı sağlayan Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na ve İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması kapsamında kullanılan hibrit iplik üretimini gerçekleştirmek için işletme olanaklarını sunan Kord Endüstriyel İp ve İplik Sanayi ve Ticaret A.Ş. yönetimine ve numune üretimi sırasındaki teknik desteklerinden dolayı işletme müdürü Alpaslan ÜSTÜN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması kapsamında beton üretiminde kullanılacak agrega temininde göstermiş olduğu üstün özveri için Arslan Yapı Kimyasalları End. Mak. İnş. San. Tic. Ltd. Şti. firma sahibi Ümit Sezer ARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması kapsamında beton üretiminde kullanılan kalıpların, hibrit iplikli ve epoksili yüzey oluşumu için gerekli çerçevelerin üretiminde özenle çalışan ve kalıp üretiminde tüm isteklerimi gerçekleştiren Abbas SEFİL'e teşekkürlerimi sunarım.

Göreve başladığım günden itibaren yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, tez çalışmam süresince gerekli desteği sağlayan, hem akademik hem de günlük hayatta yol göstericim olan, kendisini idareci olarak değil de bir abla olarak gördüğüm Çukurova Üniversitesi AOSB Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu kurum müdürüm Sayın Prof. Dr. Nigar YARPUZ BOZDOĞAN'a, desteklerinden dolayı mesai arkadaşlarıma ve öğrencilerime teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde ERASMUS+ Öğrenim Hareketliliği programı ile yurt dışında çalışma imkanı sağlayan Çukurova Üniversitesi'ne ve Dış İlişkiler Birimi'ne, tez için gerekli ön çalışmaların yapılmasına imkan sunan RWTH Aachen Üniversitesi Institut für Textiltechnik (ITA) Enstitüsü yönetimine, akademik direktör Dr. Dieter VEİT'e ve ITA çalışanlarına teşekkür ederim.

Doktora çalışmam esnasında maddi destek veren Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: FDK-2016-6682) teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde emeği olan ve desteklerini esirgemeyen annem Fatma KURBAN ve babam Halis KURBAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Akademik kariyerimin başlarında aramıza katılan, varlığıyla enerjimi artıran, başarılarıyla mutluluk veren ve fikirleriyle farklı bakış açıları kazandıran biricik oğlum Burak Efe KURBAN'a yürekten teşekkür ederim.

Yüreklendirmesiyle akademik kariyere başlamama vesile olan, akademik ve evlilik hayatımız boyunca desteğini esirgemeyen, oğlumuzun yetkin bir şekilde yetişmesi için elinden geleni yapan biricik eşim ve aynı zamanda meslektaşım Nazime SEYREK KURBAN'a içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VII
İÇİNDEKİLER IX
ÇİZELGELER DİZİNİ XV
ŞEKİLLER DİZİNİ XVII
SİMGELER VE KISALTMALAR XLI
1. GİRİŞ 1
1.1. Yapı Malzemesi Olarak Beton 2
1.2. Tekstil Takviyeli Betonlar 5
1.3. Tekstil Takviyeli Beton Bileşenleri 13
1.3.1. Beton 13
1.3.1.1. Çimento 14
1.3.1.2. Uçucu Kül 15
1.3.1.3. Agrega 17
1.3.1.4. Kimyasal Katkı 18
1.3.2. Takviye Bileşeni 19
1.3.2.1. Tekstil Takviye Bileşenleri 19
1.3.2.1.(1). Alkali Dayanımlı Cam (AR-Glass) Filament 19
1.3.2.1.(2). Bazalt Filament 20
1.3.2.1.(3). Karbon Filament 22
1.3.2.2. Tekstil Takviye Yüzeyleri 22
1.3.2.2.(1). İki Eksenli Çözgülü Örme Yüzeyler 23
1.3.2.2.(2). Leno Dokuma Yüzeyler 24
1.3.2.3. Tekstil Kompozit Malzemeleri 24
1.3.2.3.(1). Termoset Takviyeli Kompozitler 25

1.3.2.3.(2). Termoplastik Takviyeli Kompozitler 26
1.4. Çalışmanın Önemi ve Amacı 30
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 33
2.1. Beton Harç Reçetesinin Belirlenmesi İçin Gerçekleştirilen Literatür..... 33
2.2. Tekstil Takviye Elemanı Özelliklerinin Araştırılmasına Yönelik Gerçekleştirilen Literatür 36
2.3. Tekstil Takviyeli Beton Yapılara Yönelik Gerçekleştirilen Literatür..... 52
3. MATERYAL VE METOT 59
3.1. Materyal 59
3.1.1. Matris Materyali (Beton)..... 59
3.1.1.1. Çimento 59
3.1.1.2. Uçucu Kül..... 60
3.1.1.3. Agregalar 61
3.1.1.4. Kimyasal Katkı 62
3.1.1.5. Beton Karışımının Belirlenmesi 63
3.1.2. Takviye Bileşeni..... 64
3.1.2.1. Alkali Dayanımlı Cam (AR-Glass) Filament 65
3.1.2.2. Bazalt Filament..... 65
3.1.2.3. Karbon Filament..... 65
3.1.2.4. Epoksi Reçine..... 66
3.1.2.5. Hibrit iplik 66
3.2. Metod..... 68
3.2.1. Beton Kalıplarının Hazırlanması..... 69
3.2.2. Tekstil Bileşenlerinin Hazırlanması 71
3.2.2.1. Ham Filament İpliklerdenTekstil Yüzeylerinin Hazırlanması..... 72
3.2.2.2. Epoksi Takviyeli Tekstil Yüzeylerinin Hazırlanması 72
3.2.2.3. Hibrit İpliklerden Elde Edilen Tekstil Yüzeylerinin Hazırlanması..... 76

3.2.3. Beton Harcın Hazırlanması 80
3.2.4. Beton Harca Uygulanan Deneyler 81
3.2.4.1. Taze Harca Uygulanan Deneyler 81
3.2.4.2. Sertleşmiş Harç Deneyleri 81
3.2.4.2.(a). Basınç Deneyi 82
3.2.4.2.(b). Eğilme Deneyi 82
3.2.5. Tekstil Takviyeli Beton Numunelerin Üretimi 84
3.2.6. Tekstil Takviyeli Beton Numunelerine Eğilme Deneyinin Uygulanması 94
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 97
4.1. Takviye Amaçlı Kullanılan Tekstil Materyallerinin Mekanik Özellikleri 97
4.1.1. Doğrusal Yoğunluk Test Sonuçları 97
4.1.2. Kopma Mukavemeti Test Sonuçları 97
4.2. Beton Basınç Deneyi Sonuçları 99
4.3. Tekstil Takviyeli Beton Eğilme Deneyi Sonuçları 100
4.3.1. Tekstil Takviyeli Beton Numunelerin Eğilme Dayanımı Sonuçları 101
4.3.1.1. AR-Glass Filament Takviyeli Beton Numunelerin Eğilme Dayanımı Sonuçları 101
4.3.1.2. Bazalt Filament Takviyeli Beton Numunelerin Eğilme Dayanımı Sonuçları 113
4.3.1.3. Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Eğilme Dayanımı Sonuçları 123
4.3.1.4. AR-Glass, Bazalt ve Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Eğilme Dayanımı Sonuçlarının Karşılaştırılması 135
4.3.2. Tekstil Takviyeli Beton Numunelerin Yük-Deplasman Grafikleri 155

4.3.2.1. AR-Glass Filament Takviyeli Beton Numunelere Ait Yük-Deplasman Grafikleri 157
4.3.2.2. Bazalt Filament Takviyeli Beton Numunelere Ait Yük-Deplasman Grafikleri 173
4.3.2.3. Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelere Ait Yük-Deplasman Grafikleri 189
4.3.2.4. AR-Glass, Bazalt ve Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Yük-Deplasman Grafiklerinin Karşılaştırılması 205
4.3.3. Özgül Kırılma Enerjilerinin Değerlendirilmesi 237
4.3.3.1. AR-Glass Filament Takviyeli Beton Numunelerin Özgül Kırılma Enerjileri Sonuçları 238
4.3.3.2. Bazalt Filament Takviyeli Beton Numunelerin Özgül Kırılma Enerjileri Sonuçları 249
4.3.3.3. Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Özgül Kırılma Enerjileri Sonuçları 260
4.3.3.4. AR-Glass, Bazalt ve Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Özgül Kırılma Enerjileri Sonuçlarının Karşılaştırılması 271
4.3.4. Tekstil Takviyeli Beton Numunelerin Deney Sonrası Görüntü Analizleri 294
4.3.4.1. Takviyesiz Numunelerin Görüntüleri 295
4.3.4.2. AR-Glass Filament Takviyeli Numunelerin Görüntüleri 295
4.3.4.3. Bazalt Filament Takviyeli Numunelerin Görüntüleri 305
4.3.4.4. Karbon Filament Takviyeli Numunelerin Görüntüleri 315
4.4. Tekstil Takviyeli Beton Numunelerin Maliyet-Performans Analizi 326
4.4.1. Tekstil Takviyeli Betonlarda Maliyet 326
4.4.2. Tez Kapsamında Üretilen Numunelerin Maliyet Hesabı 327
4.4.3. AR-Glass Filament Takviyeli Beton Numunelerin Maliyet-Performans Analizi 330

4.4.4. Bazalt Filament Takviyeli Beton Numunelerin Maliyet-Performans Analizi 331
4.4.5. Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Maliyet-Performans Analizi 333
4.4.6. AR-Glass, Bazalt ve Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Maliyet-Performans Analizi 334
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 337
5.1. Sonuç ve Değerlendirme 337
5.1.1. Basınç Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi 337
5.1.2. Eğilme Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi 338
5.1.2.1. Eğilme Deneyi Dayanım Sonuçlarının Değerlendirilmesi 338
5.1.2.2. Yük-Deplasman Grafiklerinin Değerlendirilmesi 341
5.1.2.3. Özgül Kırılma Enerjisi Sonuçlarının Değerlendirilmesi 342
5.1.2.4. Numune Kırık Görüntülerinin Değerlendirilmesi 346
5.1.3. Maliyet-Performans Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 347
5.2. Sonraki Çalışmalar İçin Öneriler 348
KAYNAKLAR 350
ÖZGEÇMİŞ 363

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. G20'de bulunan ülkelerin 2001-2018 yıllarındaki çimento üretim miktarları 8
Çizelge 3.1. Kullanılan çimentonun fiziksel analiz sonuçları..... 59
Çizelge 3.2. Kullanılan çimentonun kimyasal analiz sonuçları 60
Çizelge 3.3. Kullanılan uçucu külün fiziksel analiz sonuçları 60
Çizelge 3.4. Kullanılan uçucu külün kimyasal analiz sonuçları 60
Çizelge 3.5. Üretimde kullanılan agregaların elek analizi 62
Çizelge 3.6. Süper akışkanlaştırıcı katkının teknik özellikleri 62
Çizelge 3.7. Beton harcı karışımı..... 64
Çizelge 3.8. Alkali dayanımlı cam filament teknik özellikleri 65
Çizelge 3.9. Bazalt filament teknik özellikleri..... 65
Çizelge 3.10. Karbon filament teknik özellikleri..... 66
Çizelge 3.11. Epoksi reçine fiziksel özellikleri 66
Çizelge 3.12. Poliropilen filament teknik özellikleri 67
Çizelge 3.13. Epoksi ile kaplanmış tekstil yüzeylerin ön kurutma ve ısıl fikse şartları 75
Çizelge 3.14. Eğilme deneyi deney planı..... 85
Çizelge 4.1. Beton Sınıfları ve Dayanımları (TS EN 206: 2013+A1) 100
Çizelge 4.2. Eğilme deneyi sonrası numunelerdeki tekstil bileşeni-beton matris bağlantı durumları..... 325
Çizelge 4.3. Beton numunelerin üretim maliyetleri (TL / numune) 329
Çizelge 4.4. Beton numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri..... 330

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Sektörlere göre CO_2 emisyon kaynakları 7
Şekil 1.2. Beton güçlendirme sistemleri 10
Şekil 1.3. TTB ve tekstil yapısı örneği 12
Şekil 1.4. (a) Bazalt elyaf, (b) Bazalt filament, (c) Bazalt çubuk 20
Şekil 1.5. İki eksenli çözgülü örme yüzeyler 23
Şekil 1.6. Leno dokuma yüzeyi 24
Şekil 1.7. Herzog saç örgü makinası, saç örgü makinasının temel konstrüksiyonu 30
Şekil 3.1. Saç örgü tekniği ile hibrit iplik üretimi 68
Şekil 3.2. Çentikli kalıp genel görünümü 70
Şekil 3.3. Epoksi ve hibrit iplik takviyeli numune üretiminde kullanılacak kalıp 71
Şekil 3.4. (a)10x40 ve (b) 10x8 alkali dayanımlı cam filament tekstil yüzeyleri 72
Şekil 3.5. Ana epoksi bileşenin tartımı(a), sertleştirici bileşenin tartımı (b) 73
Şekil 3.6. Filament ipliğin epoksi ile kaplanması 74
Şekil 3.7. Epoksi ile kaplanmış filament ipliklerin çerçevede yüzey oluşturması 74
Şekil 3.8. Fikse fırını (a), epoksi kaplı yüzeylerin fırına yerleştirilmesi (b)..... 75
Şekil 3.9. Hibrit iplik eritme çerçevelerinin son hali 76
Şekil 3.10. Hibrit ipliğin oluşturduğu tekstil yüzeyi 77
Şekil 3.11. Hibrit iplikli tekstil yüzeylerine ısıl işlem uygulanması 78
Şekil 3.12. 10x8 tekstil yüzeyi için eritme çerçevesinde hazırlanmış görünümü 78
Şekil 3.13. (a) Eritme öncesi hibrit iplik boyuna kesiti, (b) Eritme sonrası hibrit iplik boyuna kesiti 79

Şekil 3.14. (a, b) Eritme öncesi hibrit iplik enine kesiti, (c, d) Eritme sonrası hibrit iplik enine kesiti (Kurban ve ark, 2017) 79
Şekil 3.15. Beton harç mikseri..... 80
Şekil 3.16. Yayılma deneyinin yapılışı..... 81
Şekil 3.17. Basınç dayanımı test cihazı 82
Şekil 3.18. Eğilme deneyi numune ebatları 83
Şekil 3.19. Dört nokta eğilme deneyi yükleme düzeneği 83
Şekil 3.20. Eğilme deneyi test cihazı..... 83
Şekil 3.21. Misinanın yağlı kalıba yerleştirilmesi 88
Şekil 3.22. Çentikli kalıplara filamentlerin sarılması 89
Şekil 3.23. Çentiklerin bant yardımıyla kapatılması 89
Şekil 3.24. (a) 10x40 tekstil yüzeyi için bantlanmış çentikli kalıp, (b) 10x8 tekstil yüzeyi için bantlanmış çentikli kalıp 90
Şekil 3.25. İkinci misina düzeneğinin uygulanışı..... 91
Şekil 3.26. Beton harcın kalıplara dökülmesi..... 91
Şekil 3.27. Vibrasyon makinası yardımıyla harcın kalıplara yerleştirilmesi..... 92
Şekil 3.28. Basınç dayanımı testi için alınan numuneler..... 92
Şekil 3.29. Numunelerin kodlanması..... 93
Şekil 3.30. Numunelerin kalıptan çıkartılması 93
Şekil 3.31. Kür havuzu içindeki numuneler 94
Şekil 3.32. Kumpas yardımıyla numunelerin ayrıt ölçümü 94
Şekil 3.33. Dört nokta eğilme deneyinde komperatör kullanımı..... 95
Şekil 3.34. Dört nokta eğilme deneyi kayıt düzeneği..... 96
Şekil 4.1. AR-Glass filament kopma dayanımı test değerleri..... 98
Şekil 4.2. Bazalt filament kopma dayanımı test değerleri 98
Şekil 4.3. Karbon filament kopma dayanımı test değerleri 99
Şekil 4.4. Basınç dayanımı sonuçları..... 100
Şekil 4.5. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri.... 103

Şekil 4.6. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 104
Şekil 4.7. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 105
Şekil 4.8. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 107
Şekil 4.9. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 108
Şekil 4.10. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 109
Şekil 4.11. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 110
Şekil 4.12. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 111
Şekil 4.13. AR-Glass filament takviyeli tüm beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 112
Şekil 4.14. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 114
Şekil 4.15. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 115
Şekil 4.16. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 116
Şekil 4.17. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 117

Şekil 4.18. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 119
Şekil 4.19. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 120
Şekil 4.20. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 121
Şekil 4.21. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 122
Şekil 4.22. Bazalt filament takviyeli tüm beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 123
Şekil 4.23. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 124
Şekil 4.24. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 126
Şekil 4.25. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 127
Şekil 4.26. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 128
Şekil 4.27. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 130
Şekil 4.28. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 131
Şekil 4.29. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 132
Şekil 4.30. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 133

Şekil 4.31. Karbon filament takviyeli tüm beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 134
Şekil 4.32. Tabandan 3 mm ham filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 136
Şekil 4.33. Tabandan 5 mm ham filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 137
Şekil 4.34. Tabandan 10 mm ham filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 138
Şekil 4.35. Tabandan 3 mm ham/E1 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 139
Şekil 4.36. Tabandan 5 mm ham/E1 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 140
Şekil 4.37. Tabandan 10 mm ham/E1 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 141
Şekil 4.38. Tabandan 3 mm ham/E2 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 142
Şekil 4.39. Tabandan 5 mm ham/E2 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 143
Şekil 4.40. Tabandan 10 mm ham/E2 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 144
Şekil 4.41. Tabandan 3 mm ham/E3 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 145
Şekil 4.42. Tabandan 5 mm ham/E3 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 147
Şekil 4.43. Tabandan 10 mm ham/E3 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 148
Şekil 4.44. Tabandan 3 mm ham/hibrit iplikli filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 149

Şekil 4.45. Tabandan 5 mm ham/hibrit iplikli filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 150
Şekil 4.46. Tabandan 10 mm ham/hibrit iplikli filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 151
Şekil 4.47. Tabandan 3 mm AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 152
Şekil 4.48. Tabandan 5 mm AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 153
Şekil 4.49. Tabandan 10 mm AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri 155
Şekil 4.50. Karbon filament kulanılarak elde edilmiş tekstil takviyeli beton numunesine uygulanan dört nokta eğilme deneyi sonucu elde edilen yük-deplasman grafiği (Williams Portal, 2013) 156
Şekil 4.51. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 158
Şekil 4.52. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 159
Şekil 4.53. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 160
Şekil 4.54. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 161
Şekil 4.55. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 162

Şekil 4.56. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 163
Şekil 4.57. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 164
Şekil 4.58. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 165
Şekil 4.59. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 166
Şekil 4.60. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 167
Şekil 4.61. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 168
Şekil 4.62. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 169
Şekil 4.63. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 170
Şekil 4.64. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 171

Şekil 4.65. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 172
Şekil 4.66. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 173
Şekil 4.67. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 174
Şekil 4.68. Tabandan 3-5-10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 175
Şekil 4.69. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 176
Şekil 4.70. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 177
Şekil 4.71. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 178
Şekil 4.72. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 179
Şekil 4.73. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 180

Şekil 4.74. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 181
Şekil 4.75. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 182
Şekil 4.76. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 183
Şekil 4.77. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 184
Şekil 4.78. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 185
Şekil 4.79. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 186
Şekil 4.80. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 187
Şekil 4.81. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 188
Şekil 4.82. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli bazalt takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 189

Şekil 4.83. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 190
Şekil 4.84. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 191
Şekil 4.85. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 192
Şekil 4.86. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 193
Şekil 4.87. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 194
Şekil 4.88. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 195
Şekil 4.89. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 196
Şekil 4.90. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 197
Şekil 4.91. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 198

Şekil 4.92. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 199
Şekil 4.93. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 200
Şekil 4.94. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 201
Şekil 4.95. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 202
Şekil 4.96. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 203
Şekil 4.97. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 204
Şekil 4.98. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 205
Şekil 4.99. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 206
Şekil 4.100. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 207

Şekil 4.101. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 208
Şekil 4.102. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 209
Şekil 4.103. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 210
Şekil 4.104. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 211
Şekil 4.105. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 212
Şekil 4.106. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 213
Şekil 4.107. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 214
Şekil 4.108. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 215
Şekil 4.109. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 216

Şekil 4.110. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 217
Şekil 4.111. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 218
Şekil 4.112. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 219
Şekil 4.113. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 220
Şekil 4.114. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 221
Şekil 4.115. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 222
Şekil 4.116. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 223
Şekil 4.117. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 225
Şekil 4.118. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 226

Şekil 4.119. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 227
Şekil 4.120. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 228
Şekil 4.121. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 229
Şekil 4.122. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 230
Şekil 4.123. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 231
Şekil 4.124. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 232
Şekil 4.125. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 233
Şekil 4.126. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 234
Şekil 4.127. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 235

Şekil 4.128. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği 236
Şekil 4.129. Ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 239
Şekil 4.130. Ham/E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 240
Şekil 4.131. Ham/E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 241
Şekil 4.132. Ham/E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 243
Şekil 4.133. Ham/Hibrit İplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 244
Şekil 4.134. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 245
Şekil 4.135. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 246
Şekil 4.136. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 247
Şekil 4.137. AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri..... 249
Şekil 4.138. Ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri..... 250
Şekil 4.139. Ham/E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 251
Şekil 4.140. Ham/E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 253
Şekil 4.141. Ham/E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 254

Şekil 4.142. Ham/Hibrit İplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 255
Şekil 4.143. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 256
Şekil 4.144. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 257
Şekil 4.145. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 258
Şekil 4.146. Bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri..... 260
Şekil 4.147. Ham karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri..... 261
Şekil 4.148. Ham/E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 262
Şekil 4.149. Ham/E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 263
Şekil 4.150. Ham/E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 265
Şekil 4.151. Ham/hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 266
Şekil 4.152. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 267
Şekil 4.153. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 268
Şekil 4.154. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri 269
Şekil 4.155. Karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri..... 271

Şekil 4.156. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 272
Şekil 4.157. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 273
Şekil 4.158. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 274
Şekil 4.159. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E1 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 275
Şekil 4.160. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E1 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 276
Şekil 4.161. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E1 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 278
Şekil 4.162. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E2 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 279
Şekil 4.163. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E2 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 280
Şekil 4.164. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E2 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 282
Şekil 4. 165. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E3 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 283
Şekil 4.166. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E3 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 284
Şekil 4.167. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E3 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 286
Şekil 4.168. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve hibrit iplikli filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 287
Şekil 4.169. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve hibrit iplikli filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 288

Şekil 4.170. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve hibrit iplikli filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 290
Şekil 4.171. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 291
Şekil 4.172. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 292
Şekil 4.173. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri 293
Şekil 4.174. Eğilme deneyindeki numunelerin kırılma davranışları (Du ve ark, 2018) 294
Şekil 4.175. Takviyesiz numunelerin kırık görünümü 295
Şekil 4.176. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 296
Şekil 4.177. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 296
Şekil 4.178. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 297
Şekil 4.179. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 297
Şekil 4.180. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 298
Şekil 4.181. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 299

Şekil 4.182. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 299
Şekil 4.183. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 300
Şekil 4.184. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 301
Şekil 4.185. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 301
Şekil 4.186. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 302
Şekil 4.187. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 303
Şekil 4.188. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 303
Şekil 4.189. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 304
Şekil 4.190. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 305

Şekil 4.191. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 305
Şekil 4.192. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 306
Şekil 4.193. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 307
Şekil 4.194. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 307
Şekil 4.195. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 308
Şekil 4.196. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 309
Şekil 4.197. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 309
Şekil 4.198. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 310
Şekil 4.199. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 310

Şekil 4.200. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 311
Şekil 4.201. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 312
Şekil 4.202. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 312
Şekil 4.203. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 313
Şekil 4.204. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 314
Şekil 4.205. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 314
Şekil 4.206. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 315
Şekil 4.207. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 316
Şekil 4.208. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 316

Şekil 4.209. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 317
Şekil 4.210. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 318
Şekil 4.211. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 318
Şekil 4.212. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 319
Şekil 4.213. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 319
Şekil 4.214. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 320
Şekil 4.215. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 321
Şekil 4.216. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 321
Şekil 4.217. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 322

Şekil 4.218. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 323
Şekil 4.219. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 323
Şekil 4.220. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri 324
Şekil 4.221. TTB üretim maliyet dağılımı (Vestweber, 2014) 327
Şekil 4.222. AR-Glass filament takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri 331
Şekil 4.223. Bazalt filament takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri 332
Şekil 4.224. Karbon filament takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri 333
Şekil 4.225. Ham filament takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri 334
Şekil 4.226. Epoksi filament takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri 335
Şekil 4.227. Hibrit iplikli filament takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri 336

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABS	: Akrilonitril bütadien stiren
AR-Glass	: Alkali dayanımlı cam (Alkali resistance glass)
C-cam	: Kimyasal dayanımlı cam
Cembureau	: Avrupa Çimento Birliği (The European Cement Association)
CO_2	: Karbondioksit gazı
E-cam	: Elektrik dayanımlı cam
GPa	: Giga paskal (10^9 paskal)
GRC	: Cam lifleriyle güçlendirilmiş betonlar (Glassfibre Reinforced Concrete)
G20	: Dünyanın en büyük ekonomileri arasında yer alan 19 ülkeden ve Avrupa Birliği Komisyonu'ndan oluşan grup
MPa	: Mega paskal (10^6 paskal)
NaOH	: Sodyum hidroksit
PA	: Poliamid
PAI	: Poliamidimid
PAN	: Poliakrilonitril
PBT	: Polibütilen teraftalat
PCM	: Faz değiştirici maddeler
PE	: Polietilen
PEEK	: Polietereterketon
PEI	: Polieterimid
PES	: Polietersülfon
PET	: Polietilen teraftalat
pH	: Asitlik-bazlık derecesi (Power of Hydrogen)
PI	: Poliimid
PP	: Polipropilen
PPE	: Polifenilen eter

PPS	: Polifenilen sulfit
PSU	: Polisülfon
SBR	: Stiren butadien kauçuk
S-cam	: Yüksek dayanımlı cam
SiO_2	: Silika/silis
SMA	: Stiren maleik anhidrit
Tex	: 1000 metre ipliğin gram cinsinden ağırlığı
TRC	: Textile reinforced concrete
TS	: Türk standardı
TS EN	: Türk standardı Avrupa normu
TTB	: Tekstil takviyeli beton
ZrO2	: Zirkonyum
µm	: Mikro metre (10^{-6}metre)
£	: İngiliz para birimi (sterlin / pound)
$	: Amerikan doları

1. GİRİŞ

Geçmişi M.Ö. 5000'li yıllara kadar uzanan tekstil sektörü günümüze kadar materyal, tasarım ve teknoloji anlamında büyük değişikliklere uğramıştır. Dünya nüfusu, tekstil tüketimi ve tüketici taleplerindeki sürekli artış nedeniyle sektör hem hacim hem de değer olarak sürekli artmaktadır. Başlangıçta insanların temel ihtiyaçlarını karşılayan tekstil sektörü, günümüzde küresel değişimlerden etkilenerek katma değeri daha yüksek ürünlerin üretimine yönelmektedir. Katma değeri yüksek ürünler grubunda yer alan ve kaydettikleri hızlı büyüme ile dikkat çeken teknik tekstiller gelecek vadeden ürünler olarak ön plana çıkmaktadır (İTKİB, 2008). Kullanımı giderek artan teknik tekstiller, estetik özelliklerinden ziyade teknik özellikleri ve performansları için geliştirilen ve üretilen tekstil ürünleridir. Teknik tekstillerin sınırları tam olarak belirlenemese de günümüzde en yaygın olarak Frankfurt Fuar'ın belirlediği 12 uygulama alanı yaygın olarak kabul görmektedir (Horrocks ve Anand, 2000; Gries ve ark, 2015).

Dünyada tüketilen tekstil ürünlerinin ağırlıkça yaklaşık %35'ini teknik tekstiller oluşturmaktadır. Gelişmiş ülkelerde bu oran %40'ın üzerine çıkmaktadır. 1 Ocak 2005 tarihinde kotaların kaldırılması sebebiyle ülkemizin de içerisinde yer aldığı birçok ülke ucuz maliyetli Uzak Doğu pazarı ile rekabet etmekte zorlanmıştır. Türkiye'de son yıllarda teknik tekstil yatırımlarında artış söz konusu olup sektör raporları, devam eden rekabette avantaj sağlamak adına teknik tekstil üretiminin daha da artacağını öngörmektedir. 2018 yılında ülkemizin teknik tekstil ihracat değeri %1,6'lık pay ile dünyada 20. sırada yer almıştır (UİB, 2020).

Türk Ekonomisinde önemli bir yeri olan inşaat sektörü, teknik tekstillerin 12 ana uygulama alanından biri olan "Bina ve İnşaat Tekstilleri (Buildtech)" nin uygulama alanıdır. Bina ve inşaat tekstilleri; dış cephe ve çatı kaplaması, ısı ve ses yalıtım ürünleri, çadır, tente, güneşlik ve beton takviye elemanları olarak çeşitlilik göstermektedir. Bu tekstil yapıları, yeni binaların yapımında kullanılabileceği gibi,

eski binalarda güçlendirme ve restorasyon amaçlı da kullanılmaktadır (Horrocks ve Anand, 2000; Gries ve ark, 2015).

Son 20-30 yılda dünyada kullanımı gittikçe yaygınlaşmakta olan tekstil takviyeli betonların (TTB) kullanımı ülkemizde henüz yenidir. Tez çalışması kapsamında ülkemiz için yeni olan bu ürünlerin üretimi, konvansiyonel metotların yanı sıra hibrit iplik teknolojisi ile yapılmıştır. Çalışma, yenilikçi bir yaklaşımla TTB üretiminin yapılmasını ve ülke ekonomisi için gereken teknik tekstil üretimine katkı sunmayı hedeflemektedir.

1.1. Yapı Malzemesi Olarak Beton

Beton; çimento, agrega, su, çoğu zaman kimyasal ve mineral katkıların belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen yapı malzemesidir. Hazırlandıktan sonra bir süreye kadar şekil verilebilir plastik kıvamda olup, zaman geçtikçe çimentonun hidratasyonuyla birlikte sertleşmekte ve nihai mukavemet değerine ulaşmaktadır (Ünsal ve Şen, 2008; Taşdemir ve ark, 2004).

Beton, günümüzde yüksek miktarlarda tüketilen bir yapı malzemesidir. Ekonomik olması, betonu oluşturan malzemelerin doğadan kolayca temin edilip bolca bulunması, az enerji ile üretiminin gerçekleştirilebilmesi, düşük maliyetli, yüksek dayanımlı, işlenebilirliğinin uygun, çevre dostu ve yangına karşı dirence sahip olması yanında estetik yapıların oluşturulmasına olanak sağlayan teknik özellikleri nedeniyle günümüzde beton yerine konulacak bir malzeme bulunamamaktadır (Ünsal ve Şen, 2008; Bagherzade ve ark, 2011).

Yapı malzemesi olarak kullanılan beton ve harcın uzun bir geçmişi bulunmaktadır. Betonun ilkel şekliyle Mısır Piramitleri, Çin Seddi ve Romalılar dönemindeki yapılarda kullanılan bir malzeme olacak kadar eski bir tarihe sahip olduğu bilinmektedir. Romalılar, kireç, volkanik tüfler ve küller, su kireci ve agrega ile “opus caementicium” dedikleri, havada ve suda katılaşabilen günümüzde kullandığımız betonun yerini tutan karışımlar hazırlamışlar olup bu malzemeleri yolların ve yapıların üretiminde kullanmışlardır. Tarihte ilk görülen yapı

uygulamalarında bağlayıcı malzeme olarak ilk olarak kil kullanılmış, daha sonrasında kerpiç ve balçık bu gruba katılmış olup dünyanın her bir köşesinde bunun örneklerini görmek mümkündür. İlerleyen dönemlerde alçı ve kireçtaşının da bağlayıcı olarak yaygın olarak kullanıldığı görülmüştür. Eski Mısır'da alçının, Eski Roma'da kireç ve puzolanların, Avrupa'da da su kirecinin bağlayıcı malzeme olarak yapı oluşturmak için harç hazırlanırken kullanıldığı görülmüştür (Kurt, 2006; Ünsal ve Şen, 2008).

Bugünkü kullanım haliyle betonun kullanımı 1800'lü yılların başına dayanmaktadır. Beton kullanımı, 1824 yılında Portland Çimentosunun üretilip, patentinin alınması ve 1848'de İngiltere'de ilk çimento fabrikasının kurulmasıyla hız kazanmıştır. 1900'lü yılların başında Almanya'da beton kullanılmaya başlanmış ve 1916'da transmikserlerin kullanılmasıyla birlikte beton kullanımı daha da artmıştır. Günümüzde temel yapı malzemesi olan beton başlangıçta sadece çimento, agrega ve su ile oluşturulmakta olup gelişen teknolojiyle birlikte birleşiminde değişikliğe uğrayarak gerektiği durumlarda çeşitli kimyasal veya mineral katkı maddelerin eklenmesiyle oluşturulmuş olup yapı sektöründe önemli bir yer tutmaktadır. Beton, bağlayıcı özelliğe sahip bir malzeme ile mineral esaslı taneli malzemenin birleşmesiyle oluşmakta olup; taze haldeyken işlenebilme, sertleşmiş haldeyken de gerekli mukavemete ve çeşitli dış etkilere karşı dayanıma sahiptir. Betonun hem ekonomik hem de teknik üstünlükleri bugüne kadar olan yaygın kullanımının ilerleyen dönemlerde de devam edeceğini göstermektedir (Erdoğan, 2003; Çağlayan ve ark, 1999; Kurt, 2006; Ünsal ve Şen, 2008).

Üretilen betonun kaliteli sayılabilmesi kullanım ömrü boyunca karşılaştığı çevresel etkiler ve taşıdığı yükler nedeniyle fiziksel ve kimyasal yapısını bozmadan koruyabilmesine ve yüksek dayanımına bağlıdır. Yüksek dayanım tek başına yeterli olmayıp kullanım süresi boyunca bu dayanıklılığı göstermesi gerekir (Ünsal ve Şen, 2008).

Beton üretimi, kullanılan malzemelerin hazırlanması, karıştırma sırasının ve süresinin belirlenmesi gibi bazı işlem adımlarından oluşmaktadır. Kullanılan

malzemelerin seçilmesi (agrega, çimento, su, kimyasal ve mineral katkılar), bu malzemelerin karışımda kullanılacak oranlarının belirlenmesi, karıştırma sırasının ve süresinin belirlenmesi, su/çimento oranının belirlenmesi, betonun taşınmasının, yerleştirilmesinin, sıkıştırılmasının ve bakım şartlarının belirlenmesi beton kalitesini doğrudan etkileyen şartlardır. Belirlenen şartlardaki değişiklikler hedeflenen üretime ulaşılmamasına neden olmaktadır. Beton üretimde istenen temel şartlar betonun gerekli işlenebilirliğe, dayanıma ve dayanıklılığa sahip olmasıdır. Son dönemlerde bu şartlara üretilen betonun ekonomik olması da eklenmiştir (Ünsal ve Şen, 2008; Baradan ve ark, 2012). Bu nedenle beton dayanım artırma çalışmaları yanında beton maliyetini azaltan çalışmalar da hız kazanmıştır. Bu amaçla termik santrallerde atık malzeme olarak açığa çıkan ve aynı zamanda çevre kirliliğine neden olan malzemeler beton harcında kullanılarak daha ekonomik betonların eldesine olanak sağlamıştır. Ekonomik katkı sağlaması yanında kullanılan bu malzemeler betonun dayanım ve dayanıklılığını da artırmaktadır (Özodabaş, 2014).

Kullanıldığı ilk günden itibaren yapı malzemesi olarak kullanılan harcın içine bitkisel veya hayvansal lifler katılarak harcın kırılgan özelliğinin giderilmesi çalışılmıştır. Anadolu'da da yaygın olarak kullanılmış olan kerpiçte olduğu gibi killi çamur içine saman, çeşitli bitki dalları, sap ve lifleri katılarak yapının dayanıklılığı artırılmıştır (Kurt, 2006). Günümüzde ise kimyasal ve mineral katkılar yanında çeşitli tekstil lifleri kullanılarak betonların dayanımları artırılmaktadır (Ünsal ve Şen, 2008).

Maliyetinin düşük olması, malzemelerinin kolay temin edilmesi ve yüksek basınç mukavemeti nedeniyle en yaygın kullanılan yapı malzemesi olan betonun yapılan çalışmalarla basınç değeri daha da artmaktadır. Ancak betonun basınç değeri arttıkça düşük çekme dayanımı ve gevrek yapıda olması gibi bazı dezavantajları ortaya çıkmaktadır. Yüksek basınçlı beton üretiminde basınç dayanımı ve dayanıklılık arttıkça, üretilen yapı daha da gevrek bir yapıya dönüşmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda yüksek basınç dayanımı yanında,

betonun çekme ve eğilme dayanımını bir de sünekliliğini artırmak adına beton harcı içerisine lif takviyesinin yapılmasının fayda sağladığı görülmüştür. Çelik lifler gibi metalik lifler, cam ve polipropilen gibi sentetik lifler kullanılarak betonun eğilme dayanımı, darbe dayanımı, tokluk değeri, enerji yutma kapasitesi ve sünekliği kayda değer miktarda artırılmıştır (Boğazkesen, 2011; Taşdemir ve ark, 2004)

1.2. Tekstil Takviyeli Betonlar

Tekstil takviyeli betonlar ince tanecikli malzemelerden elde edilen beton ile tekstil takviyesi ile oluşturulmuş ve yüksek yük taşıma kapasitesine sahip kompozit malzemelerdir. Bu malzemeler sayesinde daha ince ve hafif cephe ürünleri elde edilebilmektedir (Shams ve ark, 2014b).

Tekstil takviyeli betonlar çelik takviyeli betonlara göre daha fazla avantaj sunan yeni yapı malzemeleridir. Daha ince yapıların elde edilebilmesi ve daha yüksek yük taşıma kapasitelerine sahip olması bu avantajları arasındadır. Sandviç panel üretiminde çelik kullanımında korozyon riski nedeniyle 8-14 cm kalınlığında beton panellere ihtiyaç duyulurken tekstil takviyeli beton kullanımı durumunda 3-7 cm kalınlık yeterli olmaktadır. Bunun sonucunda daha az ağırlığa sahip yapılar elde edilecek ve dolayısıyla çevreye daha az zarar verilmiş olunacaktır. Ayrıca tekstil materyali kullanılmasıyla korozyon riskinin de önüne geçilmiş olunmaktadır (Shams ve ark, 2014b).

Tekstil kumaş yapılarının takviye bileşeni olarak kullanıldığı beton tabanlı yapıların kullanımı günümüzde gittikçe artmaktadır. Kullanılan tekstil yapıları beton kompozitlerin çekme ve eğilme dayanımında avantaj sağlamaktadır. Mekanik katılarının yanında kullanılan tekstil materyali yapıya süneklik de sağlamaktadır (Peled ve ark, 2008).

Modern mimari günümüzde artarak kaliteli ve farklı dizaynlara sahip dış cepheler kullanmaktadır. Bu yapıların elde edilebilmesi de yeni teknolojileri ve materyalleri gerektirmektedir. Yüksek performanslı ve metalik olmayan bu

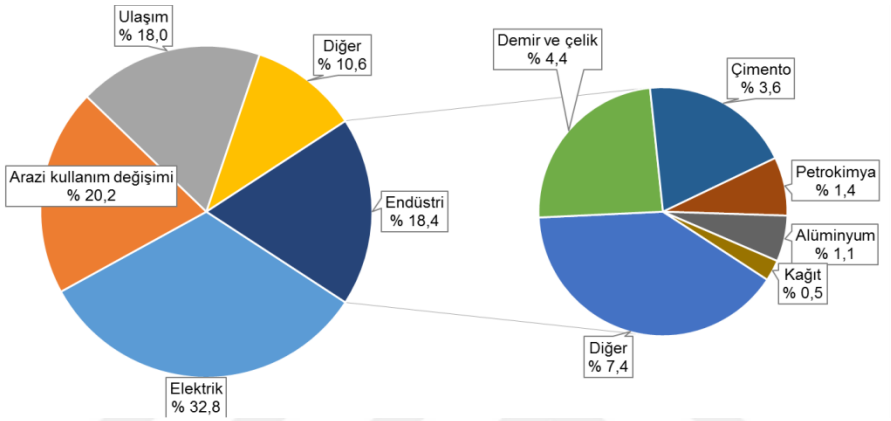
malzemeler yapılarda hafiflik, incelik ve kıvrımlı yapı oluşturabilme imkanı sağlamaktadır. Tekstil yüzeyleri ile güçlendirilmiş yenilikçi beton yapılar dayanım artışı yanında tasarım özgürlüğü de sunmaktadır (Funke ve ark, 2013).

Yüksek performanslı tekstil ürünleri günümüzde inşaat mühendisliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Stolyarov ve ark, 2015). Tekstil takviyeli betonlar gözenekli yapıya sahip tekstil yüzeyleri ile ince tanecikli bileşenlerden oluşmuş betonların birleşmesiyle oluşmuş kompozit malzemelerdir. Çelik takviyeli betondan farklı olarak tekstil takviyeli betonlar çatlak oluşumu sonrası ortaya çıkan çekme gerilmesini taşıma eğilimindedirler. Ayrıca tekstil yüzeylerinin beton ile bağ oluşturması için tekstil yüzeylerinin ince bir yüzeyle kaplanmış olması yeterli olmaktadır. Böylece tekstil takviyeli beton uygulamaları yüksek dayanıklılık ve yüksek yüzey kalitesi yanında farklı tasarımlara ve düşük ağırlıklı yapılara öncülük etmektedirler. Son yıllarda tekstil takviyeli betonlar dış cephe duvarlarında başarıyla uygulanmakta olup son yapılan çalışmalarla bu kullanım alanları genişletilmeye çalışılmaktadır (Hegger ve ark, 2008).

1960'lı yıllarda kısa cam lifleri beton harçlarında kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise filament cam elyafı beton yapılar içerisinde kullanılmaktadır. Tekstil takviyeli betonlar olarak adlandırılan bu yapılar özellikleri sayesinde içinde oturulan yüksek yük taşıma kapasiteli binalardan günlük hayatta kullandığımız masa ve sandalyelere kadar çeşitli kullanım alanları sunmaktadır. Aynı zamanda kullanılan materyal esnek yapıda olması nedeniyle geniş kullanım alanlarına sahiptir. Çelik takviyeli betonlar ile karşılaştırıldığında gerekli beton kalınlığının düşük olması nedeniyle çeşitli kullanım alanlarına öncülük etmektedir. En büyük zorluk ise yüksek çekme dayanımına sahip olması için lif ve beton arasındaki bağlanmanın iyi olması gerekliliğidir (Glowania ve ark, 2011).

Çimento üretimi sırasında enerji tüketimi çok fazla olmakta ayrıca doğaya yüksek miktarda CO_2 salınımı gerçekleşmektedir. Yaklaşık olarak 1 ton çimento üretimi için 1 ton CO_2 salınımı gerçekleşmektedir (Özodabaş, 2014). Şekil 1.1' de

birinci pasta grafiğinde CO_2 salınımında etkili olan sektörler ve etki yüzdeleri verilmiştir. İkinci pasta grafiğinde ise endüstri kaynaklı CO_2 salınımına neden olan sektörler ve yüzdeleri verilmiştir. Şekil 1.1 incelendiğinde çimento üretiminin toplam CO_2 salınımında %3,6' lık bir paya sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 1.1. Sektörlere göre CO_2 emisyon kaynakları (Safarin ve ark, 2020; https://www.weforum.org/agenda/2020/01/how-to-build-a-more-climate-friendly-chemical-industry/)

Çizelge 1.1'de G20'de bulunan ülkelerin 2001-2018 çimento üretim miktarları verilmiştir. 2018 yılında dünyada üretilen toplam çimento miktarı 3,99 milyar ton olup Çizelge 1.1 incelendiğinde %54,5'lik pay ile en fazla üretimin Çin'e ait olduğu görülmektedir. Türkiye'nin üretim payı ise %1,8 civarındadır. 2018 üretim 2001 yılındaki üretim ile kıyaslandığında Çin üretimini yaklaşık 3,3 katına çıkarırken, Türkiye ise üretimini yaklaşık 2,4 katına çıkarmıştır. Avrupa ülkelerinde ise çimento üretimi azalma eğilimindedir.

Çizelge 1.1. G20'de bulunan ülkelerin 2001-2018 yıllarındaki çimento üretim miktarları (Cembureau, 2020)

Dünya'daki Ana Üreticiler (G20 Ülkeleri)
Çimento Üretimi (milyon ton)

Country	2001	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
China	661.0	1 644.0	1 881.9	2 063.2	2 137.0	2 420.0	2 480.0	2 350.0	2 403.0	2 316.3	**2 176.7**
India	102.9	205.0	220.0	240.0	270.0	280.0	260.0	270.0	289.3	285.0	**327.7**
EU28 *	225.6	209.0	192.1	191.6	172.6	166.6	166.8	167.2	169.1	175.1	**179.8**
USA	88.9	63.9	65.2	68.6	74.9	77.4	83.2	83.4	84.7	86.1	**87.8**
Brazil	39.4	51.7	59.1	63.0	68.8	70.0	72.0	72.0	57.6	54.0	**53.5**
Turkey	30.0	54.0	62.7	63.4	63.9	72.7	71.2	71.4	75.4	80.6	**72.5**
Russian Federation	28.7	44.3	50.4	56.1	53.0	72.0	68.4	69.0	55.0	54.7	**53.7**
Indonesia	31.1	36.9	39.5	45.2	32.0	56.0	65.0	65.0	61.3	68.0	**70.8**
South Korea	52.0	50.1	47.4	48.2	48.0	47.3	63.2	63.0	56.7	57.9	**55.0**
Japan	79.5	59.6	56.6	56.4	51.3	57.4	53.8	55.0	53.4	55.5	**55.3**
Saudi Arabia	20.0	37.8	42.5	48.0	50.0	57.0	55.0	55.0	55.9	47.1	**42.2**
Mexico	33.2	35.1	34.5	35.4	35.4	34.6	35.0	39.8	42.4	42.8	**42.8**
Germany	32.1	30.4	29.9	33.5	32.4	31.5	32.1	31.1	32.7	34.0	**33.7**
Italy	39.8	36.3	34.4	33.1	26.2	23.1	21.4	20.8	19.3	19.3	**19.3**
France	19.1	18.1	18.0	19.4	18.0	17.5	16.4	15.6	15.9	16.9	**16.5**
South Africa	8.4	11.8	10.9	11.2	13.8	14.9	13.8	14.0	13.6	13.2	**12.5**
Canada	12.1	11.0	12.4	12.0	12.5	12.1	12.8	12.5	11.9	12.7	**13.3**
Argentina	5.5	9.4	10.4	11.6	10.7	11.9	11.8	12.2	10.9	12.0	**11.8**
United Kingdom	11.9	7.8	7.9	8.5	7.9	8.5	9.3	9.6	9.4	9.4	**9.2**
Australia	6.8	9.2	8.3	8.6	8.8	8.6	9.3	9.3	10.0	10.0	**9.8**

İnsanoğlu yeryüzünde var olduğu ilk günden itibaren korunmak amaçlı çeşitli yapılar kullanmıştır. Tarihin ilk dönemlerinde yapı eldesi için harç olarak kullanılan karışımların içerisine takviye amaçlı çeşitli bitkisel lifler ilave edilmiştir. Kullanıldığı bölgelere ve zamana bağlı olarak değişmekle birlikte saman, keten, kenevir, ısırgan otu lifleri gibi katkı maddeleri yapılarda kullanılarak harcın mekanik özelliklerini artırmıştır (Picon, 2006).

İlk başlarda ilkel olarak elde edilen bu yapılar yılların getirdiği bilgi birikimi ve teknolojik gelişmelerin yardımıyla çok fonksiyonlu hale gelmiştir.

Günümüz bina teknolojisinde yaygın olarak kullanılan beton da son yıllarda tarihin ilk dönemlerindeki gibi takviyelendirilerek mekanik özelliklerinin artırılması sağlanmıştır. 1900'lerde çeliğin kullanımıyla başlayan bu süreç değişen

istekler ve piyasaya çıkan farklı ürünlerle çeşitlilik kazanmıştır. Çeşitli lif takviyeleriyle betona süneklik ve mekanik özelliklerde artış sağlanmıştır.

Beton gelişim sürecinde basınç mukavemeti ve dayanım özellikleri giderek artmış ancak çekme dayanımı ve şekil değiştirme özelliklerinde bu artış sağlanamamıştır. Çekme dayanımını artırmaya yönelik ilk çalışmalar 1850'li yılların başında Amerikalı bir mucit olan Thaddeus Hyatt tarafından gerçekleştirilmiştir. Hyatt, beton ve çeliğin eğilme halinde birlikte kullanabileceğini öne sürmüştür. Sonrasında Joseph-Louis Lambod tellerle ve liflerle donatılı betondan bir kayık üretmiştir. Lambot çalışmalarında sürekli teller ve tel kafesler kullanmıştır. Achille Berard ise 1874 yılında liflerle donatılı betonların ilk patentini almıştır (US157903A, Patent No: 157903, 15.12.1874). Günümüzdeki farklı lifli beton kullanımının öncüleri 1960'lı yıllarda yapılan çalışmalar oluşturmaktadır. Bu çalışmalarla birlikte beton matris olarak değerlendirilmiş ve çelik, naylon, poliropilen gibi liflerle donatılarak kompozit materyaller ortaya çıkarılmıştır. Lif ilavesi betonun çekme, eğilme, aşınma ve darbe dayanımlarını, süneklik, tokluk, şekil değiştirme ve yük taşıma kapasitesini artırmaktadır. Bunlara ilave olarak korozyon dayanımı nedeniyle açık deniz ve liman yapılarında, yüksek dayanım nedeniyle de patlama dayanımı gereken inşaat yapılarında kullanılmaktadır. Son yıllarda meydana gelen gelişmeler sonucunda ortaya çıkan yeni lif türleri beton kompozit üretiminde kullanılamaya başlanmıştır. Bunlardan en çok kullanılanlar cam, aramit, karbon ve bazalt gibi yüksek çekme dayanımına sahip tekstil lifleridir (Kurt, 2006; Arslan, 2017).

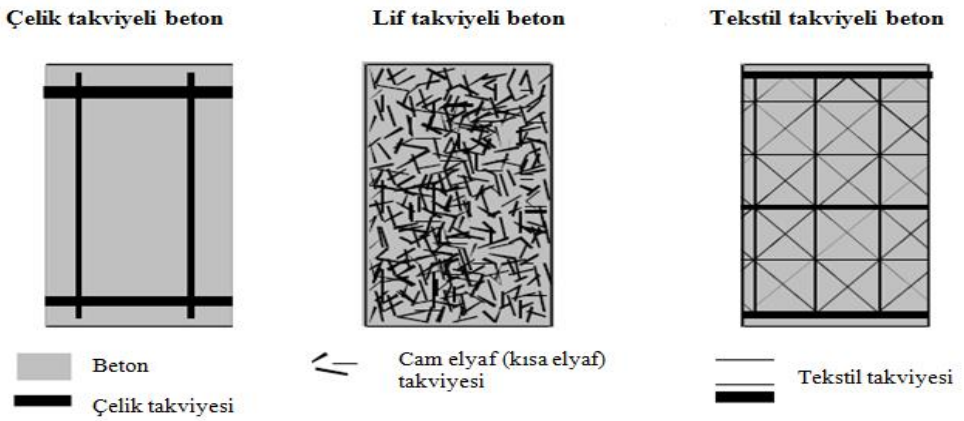
Lif takviyesi ile betona süneklik ve mekanik özelliklerde artış sağlanması son 30 yılda iki ve üç boyutlu tekstillerin kullanımı ile farklı bir boyut almıştır. Özellikle Almanya'da RWTH Aachen ve Dresden Üniversitelerinin öncülüğünde yapılan çalışmalarda tekstil yapılarının beton içerisinde kullanılmasıyla elde edilen tekstil takviyeli betonların (TTB) (Textile reinforced concrete-TRC) avantajları nedeniyle birçok kullanım alanı ortaya çıkmıştır.

TTB'ler ile ilgili yapılan ve devam eden çalışmalar TTB'lerin kullanım alanının ve miktarının daha da artacağını göstermektedir.

İşlenmesinin kolay olması, düşük maliyete sahip olması ve temininde sıkıntı yaşanmaması nedeniyle beton, yapı malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Günümüzde yayın olarak kullanılan beton bileşiminde; çimento, agrega ve su bulunmaktadır. Betonda meydana gelen gelişmeler betonun basınç dayanımını daha da artırmaktadır. Ancak artan basınç dayanımına rağmen betonun eksik olduğu yanları da mevcuttur. Yapılan iyileştirmelerle basınç dayanımı artırılmış olsa da çekme dayanımı hep düşük seviyelerde kalmıştır. Ayrıca artan basınç değeri betonu daha da gevrek hale getirmiştir (Sarı, 2013).

Yapı malzemesi olarak çokça kullanılan beton gevrek bir yapıya sahip olup enerji tutma kapasitesi düşük seviyededir. Bu nedenle bu dezavantajı gidermek için çeşitli yöntemler kullanılmakta olup lif takviyesi kullanımı bunlardan en yaygın olanıdır. Bu amaçla çelik, cam, karbon ve çeşitli polimerler kullanılabilmektedir. Lif kullanımının amacı başta betonun eğilme ve çekme dayanımını artırmak olup basınç dayanımına az da olsa katkısı vardır. Lifin görevi ilk çatlak oluşumundan sonra çatlak gelişimini engellemektir (Kızılkanat ve ark, 2014).

20. yüzyılın başında çelik ile başlayan betonun takviyelendirilmesi 1950'li yılların sonunda elyaf takviyesi ile devam etmiş ve son yıllarda da tekstil yüzeyleri beton takviyesi için kullanılmıştır.



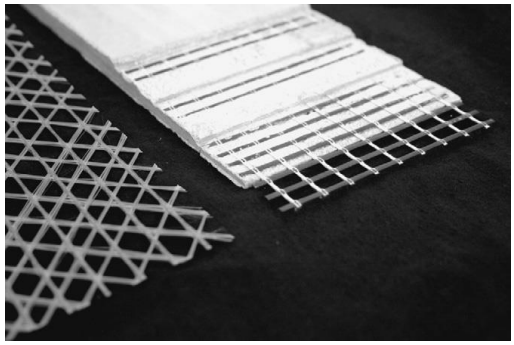
Şekil 1.2. Beton güçlendirme sistemleri (Pidun ve Gries, 2013)

Tekstil ile takviye yapılmış çimentolu kompozit materyaller son 25 yılda yoğunluk kazanan araştırma konularından biri olmuştur. Tekstil yüzeylerinin esnek yapıları ve kompozit içerisine yerleştirilmesindeki çeşitlilikten dolayı bu yapıların özellikle iki alanda yeni kullanım imkanlarına açık olduğu ortaya konulmuştur. Bunlardan birincisi düşük ağırlıklı yapıların üretimi iken ikincisi ise mevcut binaların güçlendirilmesi ve restorasyon çalışmalarında kullanılabiliyor olmasıdır (Chudoba ve ark, 2006).

Beton, plastik şekil değiştirme özelliği çok düşük bir malzeme olup çekme dayanımı basınç dayanımı yanında yetersiz kalmakta, bu sebepten dolayı gevrek bir karakter sergilemektedir. Betonun karakteristik bir özelliği olan bu gevrek yapıyı yumuşatmak ve ani kırılmaları önlemek için çeşitli malzemeler beton içerisine takviye edilmektedir. Beton içerisinde kullanılan çelik yapılar gevrek yapıya az da olsa katkı sağlasa da gevrek kırılmalar meydana gelmektedir. Bu sebeple ani kırılmanın önüne geçebilmek ve betona süneklik kazandırabilmek için çeşitli lifler beton içerinde kullanılmakta ve bu yapılar da "lifli beton" olarak adlandırılmaktadır (Kızılkanat ve ark, 2014).

TTB özellikle bina cephesi uygulamalarında dışarıdan su girişi gibi etkiler için faydalı bir yapı elemanıdır. İnce tanecikli betonların kullanıldığı ve tekstil hammaddesi olarak genelde karbon elyafı ve alkali direnci olan cam lifi kullanılarak oluşturulan tekstil yapılarının kullanılarak elde edilen TTB'ler; yüksek yüzey kalitesi, tasarımda özgürlük, ince duvarların elde edilebilmesi, çevreci olması ve iyi mekanik özellikleriyle birlikte düşük maliyete sahip olması gibi avantajlara sahiptir (Brameshuber, 2006).

Şekil 1.3'de beton takviyesi için kullanılan tekstil yapısı ve elde edilen ince ve düzgün yüzeyli beton örneği görülmektedir.



Şekil 1.3. TTB ve tekstil yapısı örneği (Häußler-Combe ve Hartig, 2007)

Yapısal betonlar bugüne kadar ekonomik olmuş ve son yıllarda bina dış cephe ve yük taşıma yapıları olarak sıklıkla kullanılmışlardır. Ancak yetersiz mimari tasarımı, hantal görüntüsü ve korozyon riskinin olması bu materyalin mimarlar ve müşteriler tarafından dış cephe malzemesi olarak kullanımının kabulünü azaltmıştır. Bu nedenle son dönemlerde, korozyon riski olmayan materyallerin kullanımı; yüksek mukavemetli ve yüksek yüzey kalitesine sahip hafif yapılar elde etmek ve geniş tasarım imkanına sahip olmak için artmıştır. Cam lifleriyle güçlendirilmiş betonlar (Glassfibre Reinforced Concrete - GRC) çeşitli tekniklerle yapısal olmayan bina parçaları üretimi için uzun zamandır kullanılmaktadır. TTB' deki uygulamalar ve gelişmeler GRC' nin avantajlarını birleştirerek yapıların farklı yönlerdeki yük çekme dayanımını artırmışlardır. Tekstil yapısının kullanımı, yapının yük taşıma davranışı ve üretim metoduna göre iki ya da üç boyutlu olarak ayarlanabilmektedir. Böylece GRC ile başlayan tasarım ve uygulamadaki çeşitlik daha da artırılmış olmaktadır (Hegger ve ark, 2008).

TTB' ler; hammadde, nakliye ve donatı olarak çelik kullanımı kalemlerinde tasarruf edilmesine olanak veren yapılar olup, ince duvarlar ve havalandırmaya imkan sunan bina dış cephe yapıları için son yıllarda daha yaygın kullanılmaktadırlar (Brameshuber, 2006).

TTB, seyrek yapılı tekstil yapıları ile ince tanecikli betonun birlikte meydana getirdiği bir kompozit materyaldir. Çelik takviyeli betonlar ile

kıyaslandığında, tekstil yapıları betonun çatlamasıyla açığa çıkan çekme kuvvetini daha çok taşıyarak büyük bir katkı sağlamaktadırlar. Tekstil yapılarının yapıştırılması için düşük kalınlıkta beton yeterli olmaktadır. Bu sayede, tekstil takviyeli betonlar; tasarımda çeşitliliğe, yüksek dayanıma ve yüksek kaliteli yüzeye sahip düşük ağırlıklı betonların üretilmesine olanak sağlamaktadır. Son yıllarda tekstil takviyeli betonlar bina dış cephesi üretimi için başarıyla kullanılmaktadırlar. Devam eden araştırmalar bu uygulama alanının biraz daha genişletilmesi ve iyileştirilmesi yönündedir (Hegger ve ark, 2008).

Yüksek performanslı çimento kompozitleri üretmek için tekstil takviyeli betonlarda kumaş takviyesinin kullanımı yoğun Ar-Ge çalışması gerektirmektedir. Bu kullanım yeni ve sürdürülebilir bina sistemlerini mümkün kılacak olup farklı geometrik yapıları daha ekonomik, daha ekolojik, uzun süreli dayanıklı ve sıradan betonarme malzemelere göre daha yüksek mukavemet değerlerine sahip olarak üretilmesine olanak tanımaktadır. TTB sistemleri harika esnekliği ve üstün performans özellikleri sayesinde yeni nesil binaların yapımında ekolojik, ekonomik ve teknik avantajlar sunarak yaygın bir kullanım alanına sahiptir (Peled ve Mobasher, 2010).

1.3. Tekstil Takviyeli Beton Bileşenleri

Tekstil takviyeli betonlar matris malzeme olarak ince tanecikli yapılardan meydana gelmiş yüksek mukavemetli beton ve takviye elemanı olarak korozyon riski taşımayan, yüksek çekme mukavemetine sahip tekstil yapılarından oluşturulmuş yüzeylerin birleştirilmesiyle elde edilen iki bileşenli kompozit yapılardır. Aşağıda bu bileşenlerin teknik açıklamaları yapılmıştır.

1.3.1. Beton

TTB üretiminde kullanılacak olan beton karışımı oluşturulurken gerekli bazı özellikler sağlanmalıdır. Yüzey görünümünün sağlanması, tekstil yapısının homojen bir şekilde yerleşmesi ve betonun işlenebilirliğinin iyi olması

gerekmektedir. Bunun için başta ince tanecikli agregalar, gerekli dayanımının sağlanabilmesi için ana bağlayıcı olarak uygun bir çimento, işlenebilirliği artırması için süper akışkanlaştırıcı ve karışımın ekonomik olması için de uçucu kül kullanılmalıdır.

1.3.1.1. Çimento

Beton harcı oluşturulurken bağlayıcı bileşen olarak kullanılan temel malzeme çimento olup suda sertleşme yeteneğine sahip kuvvetli bir bağlayıcıdır. Oluşturulan beton karışımının sahip olacağı mekanik özelliklere en büyük katkıyı kullanılan çimentonun özellikleri belirlemektedir (Çağlayan ve ark, 1999; Karakurt, 2008).

Çimentonun ilk üretimi 1824 yılında İngiltere'nin Leeds kentinde Joseph Aspdin tarafından gerçekleştirmiş ve patenti alınmıştır. İnce taneli kalker ve kilin karıştırılıp pişirilmesi ve ardından öğütülmesiyle elde edilen ilk çimento örneği rengi ve özellikleri bakımından o bölge yakınlarında bulunan Portland Adası'nda bulunan doğal yapı taşına benzediği için bu isimle adlandırılmış ve günümüzde de bu isimle adlandırılmaya devam etmektedir. İlk yapılan üretimlerde yeterli sıcaklıkta pişirilme gerçekleştirilmediği için yetersiz sayılabilecek özellikler 1845 yılında Isaac Johnson tarafından iyi pişirme sonrası geliştirilmiş ve bugünkü kullanım halini almış olup günümüzde de en fazla kullanılan yapı malzemesi durumundadır. İlk üretildiğinden günümüze kadar teknolojiyle birlikte çimento üretim sisteminde değişiklikler olmuş ve özelliklerinde iyileştirmeye gidilmiştir. Başlangıçta sadece Portland çimentosu olarak üretilen çimento günümüzde de en çok kullanılan çimento tipi olup daha sonraları çimento klinkerine tras, uçucu kül, yüksek fırın cürufu gibi bağlayıcı özellik gösteren çeşitli mineral ve kimyasal katkı maddeleri katılarak farklı özelliklere sahip çimentolar kullanılmaya başlanmıştır.

Bağlayıcı olarak kullanılan çimentolar TS EN 197-1 (2012) standardı ile standart hale getirilmiş ve "CEM Çimentosu" olarak adlandırılmıştır. Çimentolar yapılarında bulunan katkı maddelerine göre 5 ana gruba ayrılmıştır.

1- CEM I Portland Çimentosu

2- CEM II Portland Kompoze Çimento

3- CEM III Portland Yüksek Fırın Cüruflu Çimento

4- CEM IV Puzolanik Çimento

5- CEM V Kompoze Çimento

Yapılarına göre 5 farklı grupta sınıflandıran çimentolar dayanımlarına göre TS EN 196-1 (2016) standardında 3 farklı grupta sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre 28 günlük basınç dayanımları MPa cinsinden 32,5, 42,5 ve 52,5 olarak 3 ana gruba ayrılmıştır (Kapkaç, 2013; Karakurt, 2008).

1.3.1.2. Uçucu Kül

Elektrik enerjisi üreten termik santrallerde taş kömürü veya linyit kömürünün yakılmasıyla kazanda oluşan küllerin %75-85'i baca gazı yardımıyla atılmakta ve bunlar "Uçucu Kül" olarak isimlendirilmektedir. Üretim artığı olan uçucu küller elektrofiltreler yardımıyla eloktrastatik yöntem ile siklon adı verilen toz tutucular ile de mekanik yöntemle toplanmaktadırlar (Topçu ve Canbaz, 2001; Güler ve ark, 2005).

Yapısını birçok faktör etkilese de uçucu küller küresel yapıda olup çapları 0,5-300 μm, spesifik yüzey alanı 2800-3800 cm^2/g, yoğunlukları ise 2,2-2,7 g/cm^3 arasında değişmekte olup TS EN 450-1 (2013) standardında uçucu küllerin sahip olması gereken özellikler belirtilmiştir (Güler ve ark, 2005).

Uçucu küller doğal hidrolik bağlayıcı olmamalarına rağmen nemli ortamda ve normal sıcaklıkta kalsiyum hidroksitle reaksiyona girerek bağlayıcı özellikte bileşikler oluşturan yapay puzolan malzemelerdir. Puzolanik özelliklerinden dolayı uçucu küller değişik oranlarda beton yapımında çimento yerine de kullanılarak avantaj sağlamaktadırlar. Uçucu küller ayrıca daha fazla spesifik yüzey alanına ve inceliğe sahip olduğu için bağlayıcı hacminin artmasına neden olmakta bu da daha az çimento kullanarak beton üretim maliyetinin düşmesini sağlamaktadır. Uçucu

küllerin beton üretiminde kullanılmasında sağladığı ekonomik katkı dışında bir çok avantaj sağlamaktadır. Uçucu kül kullanımı beton basınç dayanımını artırmakta, küçük tane boyutlarından meydana geldiği için daha düzgün yüzeyli yapılar oluşturulmaktadır. Uçucu kül yoğunluğu daha düşük olduğu için üretilen beton yoğunluğunu düşürmekte, hidratasyon ısısını düşürdüğü için oluşabilecek çatlamaları azaltmaktadır. Küresel yapıda olmalarından dolayı beton üretiminde su gereksinimini azaltmakta ve bunun sonucunda düşük su/çimento oranında bile yeterli işlenebilirlik sağlamaktadır. Sağladığı bu faydalar yanında termik santral üretim artığı olarak ortaya çıkan ürünün beton üretiminde kullanılmasıyla geri dönüşümü sağlanmakta ve uçucu kül depolama sorununu ortadan kaldırarak çevresel sorunların çözümü konusunda fayda sağlamaktadır (Topçu ve Canbaz, 2001; Güler ve ark, 2005).

Uçucu külün çimento teknolojisindeki kullanılabilirliğini araştırmak için yürütülen çalışmalar ülkemizde bol miktarda bulunan ve çevreye zararı olan uçucu külün çimento endüstrisinde katkı maddesi olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Avrupa'da üretilen çimentoların büyük bir bölümünü katkılı çimentolar oluştururken ülkemizde de bu yönde bir eğilim olması gerekmektedir. Uçucu kül gibi endüstriyel atıkların çimentoda kullanımı ile hem ekonomik hem de çevreye daha az zarar veren çevreci çimento üretilmektedir. İlk günlerde uçucu kül kullanımıyla elde edilen betonun basınç dayanımı katkısız çimento kullanımıyla elde edilen betona göre biraz daha düşük çıkmaktadır. Ancak ilerleyen günlerde bu fark gittikçe azalmaktadır. Günümüzde sürdürülebilir yapıların üretimi için dayanım dışında kalıcılıkta önemli bir parametredir. Yapılan çalışmalar fiziksel ve mekanik uygunluk açısından değerlendirilen uçucu kül katkılı çimentoların ayrıca kalıcılık açısından da artılarının olduğunu göstermiştir. Uçucu kül katkılı çimentoların beton kalıcılığı üzerindeki olumlu etkileri sayesinde de, bu tür çimentolarla inşa edilen yapıların sürdürülebilir yapıların amacına uygun olarak sorunsuz bir şekilde yıllarca hizmet edebileceği öngörülmektedir (Topçu ve Karakurt, 2007; Koçak, 2011)

1.3.1.3. Agrega

Beton oluşumunda kullanılan mineral esaslı taneli malzemelere agrega denilmektedir. Agregalar beton oluşumu sırasında çimento, uçucu kül ve yüksek fırın cürüfü gibi bağlayıcı özellikteki maddeler ve su karışımından oluşan bağlayıcı özellikteki maddeler yardımıyla bir araya getirilen taneli bileşenlerdir. Beton üretimi sırasında agrega kullanılması, betonda oluşabilecek sertleşme ve hacim değişimi gibi problemlerin oluşmasını önlemekte ya da en azından azalmasına katkı sağlanılmasının yanı sıra çevresel etkilere karşı dayanımını da artırmaktadır.

Beton üretimindeki agrega kullanımının katkısı teknik ve ekonomik olarak ayrılmaktadır. Agrega maliyetinin çimentoya göre çok düşük olması nedeniyle agrega kullanımı ortalama beton üretim maliyetinin azaltılması konusunda büyük yarar sağlayan, ekonomik bir dolgu malzemesidir. Teknik yönden agrega dayanımı doğrudan beton dayanımına etki etmekte olup, taze veya prizini almamış betonun su kaybederek veya ortam ile sıcaklık farklarından dolayı büzülerek meydana gelen beton hacmi değişimine önlemekte veya azaltmakta, bunun sonucunda da oluşabilecek çatlakları önlemekte veya azaltmaktadır.

Agregalar tane büyüklüğüne göre ikiye ayrılmaktadır. 4 mm'den büyük boyuttaki agregalar "İri Agrega" sınıfına girmekte olup üretimde "mıcır" veya "çakıl" olarak, 4 mm'den küçük boyuttaki agregalar ise "İnce Agrega" sınıfına girmekte olup üretimde "Kum" olarak adlandırılmaktadırlar.

Beton üretiminde kullanılan agreganın miktarı betonun yaklaşık %75'lik kısmını oluşturduğu için agrega özellikleri doğrudan beton özelliklerine etki etmektedir. Bu nedenle kullanılacak agrega üretilecek betonun son kullanım alanına uygun seçilmeli ve gerekli teknik özellikleri sağlamalıdır.

Kullanılan agreganın mukavemet değerleri yanında uygun gradasyon dağılımı göstermesi de hazırlanan beton karışımı için önemlidir. Uygun gradasyona sahip agrega karışımında hava boşluğu daha az olacağı için beton yoğunluğu artacak, daha düşük su/çimento oranına ihtiyaç duyularak istenen işlenebilirlik sağlanacaktır (Erdoğan, 2003; Çağlayan ve ark, 1999).

1.3.1.4. Kimyasal Katkı

Beton üretimi sırasında kullanılan tüm katkılar teknik olarak üretilecek betonun özelliklerinin geliştirilmesi ve dayanıklılığının artırılması ve ayrıca ekonomik katkı sağlaması nedeniyle kullanılmakta olup kimyasal katkılar ise priz geciktirici veya hızlandırıcı, su kullanımını azaltıcı, beton karışındaki havayı azaltıcı ve işlenebilirliği artırıcı gibi birçok özellik için kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasal katkı maddeleri arasında süper akışkanlaştıcılar en bilinenidir. Süper akışkanlaştırıcılar, kimyasal yapılarına göre melamin formaldehid sülfonatlar, naftalin formaldehid sülfonatlar ve modifiye edilmiş lignosülfonatlar olarak üç gruba ayrılabilirler (Şimşek ve ark, 2004; Topçu ve ark, 2008).

Kimyasal katkının kullanılmadığı dönemlerde işlenebilirliği artırmak adına yüksek su/çimento oranları kullanılmış bu da betonun kalitesini düşürmüştür. Akışkanlaştırıcı ve süper akışkanlaştırıcıların kullanımıyla birlikte düşük su/çimento oranında da betonun işlenebilirliği istenen seviyelere ulaşılabilmiştir. Süper akışkanlaştırıcı kullanılarak hazırlanan beton karışımı kendinden yerleşen beton özelliği kazanmaktadır. Beton karışımı hazırlanırken ayrışma ve su kusma(terleme) problemlerinin ortaya çıkmaması için kullanılan miktara dikkat edilmeli ve kullanılacak ince malzeme miktarı artırılmalıdır. Bu şartlarda hazırlanan beton karışımı takviye için kullanılacak materyalin arasından homojen bir şekilde kalıba yerleşmesi ve daha dolu bir beton hazırlanması sağlanmış olacaktır. Elde edilen ürün düşük su/çimento oranında hazırlandığı için yüksek dayanıma ve üstün kalıcılığa sahip olmakta böylece hazırlanan ürün yüksek dayanımlı betonlar olarak adlandırılmaktadır (Topçu ve ark, 2008).

Tekstil takviyeli beton üretimi sırasında süper akışkanlaştırıcı ile hazırlanan beton karışımı tekstil takviyesi arasından kolayca akıp hava kabarcığı oluşturmadan yerleştiği için takviye bileşenini çok iyi sarmakta, düzgün yüzeyli ve yüksek dayanıma sahip yapılar oluşturmaktadır.

1.3.2. Takviye Bileşeni

Takviye bileşeni olarak kullanılan tekstil materyalleri tek başlarına veya kompozit bileşen olmak üzere iki farklı biçimde kullanılmaktadır.

1.3.2.1. Tekstil Takviye Bileşenleri

Tekstil takviyeli beton üretiminde kesikli ve kesiksiz olmak üzere çeşitli tekstil lifleri kullanılmaktadır. Beton sünekliğini artırmak için stapel formunda polipropilen, cam, metal veya bazı doğal lifler kullanılmaktadır. Çekme ve eğilme dayanımı için genellikle kesiksiz formda alkali dayanımlı cam filament, bazalt filament ve karbon filament kullanılmaktadır.

1.3.2.1.(1). Alkali Dayanımlı Cam (AR-Glass) Filament

Cam elyafı, termoset veya termoplastik matrisli kompozitlerin üretiminin %90'ında takviye bileşeni olarak kullanılmakta olup havacılıktan uzay sanayine, su altı ve üstü araçlarının üretimine kadar yaygın bir kullanım alanı mevcuttur. Cam elyaf üretimi için birçok farklı cam minerali karışımları mevcuttur. Bunların en yaygın olanı silika/silis (SiO_2) olup kalsiyum, bor, sodyum, demir ve alüminyumun oksitli bileşikleriyle takviyeli olarak kullanılmaktadır. Cam üretiminde silis, katkı maddeleri ile birlikte 1250°C'ye kadar ısıtılır, erimiş haldeki cam düzelerden geçirilir ve soğumaya bırakılır. Yüksek sıcaklıktaki işlem sonrası bazı kristalin bölgeler görülse de genellikle amorf bölgelerden oluşur. Bu da mukavemetinde azalmaya neden olur. Yapısında barındırdığı bileşenlere göre E-camı, C-camı, S-camı ve AR-camı gibi cam elyafları piyasada mevcuttur. Cam elyafı 50-90 GPa ile polimerlerden yüksek ancak karbondan düşük bir elastisite modülü ortaya koyar. Tüm cam elyafı türleri yüksek çekme kuvvetine, yüksek ısıl dayanıma, düşük ısıl genleşme katsayısına, yüksek yoğunluğa, yalıtım özelliğine ve kırılgan bir yapıya sahiptir (Merter, 2009; Demirel, 2007; Çevik, 2014).

Alkali dayanımlı cam elyafı çimentolu matrisleri güçlendirmek için tasarlanmış yapılarda ve inşaat mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan

korozyona dayanıklı materyallerdir. Bu materyaller beton içerisindeki yüksek pH değerine (pH>12) dayanım sağlayabilmesi için zirkonyum (ZrO_2) takviyeli olarak üretilmiştir. Diğer cam elyafı türleri beton içerisindeki dayanımını kaybederken alkali dayanımlı cam elyafı uzun süre dayanabilmektedir. Alkali dayanımlı cam elyafı beton harcı içerisindeki bileşenlerle yakın özgül ağırlığa sahip olduğu için karışım hazırlanmasında diğer elyaf türlerine göre daha avantajlıdır. Alkali dayanımlı cam elyafı yüksek elastisite modülü ve etkili yapışma özelliği sayesinde çatlak oluşumundan önce betonun çekme dayanımına verimli bir şekilde katkıda bulunur. Yüksek çekme dayanıma sahip olması nedeniyle filament formunda kullanımında büyük avantajlar sağladığı için çelik hasırlar yerine de kullanılmaya başlanmış ve gerekli olan beton ağırlığı ve kalınlığı azaltılmıştır (Scheffler ve ark, 2009; Owens Corning, 2011).

1.3.2.1.(2). Bazalt Filament

Bazalt elyafı, yüksek dayanıklık ve dayanıma sahip volkanik bazalt kayaçlarının eritilip şekillendirilmesiyle elde edilen 13-20 μm çapa sahip bir lif türüdür. Hammaddesi doğada çok fazla bulunduğu için diğer teknik liflere göre daha ucuzdur. Bazalt lifleri oldukça yüksek ısı ve ses dayanımına sahiptir. Ayrıca çekme dayanımları E-sınıfı cam liflerinden, kopma uzamaları ise karbon liflerinden daha fazladır (Araz ve ark, 2018; Arslan, 2017).

Bazalt ürünleri elyaf, filament ve çubuk olmak üzere üç formda kullanılmakta olup Şekil 1.4'de gösterilmiştir (Araz ve ark, 2018; Çevik, 2014).



(a) (b) (c)

Şekil 1.4. (a) Bazalt elyaf, (b) Bazalt filament, (c) Bazalt çubuk (Çevik, 2014)

Bazalt elyaflar, 20 mikron çapında ve 5-100 mm arasındaki uzunluklarda üretilip ülkemizde kullanımı kısıtlıdır. Beton içerisinde üç boyutlu donatı etkisi oluşturan bu lifler hafif olduğu için homojen olarak dağılabilmektedir. Bazalt elyafının beton içerisindeki kullanımıyla çatlak oluşumunda azalma, betonun eğilme ve çekme etkisi altında performansını artırma, geçirimsiz ve don dayanımı yüksek betonlar elde etme, betonun yorulma ve aşınma dayanımında artış gibi fiziksel ve teknik katkılar elde edilmektedir. Topaklanma riskine karşı kuru agrega karışımı sırasında ilavesi tavsiye edilen bazalt lifleri istenen beton özelliğine göre 1 m^3 için 1-10 kg arasında kullanılabilmektedir. Bazalt lifli betonlar avantajları sebebiyle, temeller ve yer altı yapıları, kıyı ve liman yapıları, su altında kalacak köprü ayakları, beton yollar, hava alanı pistleri, su kanalları, tüneller, endüstri yapılarının döşemeleri vb. birçok alanda kullanılmaktadır (Çevik, 2014).

Tek başlarına kullanımı bazalt liflere göre daha sınırlı olan bazalt filamentler kumaş formuna dönüştürülerek yüksek mekanik özellikleri, kimyasal dayanımları, ses ve ısı izolasyonu özellikleri ile karbon ve sentetik lifli kumaşlara alternatif olarak savunma sanayi, havacılık, denizcilik, otomotiv ve özellikle yaygın olarak inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Kumaş formuna dönüştürülen bazalt filamentleri epoksi reçine takviyesi ile dayanımı ve kimyasal direnci artırılarak inşaat sektöründe kullanılarak çeliğe alternatif bir ürüne dönüşmektedir (Çevik, 2014; Araz ve ark, 2018).

Bazalt çubuklar ise bazalt liflerinin yüksek dayanımlı epoksi reçineler ile birleştirilmesi ve nervürlü betonarme donatısı şeklinde üretilen ürünlerdir. Bazalt filamentler sarılarak spiral hale getirilir ve epoksi reçine ile bağlanarak istenen form verilir. Bazalt çubuklar çelik donatılara göre üç kat hafif olmalarına rağmen daha dayanıklı ürünlerdir. Termal genleşme katsayısı betonun genleşme katsayısına oldukça yakındır. Korozyona, aside, alkaliye, deniz suyuna vb. kimyasallara dayanımlı olduğu için özellikle korozyon riski taşıyan yapılar, saha betonlarında, yol inşaatlarında, temellerde, kimyasal tesislerde ve deniz yapılarında donatı çeliğine alternatif olarak kullanılan ürünlerdendir (Araz ve ark, 2018; Çevik, 2014).

1.3.2.1.(3). Karbon Filament

Karbon elyafındaki gelişmeler ve uygulanabilirliğinin artmasıyla birlikte uzay, havacılık, otomotiv, savunma ve medikal gibi birçok alanda kullanım alanı bulmuştur. Karbon lifinin özellikleri kullanılan hammaddeye, üretim aşamalarına ve işlem sıcaklığına bağlıdır. Karbon lifleri; stabilizasyon, karbonizasyon ve grafitizasyon işlem adımlarından oluşur. Karbon lif üretiminde poliakrilonitril (PAN), kömür ve petrol esaslı katran, selüloz ve fenolik reçine preküsörleri, polivinilden klorür veya polivinilden klorür kopolimerleri, polimidin karbon gibi organik bileşikler ısıtılmakta ve yapıda bulunan karbon dışındaki tüm atomlar gaz fazına geçerek uzaklaştırılmakta ve böylece sadece karbondan oluşmuş filamentler elde edilmektedir. Sonrasında uygulanan karbonizasyon ve grafitizasyon adımlarıyla istenen filament özellikleri elde edilir. Karbon lifleri genellikle modüllerine, mukavemetlerine ve son işlem sıcaklıklarına göre olmak üzere üç grupta sınıflandırılırlar. Karbon elyafı birçok avantajı yapısında barındıran ancak cam, bazalt ve aramid gibi teknik elyaflara göre daha pahalı tekstil materyalidir. Karbon elyafı düşük yoğunluğa ve ısıl genleşme katsayısına sahip olup elektriksel ve termal iletkenliğe sahiptir. Kırılgan bir yapıya sahip olan karbon elyafı düşük çarpma direncine sahiptir. Sahip oldukları yüksek teknik özellikleri sayesinde karbon lifleri gelişmiş ürünlerin eldesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Merter, 2009; Yaman ve ark, 2006; Yaman ve ark, 2007).

1.3.2.2. Tekstil Takviye Yüzeyleri

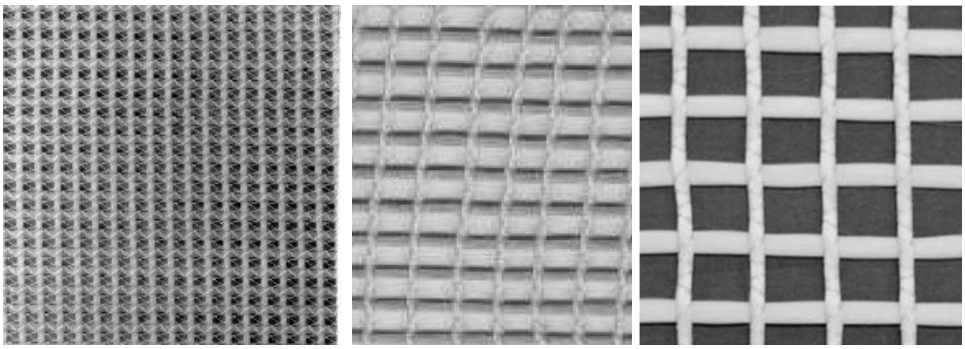
Tekstil yüzeylerinin betonun takviyelendirilmesinde kullanılmasının birçok avantajı mevcuttur. Teknik olarak farklı yönlerdeki yüklemelere karşı dayanımı, korozyon dayanımı ve farklı şekillerde beton içerisine yerleştirilebilmesi önde gelen avantajlarından bazılarıdır. Ayrıca bu tekstil yüzeylerinin üretim sırasındaki tekrarlanabilirliği ekonomik olarak büyük bir kazançtır (Brameshuber, 2006).

Çeşitli tekstil yüzeyleri olmasına rağmen beton takviyesi için kullanılabilecek olanlar sınırlıdır. Kullanılacak yapıların yüksek çekme dayanımına

sahip hammaddelerden üretilmiş olması ve oluşturulan yüzeylerin betonun akışına imkan sağlayacak açıklığa sahip olması gerekmektedir. Bu şartları sağlayan iki veya üç boyutlu tekstil yüzeyleri beton takviyesi için kullanılmakta olup en yaygın kullanılanlar iki eksenli çözgülü örme ve leno dokuma yüzeylerdir (Brameshuber, 2006).

1.3.2.2.(1). İki Eksenli Çözgülü Örme Yüzeyler

İki eksenli çözgülü örme yüzeyler özellikle teknik tekstil uygulamalarında geniş bir kullanım alanına sahip tekstil yüzeyleridir. Dokuma kumaş yapısına benzer şekilde çözgü ve atkı yönlü olmak üzere iki farklı iplik grubunun birleşmesiyle oluşur. Çözgü iplik grubu levent veya cağlıktan beslenirken atkı iplik grubu ise bobinlerden beslenerek örme alanına taşınır. Dokumadan farkı bu iplik grupları konum değiştirmeyip her biri ayrı düzlemde üst üste bulunmasıdır. Örme alanına getirilen iki iplik grubu farklı tipte dikiş tipleriyle başka bir iplik grubu tarafından birleştirilirler. Bu iplik grubu yapıya mukavemeti direkt sağlamamakla birlikte çözgü ve atkı iplik grubunun bir arada olmasını sağlar. Dikiş işlemiyle birleştirilen çözgü ve atkı iplikleri yüzey formuna getirildikten sonra sarma tertibatında sarılarak birleştirilir (Karl Mayer, 2013; Karl Mayer, 2015; Gries ve ark, 2015).

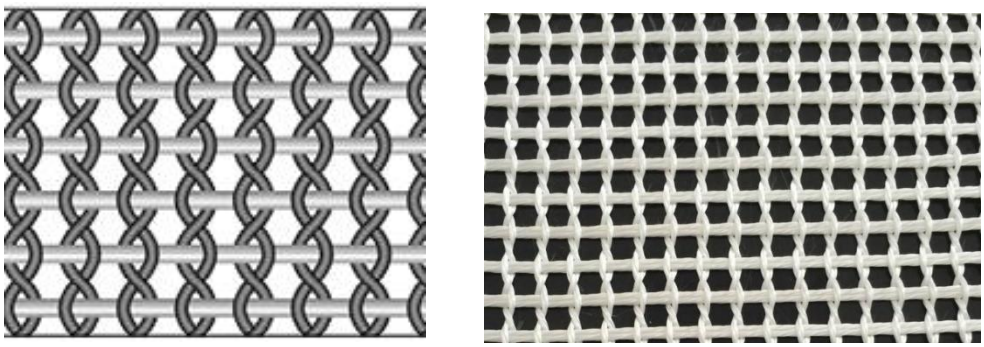


Şekil 1.5. İki eksenli çözgülü örme yüzeyler (Karl Mayer, 2013; Peled ve ark, 2008; Glowania ve ark, 2011)

1.3.2.2.(2). Leno Dokuma Yüzeyler

Leno dokuma tekniği klasik dokumacılıkta kenar ipliklerinin çıkmaması için kumaş kenarında bulunan çözgü ipliklerinin sıkıştırılmasıyla elde edilen yapı tekniğidir. Bu yapı günümüzde teknik amaçlı kullanılacak kumaşlar için de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yapıda klasik dokumada olduğu gibi atkı ve çözgü grubu olmak üzere iki bileşen mevcuttur ve bunlar birbirlerine dik olacak şekilde konumlandırılırlar. Bu kumaş yapısında yapıyı oluşturmak için çözgü iplikleri döner gücü vasıtasıyla birbirinin üstünden geçerek veya birbirinin etrafında bükülerek atkı ipliğini kıskaca alır, atkı iplikleri tutularak yerlerinin değişmesi önlenir ve böylece stabil bir yapı oluşturmasını sağlar (Horrocks ve Anand, 2000; Yavaşçaoğlu; 2012).

Leno dokuma yapılar genellikle normal dokuma yapısına göre daha az ipliğin içerdiği tekstil yüzeyleridir. Bu yapılarda iki veya daha fazla çözgü ipliği grubu çapraz hareket ederek atkı ipliklerini sabitleyerek bir yapı oluştururlar (Hexcel, 2010).



Şekil 1.6. Leno dokuma yüzeyi (Hexcel, 2010; http://www.htctex.com/boss/img/ 2016520125837.jpg).

1.3.2.3. Tekstil Kompozit Malzemeleri

Kompozit yapılar farklı iki veya daha fazla materyalin birbiri içerisinde çözünmeyecek şekilde birleştirilmesiyle oluşmuş karmaşık yapılardır. Birçok

gelişmiş özelliklere sahip kompozitler kullanım alanında ihtiyaç duyulan özelliklerine göre tasarlanmaktadırlar. Kompozit malzemeler genellikle "matris" adı verilen bir ana bileşen ve "takviye elemanı" adı verilen yardımcı bir bileşenden oluşmaktadır. Kompozit içerisindeki takviye elemanının görevi malzemeye mukavemet sağlayıp yük taşıma kapasitesini artırmak, matrisin görevi ise plastik deformasyona geçişte oluşabilecek çatlak ilerlemesini önlemek ve yapının kopmasını geciktirmektir. Kompozit yapılar uzun kullanım süreleri, hafiflikleri, yüksek kimyasal ve mekanik dayanımları nedeniyle günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar.

Tekstil takviyeli beton üretiminde matris olarak beton kullanılırken, takviye elemanı olarak tekstil bileşenleri veya bu bileşenlerin oluşturduğu kompozit yapılar kullanılmaktadır. Tekstil bileşenleri tek başlarına kullanılabildikleri gibi farklı yöntemlerle oluşturulmuş kompozit yapılar olarak da kullanılabilmektedir. Bu açıdan bakıldığında tekstil takviyeli beton yapıları iç içe geçmiş iki kompozit yapıdan oluştuğunu söylemek mümkün olmaktadır.

Takviye elemanı olarak kullanılacak tekstil kompozit yapıları matris malzeme cinsi sınıflandırmasına göre polimer matrisli kompozitler sınıflandırmasına girmektedir. Elyaf takviyesiyle yapıların oluşturulduğu bu yöntem kompozit malzemelerin üretiminin %90'ında kullanılmakta olup iki gruba ayrılmaktadır (Mağdala, 2009; Zor, 2018).

1.3.2.3.(1). Termoset Takviyeli Kompozitler

Kompozit yapıların üretiminde en çok kullanılan matrisler termoset esaslı matrislerdir. Başlangıçta sıvı olarak bulunan termosetler ısıyla veya kimyasal yöntemlerle geri dönüşü olmayan bir şekilde, yan bağların birbirleriyle bağlanarak kovalent bağ oluşturmasıyla sertleşirler. Yüksek sıcaklıklarda bile yumuşamazlar. Kimyasal dayanımları yüksek olup olağan dışı hava şartlarında bile uzun yıllar boyunca kullanılabilmektedir.

Başlıca termoset türleri epoksi, polyester, vinylester ve fenolik reçineler olup tekstil takviyeli beton yapılarda kullanılacak tekstil yüzeylerinin kaplanmasında çoğunlukla epoksi reçineler kullanılmaktadır. Epoksiler genelde sıvı iki bileşenden oluşmakta ve bu bileşenler karıştırıldıktan sonra kimyasal reaksiyona girerek sertleşmektedirler. Sertleşme sırasında çok az miktarda çekmeye maruz kalan epoksi reçineler suya, asitlere, bazlara, yağlara ve çeşitli kimyasallara dirençli olup bu özelliğini zamanla kaybetmemektedirler. Mükemmel mekanik dayanımına sahip epoksi reçineler 220°C'ye kadar dayanım sağlamaktadırlar. Cam ve karbon filament gibi elyaf türleriyle iyi bir bağ oluşturan epoksi reçineler mükemmel özelliklere sahip kompozit yapılar oluşturmaktadırlar. Birçok avantajlarının yanında epoksi reçinelerin yüksek maliyetli oluşu, cilde zararlı olması ve doğru karışımın son derece önemli olması gibi dezavantajları mevcuttur (Mağdala, 2009; Zor, 2018).

Epoksi reçineler tekstil filamentlerinin dayanımlarını artırmada çok başarılı matris yapılardır. Epoksi reçine takviyeli tekstil yapıları mükemmel mekanik özellikleri sayesinde yenilikçi ürünlerin oluşturulmasında özellikle de tekstil takviyeli betonların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Chira ve ark, 2016).

1.3.2.3.(2). Termoplastik Takviyeli Kompozitler

Çok fazla sayıda termoplastik polimer olmasına rağmen bunlardan matris olarak kullanılabilenleri sınırlıdır. Düşük sıcaklıkta katı halde bulunan termoplastikler ısıtıldıklarında yumuşamaya başlarlar. Termosetlere göre kullanımları daha az olmasına rağmen kırılma tokluğu, hammadde raf ömrü, geri dönüşüm kapasitesi ve sertleşme için organik çözücüye ihtiyaç duyulmadığı için güvenli çalışma ortamı bakımından termosetlere karşı avantaj sağlamaktadır. Düşük mukavemete ve sertliğe sahip olmaları, oda sıcaklığında işlenmelerinin zor olması, düşük ergime sıcaklığı, genelinin termosetlere göre daha pahalı olması

nedeniyle termoplastiklerin kompozit üretiminde matris olarak kullanımı sınırlandırır.

Polietersülfon (PES), polieterimid (PEI), polietereterketon (PEEK), polifenilen sulfit (PPS), poliamidimid (PAI), poliimid (PI), polifenilen eter (PPE), polisülfon (PSU), stiren maleik anhidrit (SMA), akrilonitril bütadien stiren (ABS), poliamid (PA), polibütilen teraftalat (PBT), polietilen teraftalat (PET) ve polipropilen (PP) gibi termoplastikler sektörde kullanılan başlıca materyaller olup en yoğun araştırmalar PA, PBT, PET ve PP üzerinde yapılmaktadır. Bu materyallerin diğer termoplastiklere göre daha düşük maliyetli olmaları nedeniyle kompozit üretiminde matris olarak kullanılmaları daha olası görülmektedir (Mağdala, 2009; Zor, 2018).

Polipropilen düşük maliyetli mühendislik uygulamaları için enjeksiyonlu kalıplama materyali olarak artan bir öneme sahiptir. 1955'e kadar olefin grubunun ticari kullanımı pek yaygın değilken polipropilenin keşfi ile bu durum değişmiştir. Polietilen ile benzer kökene ve üretim yöntemine sahip polipropilen teknik özelliklerinden dolayı daha yaygın kullanılmaktadır. Özellikle otomotiv ve havacılık sektöründe kompozit malzeme üretiminde cam filament ile takviyelendirilmiş ürünlerde matris olarak kullanılır. Kesiksiz filamentler ile birlikte kullanılarak üretilen yüksek dayanıma sahip yarı mamüller üretimi gerçekleştirilecek kompozit yapılar için şerit veya bant olarak başlangıç materyali haline getirilir (Merter, 2009).

Kompozit yapılarda yükler takviye elemanı tarafından taşınmakta olup matrisin görevi ise bu yükleri takviye elemanı içerisinde aktarmak ve takviye elemanını dış etkilere karşı korumaktır. Bu nedenle matrisin takviye elemanını homojen bir şekilde saracak şekilde yapılar oluşturulmalıdır. Termoplastiklerin eriyik halede sahip olduğu viskoziteye bağlı olarak aktarılmalarında zorluklar yaşanabilmektedir. Bu da kompozit üretiminde işlemleri zorlaştırmakta ve maliyetleri yükseltmektedir. Bu problemlerden dolayı takviye bileşeni ve matris olarak kullanılacak termoplastik bileşenin katı olarak birleştirilmesi fikri ortaya

çıkmıştır. Hibrit yapılar olarak isimlendirilen bu yapılar birleşmeden sonra basınç altında ısıl işleme tabi tutulmaktadır. İşlem sonrası termoplastik bileşen takviye bileşen ile birlikte homojen bir yapı oluşturmaktadır. Gerekli karıştırma işlemi için farklı metodlar kullanılmakta olup termoplastik matris bileşeni çözelti, eriyik, folyo veya toz halinde takviye bileşenine aktarılmakta ve bir takım son işlemlerle kompozit yapılara dönüştürülmektedirler. Bu yöntemlerle kompozit yapılar oluşturulduktan sonra tekstil materyalleri işlem öncesi sahip oldukları dökümlülük ve bükülebilirlik gibi özelliklerini kaybederler. Dokuma ve örme gibi klasik tekstil yüzeyleri kullanılarak takviye elemanları ve matris materyalleri birleştirilebilmektedir. Ancak bu tarz bir birleşme homojen bir yapı oluşturmaya yetmeyeceği için takviye elemanı ve matris materyalin iplik formunda iken birleştirilmesinin daha iyi sonuçlar vereceği görülmüştür. Takviye ve matris bileşenini bir araya getirip hibrit iplik üretimini gerçekleştirecek birçok üretim tekniği geliştirilmiş, patenti alınmış, bilimsel çalışmalar yürütülmüş ve günümüzde de yürütülmeye devam edilmektedir. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın hedeflenen, istenen mekanik özellikleri sağlayacak şekilde takviye ve matris bileşeni ısıl işlem sonrası son kullanım alanına hazır hale getirmektedir (Kaplan, 2016).

Kompozit yapıların üretiminde tekstil takviyeli termoplastiklerin kullanımının birçok avantajı mevcuttur. Çeşitli termoplastik kompozit üretim yöntemleri arasında yarı mamül üretim yöntemleri son dönemlerde büyük ilgi görmektedir. Bu üretim yöntemlerinden biri olan hibrit iplik teknolojileri de termoplastik materyalin eriyik halde viskozitesine bağlı olarak sahip olduğu aktarılma problemini azaltmak adına termoplastik ve takviye bileşeni bir araya getirir. Kullanım alanına ve kullanılan bileşenlerin türlerine göre farklı türlerde hibrit iplik üretim yöntemleri mevcuttur. Kullanılan termoplastik ve takviye bileşenleri filament ve stapel olma durumuna ve kullanım amacına göre en uygun yöntem ile birleştirilirler. Daha sonrasında birleşmiş haldeki yapılar ısıl işlem sonrası bir bütün oluşturup kompozit yapıyı meydana getirirler. Hibrit iplik üretim

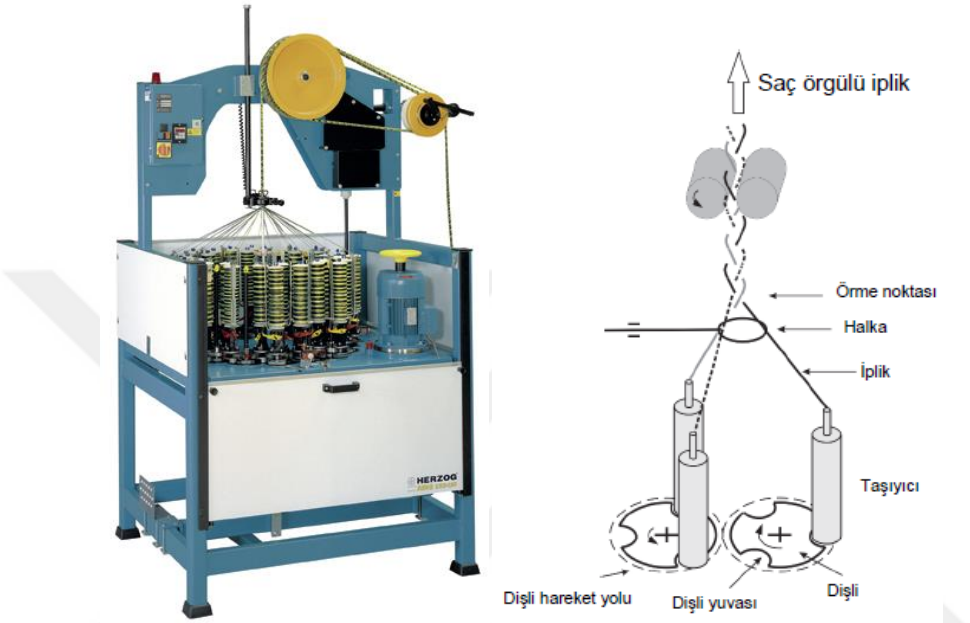
teknolojisi olarak geleneksel tekstil üretim metodlarının iyileştirilmiş halleri veya yeni üretim teknikleri kullanılmaktadır. Ring iplik makinesinin ve saç örgü iplik makinasının modifiye halleri geleneksel üretim yöntemlerine örnek olabilecekken, karıştırma yöntemi ve Kemafil teknolojisi hibrit üretim teknolojisi için yeni geliştirilen üretim yöntemleri de mevcuttur (Golzar ve ark, 2007; Alagirusamy ve Ogale, 2004; Alagirusamy ve ark, 2006).

Saç örgü tekniği 200 yıllık bir geçmişi olan eski bir üretim şekli olup tekstil yapılarının üretilmesinde kullanılmaktadır. Saç örgü tekniği ile üretilen yapıların spor tekstilleri, medikal tekstiller, ev tekstilleri ve taşıt tekstilleri gibi yaygın kullanım alanları mevcuttur. Günümüzde yaygınlaşan yüksek kalitedeki kompozitlerin üretimindeki talepleri karşılayabilmek adına saç örgü tekniği üzerinde yoğun çalışmalar gerçekleştirilmeye devam etmektedir (Ayranci ve Carey, 2007; Rawal ve ark, 2015; Gries ve ark, 2015).

Saç örgüsü, örgüyü oluşturan ipliklerden en az birinin örgü yapısının kenarlarından belli bir açı yapacak şekilde katlanarak tekrardan örgü yapısına katıldığı, iplik dağılımının düzgün olduğu üç boyutlu tekstil yapıları olup alışagelmiş ve üç boyutlu saç örgü yapısı olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Alışagelmiş saç örgü tekniğinde düz bir tabla üzerine dizilmiş olan bobinler birbiri etrafında döndürülerek örgü oluşturulur. Üç boyutlu saç örgü işleminde ise hareketli örgü ipliği ile birlikte hareketsiz olan iplik şerit kenarına paralel yerleştirilerek yapı oluşturulur. Bu örgü yapısında hareketsiz olan ve sabit beslenen orta iplikler hareket eden örgü iplikleri tarafından sarılarak ve çaprazlanarak örgü yapısına katılarak saç örgünün oluşmasını sağlarlar (Soydan ve Kurbak, 2010).

Saç örgüsü yapıları, düz ve yuvarlak yapılar olacak şekilde üretilebilmektedir. Düz yapı üretim tekniğinde şerit şeklinde yapılar elde edilirken, yuvarlak üretim tekniğinde tüp formunda yapılar elde edilebilmektedir. Bilindiği gibi saç örgü tekniğinde bir tabla üzerine yerleştirilen bobinlerden çıkan iplikler belirli açılarla birbiri üzerinden geçerek tekrar yapıya katılıp sıkı bir yapı oluştururlar (Şekil 1.7). Üç boyutlu saç örgü yapılarında merkeze yerleştirilen bir

filament çevresinde yerleştirilen diğer bobinlerin oluşturduğu saç örgü içerisine hapsedilerek dayanıklı yapılar oluştururlar (Kyosev, 2015).



Şekil 1.7. Herzog saç örgü makinası (Gries ve ark, 2015), saç örgü makinasının temel konstrüksiyonu (Kyosev, 2015)

Saç örgü tekniğinin teknik tekstiller üretiminde kullanımının yaygınlaşması ve kompozit sektöründe bu yöntemin farklı yapıların eldesine olanak sağlaması nedeniyle saç örgü tekniği kullanımının daha da artacağı beklenmektedir. Özellikle elektronik kontrol mekanizmalarının mekanik kontrol mekanizmaları yerine alacağı ve çok karmaşık yapıların saç örgüsü ile sarılarak kompozit yapıların oluşturulacağı öngörülmektedir (Gries ve ark, 2015).

1.4. Çalışmanın Önemi ve Amacı

İnsanoğlu var olduğu günden itibaren barınma amaçlı birçok yapılar ortaya koymuştur. Başlangıçta basit harçlar ile başlayan bu süreç ilerleyen dönemlerde gelişmiş ve günümüzdeki inşaat teknolojisinin yer aldığı duruma gelmiştir. İnşaat

sektörü birçok ülke için lokomotif bir sektör olup 19. yüzyıl sonunda çimentonun keşfi ve betonun kullanımıyla farklı bir konuma gelmiştir. İlk yapılarda kullanılan takviye malzemeleri gibi, beton içerisinde de farklı form ve malzemelerde takviye bileşenleri kullanılmıştır. Çelik kullanımı 20.yüzyıl başında başlanmış olup günümüzde de yaygın bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir. Çelik takviyesinin yeterli olmadığı bazı durumlar için farklı lif takviyeleri 1950'li yıllarda başlamış ve daha sonraları tekstil takviyeli beton kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Son 20 yılda kullanımı giderek artan tekstil takviyeli betonlar özellikle Almanya'da daha çok önem verilmiş ve konu üzerinde yoğun çalışmalar yürütülmüştür. Tekstil takviyeli beton kullanımı ile gerekli olan beton kullanımı azalmakta ve inşaat sektörü kaynaklı doğaya salınan CO_2 salınımı azalmakta böylece daha ekolojik bir üretim gerçekleşmiş olmaktadır. Başlangıçta ham halde kullanılan takviye bileşenleri daha sonraları çeşitli kimyasallarla ve özellikle epoksi reçine ile kaplanarak yapının dayanımı artırılmıştır. Kullanılan epoksi reçineler yüksek dayanım sağlamasının yanında yüksek maliyet de getirmektedirler. Son dönemde yapılan çalışmalar ise tekstil takviyeli betonların kullanım alanlarının geliştirilmesi ve üretim maliyetlerinin azaltılması yönündedir.

İnşaat sektörü ülkemiz için de büyük önem arz etmekte olup üretilen çimento miktarı sıralamasına göre G20 ülkeleri arasında dördüncü sırada yer almaktayız. Üretilen çimento miktarının çokluğu doğaya CO_2 salınımının çokluğu olarak kendini göstermektedir. Yapı sektöründe tekstil takviyeli beton kullanımının artmasıyla birlikte CO_2 salınımı da azalışa geçecektir.

Ülkemizde yapı sektöründe lif takviyeli beton kullanımı mevcut iken, tekstil takviyeli beton kullanımı birkaç uygulama dışında yeni bir çalışma alanıdır. Ülkemizin büyük bir bölümünün deprem bölgesinde olması, daha dayanıklı yapıların oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Tekstil takviyeli beton yapıların normal yapılara göre daha fazla dayanım sağlaması, deprem nedeniyle yüzbinlerce can vermiş ülkemiz için bu yapıların kullanımı için bir neden daha ortaya koymaktadır.

Tekstil sektörü ülkemiz ekonomisi açısından önem teşkil etmekte olup çağımızdaki gelişmelerle tekstil üretimi farklılık kazanmıştır. Özellikle son çeyrek asırda tekstil üretimi klasik iplik, kumaş, boya, baskı ve hazır giyim üretiminden ayrışarak teknik tekstiller dediğimiz alanda büyük yol kat etmiştir. İnşaat tekstilleri teknik tekstillerin bir alt dalı olup TTB sistemlerinde kullanılan tekstil yapıları bu gruba girmektedir. Klasik tekstil üretimine göre katma değeri yüksek olan bu ürünlerin kullanımının artmasıyla birlikte ülke ekonomisine de büyük katkı sağlanacaktır.

Çalışmada tekstil takviyeli beton üretiminde yaygın olarak kullanılan materyallerden alkali dayanımlı cam (AR-Glass) filament, bazalt filament ve karbon filament kullanılmıştır. Kullanılan bu materyaller ham, epoksi reçine kaplı ve hibrit iplik formunda farklı tekstil yüzeyleri formuna getirilerek kullanılmıştır. Hibrit iplik üretimi için kullanılan materyallere uygun ve ülkemizde üretimini gerçekleştirebileceğimiz saç örgü tekniği seçilmiştir. Çalışmada hedeflenen tekstil takviyeli beton kullanımında ham madde türü, epoksi reçine kaplama, hibrit iplik kullanımı, tekstil yüzey türü ve beton içerisindeki konumu gibi farklı parametrelerin etkilerini gözlemlemektir. Ayrıca çalışmada, hibrit iplik kullanımının epoksi reçine kullanımına teknik ve mali olarak bir alternatif oluşturup oluşturmayacağı incelenecektir. Hibrit iplik üretim metodu olarak seçilen saç örgü tekniği ile üretilmiş ipliklerin beton içerisinde takviye olarak ilk defa kullanılacak olması çalışmayı farklı yapan nedenlerden biridir.

Bu amacı gerçekleştirmek için tasarlanmış olan bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde; beton, tekstil takviyeli beton ve bileşenleri hakkında bilgi verilmiştir. Önceki çalışmalar bölümünde, tez kapsamında yürütülen çalışmalarda yararlanılan ve tez konusu ile ilgili yayınlanmış çalışmaların özetlerine yer verilmiştir. Materyal ve metod bölümünde, tez çalışmasında kullanılan materyaller ve yöntem hakkında bilgi verilmiştir. Bulgular ve tartışma bölümünde, tez çalışması süresince yapılan test sonuçları ve analizlere yer verilmiştir. Sonuçlar ve öneriler bölümünde ise, test sonuçların değerlendirmeleri özetlenmiş ve bundan sonraki bölümde yapılacak çalışmalar belirtilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez kapsamında yapılan literatür araştırmaları beton harç reçetesinin belirlenmesi için gerçekleştirilen, tekstil takviye elemanı özelliklerinin araştırılmasına yönelik gerçekleştirilen ve tekstil takviyeli beton yapılara yönelik gerçekleştirilen literatür taraması olmak üzere üç farklı grupta sınıflandırılmıştır.

2.1. Beton Harç Reçetesinin Belirlenmesi İçin Gerçekleştirilen Literatür

Krüger ve ark (2001), ön gerilmenin ve kaplamalı tekstil materyali kullanımının beton dayanımına etkisini incelemişlerdir. Çalışmaları için gerekli olan beton karışımı için 480 kg/m^3 CEM I 42,5 R Portlant çimentosu, 154 kg/m^3 uçucu kül, 82 kg/m^3 silis dumanı, 920 kg/m^3 kum (0,6-1,2 mm), 460 kg/m^3 kum (0-0,6 mm), 17 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 170 kg/m^3 su kullanılmış ve 0,35 su/çimento oranı ile çalışılmıştır. Hazırlanan beton karışımın 28 günlük basınç dayanımı 75 MPa, eğilme dayanımı 11,5 MPa ölçülmüştür.

Orlowsky ve Raupach (2008), tekstil takviyeli betonlarda zamanla meydana gelen dayanım kaybını belirlemeye yönelik yaptıkları çalışmada kullanacakları beton karışımı için 490 kg/m^3 CEM I 52,5 Portlant çimentosu, 175 kg/m^3 uçucu kül, 35 kg/m^3 silis dumanı, 1214 kg/m^3 kum (0-0,6 mm), 4,9 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 280 kg/m^3 su kullanmış ve 0,4 su/bağlayıcı oranı ile çalışılmıştır.

Ajdukiewicz ve ark (2012), çeşitli yapıların güçlendirilmesi ve yeni kavramların oluşturulmasındaki tekstil takviyeli beton uygulamalarını incelemişlerdir. İnceledikleri çalışmalarda dört farklı beton karışımı kullanılmıştır. Birinci karışım için 942 kg/m^3 CEM III/B 32,5 Portland yüksek fırın cüruflu çimento, 628 kg/m^3 uçucu kül, 50,2 kg/m^3 silis dumanı, 263 kg/m^3 kum(0-1 mm), 12,2 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 313,7 kg/m^3 su kullanılmış ve 0,33 su/çimento oranı ile çalışılmıştır. Kullanılan bu karışımın ortalama basınç dayanımı 77,3 MPa ölçülmüştür. İkinci karışım için 628 kg/m^3 CEM III/B 32,5 Portland yüksek fırın

cüruflu çimento, 265,6 kg/m^3 uçucu kül, 100,5 kg/m^3 silis dumanı, 942 kg/m^3 kum (0-1 mm), 10,5 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 214,6 kg/m^3 su kullanılmış ve 0,34 su/çimento oranı ile çalışılmıştır. Kullanılan bu karışımın ortalama basınç dayanımı 76,3 MPa ölçülmüştür. Üçüncü karışım için 363 kg/m^3 CEM I 32,5R Portlant çimentosu, 485,8 kg/m^3 kum (0-1 mm), 1334,2 kg/m^3 kum(2-4 mm), 196,1 kg/m^3 su kullanılmış ve 0,54 su/çimento oranı ile çalışılmıştır. Kullanılan bu karışımın ortalama basınç dayanımı 36,6 MPa ölçülmüştür. Dördüncü karışım için ise 485 kg/m^3 CEM I 42,5R Portlant çimentosu, 859,8 kg/m^3 kum(0-1 mm), 771,9 kg/m^3 kum(2-4 mm), 4,8 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 227,9 kg/m^3 su kullanılmış ve 0,47 su/çimento oranı ile çalışılmıştır. Kullanılan bu karışımın ortalama basınç dayanımı 46,3 MPa ölçülmüştür.

Williams Portal (2013), gerçekleştirdiği tez çalışmasında tekstil takviyeli betonlardan üretilmiş sandviç panellerin eğilme davranışlarını ve sürdürülebilirliğini araştırmıştır. Çalışması için gerekli olan beton karışımı için 406 kg/m^3 CEM I 42,5 Portlant çimentosu, 121 kg/m^3 uçucu kül, 22 kg/m^3 silis dumanı, 1400 kg/m^3 kum(0-2 mm), 7,6 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 170,56 kg/m^3 su kullanılmış ve 0,42 su/çimento oranı ile çalışılmıştır.

Funke ve ark (2013), tekstil takviyeli beton ile cam elyaf takviyeli plastik malzemeyi birleştirerek yüksek performanslı hibrit bir materyal elde etmişlerdir. Çalışmaları için gerekli olan beton karışımı için 500 kg/m^3 CEM I 52,5 R Portlant çimentosu, 180 kg/m^3 uçucu kül, 50 kg/m^3 silis dumanı, 1180 kg/m^3 kum(0-1 mm), 180 kg/m^3 kuartz kumu (0-0,2 mm), 25 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 210 kg/m^3 su kullanılmış ve 0,42 su/çimento oranı ile çalışılmıştır.

Shams ve ark (2014b), sandviç panellerdeki bağlantı elemanları üzerine yaptıkları çalışmada kullanacakları beton karışımı için iki farklı reçete kullanmışlardır. Birinci karışım için 600 kg/m^3 CEM III/B 42,5 Portland yüksek fırın cüruflu çimento, 300 kg/m^3 uçucu kül, 864 kg/m^3 kum (0,2-2 mm), 18 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 345 kg/m^3 su kullanmış ve 0,38 su/bağlayıcı oranı ile çalışılmıştır. İkinci karışım için 522,7 kg/m^3 CEM III/B 42,5 Portland yüksek fırın

cüruflu çimento, 261,3 kg/m^3 uçucu kül, 653,6 kg/m^3 kum (0,1-0,4 mm), 522,7 kg/m^3 kum (0,7-1,2 mm), 6,36 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 345 kg/m^3 su kullanmış ve 0,44 su/bağlayıcı oranı ile çalışılmıştır.

Yoo ve ark (2016), çelik lifi, kaplamalı ve kaplamasız tekstil yüzeyleri takviyesinin eğilme dayanımı üzerine etkisini araştırmak için yürüttükleri çalışmada kullanacakları beton karışımı için 490 kg/m^3 CEM I 42,5 Portlant çimentosu, 175 kg/m^3 uçucu kül, 35 kg/m^3 silis dumanı, 713 kg/m^3 kum (0,2-0,6 mm), 500 kg/m^3 kum (0-0,3 mm), 3,2 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 280 kg/m^3 su kullanmış ve 0,4 su/bağlayıcı oranı ile çalışılmıştır.

Du ve ark (2017), bazalt filamentten üretilmiş 5x5 mm açıklığa, 220 g/m^2 gramaja sahip tekstil yüzeylerinin kullanıldığı ve çelik lifi ilavesinin yapıldığı beton ürünlerin çekme mukavemetlerini incelemişlerdir. Bazalt tekstil yüzeyleri farklı kat sayılarında kullanılacağı ve 5x5 mm açıklığa sahip olduğu için yüksek akışkanlığa sahip ve ince taneciklerden oluşan bir beton harcı hazırlanmıştır. İstenen özelliklerin sağlanabilmesi için 645 kg/m^3 CEM I 42,5 Portlant çimentosu, 274,4 kg/m^3 uçucu kül, 58,8 kg/m^3 silis dumanı, 408 kg/m^3 kum(0-0,6 mm), 817 kg/m^3 kum (0,6-1,2 mm), 4 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 392 kg/m^3 su kullanılmış ve 0,60 su/çimento oranı ile çalışılmıştır.

Liu ve ark (2018), bazalt ve alkali dayanımlı cam kumaş kullanılarak yaptıkları çalışmada sıcaklığın ve başlangıç yükleme oranlarının eğilme davranışları üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmada 15x40x250 mm'lik numuneler üretilmiştir. Beton karışımı için 470 kg/m^3 CEM I 32,5 Portlant çimentosu, 236 kg/m^3 uçucu kül, 38 kg/m^3 mineral toz, 1380 kg/m^3 kum(0-1,2 mm), 3,2 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 168 kg/m^3 su kullanılmış ve 0,35 su/çimento oranı ile çalışılmıştır.

Du ve ark (2018), karbon filamentten oluşturulmuş tekstil yüzeylerinin kat sayısının, kullanılan çelik liflerinin ve uygulanan ön gerilmenin eğilme dayanımı üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmaları için gerekli olan beton karışımı için 800 kg/m^3 CEM I 52,5 Portlant çimentosu, 100 kg/m^3 uçucu kül, 50 kg/m^3 silis

dumanı, 50 kg/m^3 cüruf, 1200 kg/m^3 kum(0-2 mm), 2 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 286 kg/m^3 su kullanılmış ve 0,36 su/çimento oranı ile çalışılmıştır. Kullanılan bu beton karışımın 28 günlük basınç dayanımı 76,7 MPa, eğilme dayanımı ise 12,3 MPa ölçülmüştür.

Zhu ve ark (2019), polimer kaplı bazalt filamentten üretilmiş tekstil yapılarının kullanıldığı tekstil takviyeli beton yapılara cam, karbon ve çelik liflerinin etkisini incelemişlerdir. Çalışma için kullanılacak beton karışımının eldesi için 389 kg/m^3 CEM I 42,5 Portlant çimentosu, 467 kg/m^3 uçucu kül, 49 kg/m^3 silis dumanı, 815 kg/m^3 kum(0-0,6 mm), 19,15 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 350 kg/m^3 su kullanılmış ve 0,40 su/bağlayıcı oranı ile çalışılmıştır.

Hawkins ve ark (2019), çok katlı binalarda alternatif yer döşemeleri üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır. Çalışmaları için gerekli olan beton karışımı için 422 kg/m^3 CEM II/B 42,5 Portlant kompoze çimento, 181 kg/m^3 uçucu kül, 603 kg/m^3 kum(0-1 mm), 603 kg/m^3 kum(1-2 mm), 3 kg/m^3 süper akışkanlaştırıcı, 271 kg/m^3 su kullanılmış ve 0,45 su/bağlayıcı oranı ile çalışılmıştır.

2.2. Tekstil Takviye Elemanı Özelliklerinin Araştırılmasına Yönelik Gerçekleştirilen Literatür

Geleneksel tekstil teknolojilerin optimizasyonu ve tekstildeki yeni üretim teknolojilerindeki gelişmeler kompozit üretim maliyetlerinin azalmasına yardımcı olmaktadır. Geliştirilen çeşitli prosesler hem üretimi hızlandırmakta hem de ekonomik üretim imkanı sunmaktadır. Hibrit iplik üretimi bu imkanı sağlamakta olup farklı hibrit iplik üretim yöntemleri de bu amaç için yaygın olarak kullanılmaktadır (Alagirusamy ve ark, 2006).

Termoplastik kompozit yapılarda takviye bileşeni olarak filament tekstil yapılarının kullanımı hızlı bir şekilde artmaktadır. Termoplastik matrisli kompozitler ise termoset matrisli kompozitlere göre yüksek darbe ve kırılma dayanımı, kısa işlem süresi, sınırsız üretim miktarı, oda sıcaklığında depolanma kolaylığı, geri dönüşüm imkanı, şekillendirilebilme kolaylığı ve temiz üretim gibi

avantajlara sahiptir. Ancak bu avantajlarının yanında eriyik halde viskozitesinden dolayı emdirme problemi, düşük ısıl, basma dayanımı ve sertlik gibi dezavantajları mevcuttur (Svensson ve ark, 1998; Kaplan,2016).

Tekstil teknolojisi kompozit üretiminde maliyetlerin azaltılması ve dayanımların artırılması konusunda büyük bir öneme sahiptir. Hibrit iplik elde etme yöntemlerinin uygulanması yüksek performans gerektiren uygulamalar için materyal eldesini olanaklı kılmaktadır. Hibrit iplik yapısı takviye bileşeni olarak kullanılacak materyalde meydana gelecek zararı azaltmaktadır (Alagirusamy ve Ogale, 2004).

Termoplastik matrisli kompozitler otomotiv, denizcilik ve uçak sanayisini de içeren geniş bir alandaki teknik uygulamalarda giderek artan bir öneme sahiptir. Geniş çaplı fiziksel özellikleri, yüksek otomasyon potansiyeli ve büyük miktardaki üretime olanak sağlaması termoplastik matrisli kompozitlerin kullanımını kolaylaştırmaktadır. Ancak polimer matrisin eriyik halde yüksek viskoziteye sahip olması kompozit üretimini zorlaştırmaktadır. Ayrıca termoplastik matrisli kompozit üretimi için iki farklı işlem olan ön numune hazırlıkları ve kalıplama işlemleri için enerji ve zaman tüketimi de fazla olmaktadır. Bu nedenle hibrit iplik teknolojisi kullanılarak bu dezavantajları ortadan kaldırarak termoplastik matrisli kompozit üretimi denemeleri yapılmıştır. Hibrit iplik teknolojisi, termoplastik matris ve takviye bileşenini nihai ürün için tek adımda birleştirip zaman ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Hibrit iplikler dokuma veya kıvrımsız yüzey haline getirilip tek adımda istenen özelliğe göre kalıplanıp şekillendirilmektedir. Termoplastik matris ve takviye bileşen hibrit ipliklerde yakın ve homojen konumlandırıldığı için düşük akış mesafesi sayesinde istenen dayanım kolayca elde edilmektedir (Kravaev ve ark, 2014a; Kravaev ve ark, 2014b).

Termoplastik kompozitlerin şekillenebilirliğini artırmak adına bileşenlerin karışımları için farklı teknikler geliştirilmiştir. Dokuma yapılarında atkı ve çözgü için ayrı ayrı veya karışık bileşenlerin(takviye bileşen ve matris bileşen) kullanılması, takviye bileşenin termoplastik matris bileşen ile sarılması, parçacık

formundaki termoplastik matrisin takviye bileşeni üzerine aktarılması ya da bu takviye ve termoplastik bileşenlerin iplik formunda karıştırıldıktan sonra çözgü ve atkı formunda kullanılması gibi çeşitli teknikler takviye bileşenin ve matris bileşenin daha iyi bütünleşmesi için uygulanan tekniklerden bazılarıdır. Atkı ve çözgü için kullanılan takviye ve matris bileşeninin oluşturduğu birleşik yapılar aslında tam bir homojenlik sağlamazlar. Eğer bu yapılar birden fazla kat uygulanırsa daha iyi sonuç alınabilir. Sargı metodunda termoplastik matris bileşen takviye bileşeni etrafında sarılır. Bu yöntemden elde edilen yapılar birleştirilmiş yapılara göre daha homojen bir yapı sunmaktadır. Parçacık formundaki termoplastik bileşenlerin takviye bileşen üzerine aktarıldığı yöntem ise dokuma için uygun olan esnek yapılı bileşenler eldesine imkan tanır. Bu bileşenlerden oluşturulan yapılara ısıl işlem uygulandığında termoplastik materyal takviye bileşenini kaplamakta ve homojen bir şekilde dağılmaktadır. Erimiş olan termoplastik yapı takviye bileşenini koruyan bir kabuk görevi görmektedir. Karıştırma metodunda ise takviye bileşeni ile termoplastik matris bileşen filament formda birlikte tek filament halinde karıştırılır. Daha sonra kullanım durumuna göre yüzey haline getirilir. Isıl işlem sonrasında da homojen bir dağılım gerçekleştirilir. Yukarıdaki yöntemlerden biriyle üretilen yapılar ısıl işlem sonrası birleşerek kompozit yapıyı oluştururlar. Bu yöntemler içerisinde en homojen yapının karıştırma yöntemi ile sağlandığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Ayrıca karıştırma yönteminden elde edilen bileşenler kullanılarak kompozit yapı eldesinde daha az basınca, sıcaklığa ve süreye ihtiyaç vardır (Wakeman ve ark, 1998).

Termoplastik kompozit üretim işlem adımında ilk etapta takviye bileşeni ve termoplastik matris bileşen çeşitli yöntemlerle bir araya getirilir. Sonrasında yüzey formuna getirilip biçimlendirilen yapılar termoplastik bileşenin eriyebileceği sıcaklığa çıkartılıp basınç uygulanarak istenen yapının oluşması için gerekli form verilir. Son olarak da biçimlendirilen yapılar soğutmaya bırakılarak ürün elde edilir (Wakeman ve ark, 1998).

Termoplastik kompozitler termoset kompozitlere göre işlem süresini kısaltması ve geri dönüşüm imkânı sunması gibi çeşitli avantajlar sunmaktadır (Long ve ark, 2001).

Uçak sanayinde kullanılmak üzere filament kullanılarak gerçekleştirilen termoplastik kompozit üretimindeki ilk çalışmalarda karbon ve PEEK materyalinin kullanımıyla elde edilen ürünler klasik karbon ve epoksi reçine kullanılarak elde edilen ürünlere göre daha iyi tokluk değerleri vermiştir. Daha sonra yapılan girişimlerle yapının şekil alabilirliği ve nihai ürün için ön emdirme işlemine uygunluğu sağlanmıştır. Cam filament takviyeli termoplastik kompozitler ise ihtiyaçları karşılamak için daha ucuz ham maddelerle üretilmiştir. Kompozit yapı içerisindeki cam elyaf miktarının kütlece %40 kullanım sınırı, prosesi ve cam elyaf miktarını sınırlandırdığından polipropilen filament kullanımıyla bu kompozit yapıların yük taşıma kapasitelerinde artış gerçekleştirilmiştir. Termoplastik kompozitlerde ham madde maliyetinin 3,2 £ / kg, otomotiv sektöründe kullanılan çelik konstrüksiyonların maliyetinin ise 0,45-0,58 £ /kg olduğu bir ortamda maliyet azaltmak üretim döngüsünde dengeyi sağlamak adına zorunlu olmaktadır (Wakeman ve ark, 1998).

Tekstil kompozit yapıları belirli bir matris ve takviye bileşeni için elyaf, iplik veya kumaş formundaki tekstil yapılarıyla oluşturulmuş mukavemetli birimlerdir. Çeşitli termoplastik polimerler matris olarak kullanılırken stapel veya filament formundaki tekstil formları ise takviye bileşeni amacıyla kullanılmaktadır. Cam filament takviyeli kompozit yapılar sağlam yapılar oluşturduğu ve hafif oldukları için son yıllarda havacılık, otomotiv ve çeşitli endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Mankodi ve Patel, 2009).

Matris materyal olarak polipropilen, takviye bileşen olarak cam filament içeren hibrit ipliklerin kullanılması termoplastik kompozitler için ekonomik bir çözüm sunmaktadır. Çeşitli yöntemlerle hazırlanan hibrit ipliklerin kullanıldığı yapılar daha sonra nihai ürünlere dönüştürülmektedir. Sırasıyla uygulanan ısıtma ve presleme işlemleriyle termoplastik yapı erimekte ve tek adımda takviye bileşeni

ile birlikte şekil almaktadır. Tekstil takviyeli kompozitlerin performansı için matris ve takviye bileşenin homojen dağılımı çok önemlidir (Mankodi ve Patel, 2009).

Geliştirilmiş hafif yapılar genellikle termoset ve termoplastik komozitlerden üretilirler. Termoset malzemeler özel koşullarda depolanmalı ve uygulama sonrası özel fiksaj adımlarında işlem görmelidir. Termoplastik kompozitler ise sıcaklık ve düşük bir basınçla uygulanabilirliklerinden dolayı daha kolay uygulanabilmektedir. Termoset kompozit üretiminde daha çok manuel işlem söz konusu iken termoplastik kompozit üretiminde makine ve otomasyon daha yaygın kullanılmakta kısa işlem adımları sayesinde de üretimde kolaylık sağlamaktadır. Ancak termoplastik kompozit üretiminde eriyen termoplastik yapının yüksek viskoziteye sahip olması gibi bir teknik soruna sahiptir. Bu da homojen bir yapının oluşmasına engel olmaktadır. Termoplastik kompozit üretimi genel olarak polimerin eritilip direkt takviye bileşenine aktarıldığı, termoplastik yapının çözülerek veya daha düşük viskoziteli formda takviye bileşenine aktarıldığı ya da termoplastik matris ve takviye bileşenin yan yana getirilip daha sonra ısıl işlem uygulandığı olmak üzere üç farklı yöntemde gerçekleştirilmektedir. Hibrit iplik üretim metodları ise termoplastik matrisi ve takviye bileşenini yan yana getirdiği için iyi bir çözüm sunmaktadır. Bileşenler kuru halde iken farklı yöntemlerle bir araya getirilmekte daha sonra ısıl işlemler uygulanarak şekillendirilmektedir. İşlem sonucunda bileşenler homojen bir karışım oluşturmakta ve daha az işlem adımı uygulanmaktadır (Golzar ve ark, 2007).

Tekstil takviyeli termoplastik kompozitler otomotiv ve makine mühendisliği alanında yüksek yük taşıyabilen, geri dönüştürülebilir ve karmaşık yapıların seri üretimi için yüksek bir potansiyele sahiptir. Özellikle otomotiv sektöründe bu potansiyelin kullanımına yönelik araştırmalar ve geliştirmeler ortaya konmaktadır. Tüm malzeme grupları arasında tekstil takviyeli kompozit malzemeler uygulanan yüke göre malzemeye uyum sağlamak için en büyük esnekliği sunmaktadır. Bu nedenle tekstil takviyeli kompozit malzemeler birçok materyalin optimum karışımıyla oluşturulması gereken hafif karmaşık yapıların

oluşturulmasında kullanım alanı sunan malzemelerdir. Karmaşık yapılar için tekstil takviyeli termoplastik kompozitlerin geliştirilmesinde takviye ve matris bileşeni birbirleriyle temas ettirilerek işlemler gerçekleştirilir. Özellikle hibrit iplik teknolojileriyle elde edilmiş yapılar yüzey haline getirildikten sonra uygulanan işlemlerle birlikte hafif ve sağlam yapılar elde edilmektedir (Mountasir ve ark, 2013).

Hibrit iplik teknolojisi tekstil filamentleri kullanılarak elde edilen, hafif ve dayanıklı oldukları için yolcu ve ticari taşıtlarda, demiryolu taşıtlarında, tarım makinalarında ve hatta havacılık sektöründe kullanımı giderek artan termoplastik kompozitlerin daha hızlı ve daha ucuz üretimi için geliştirilmiş bir teknolojidir. Kısa akış mesafesi sağladıkları için hibrit iplik teknolojisi ile üretilmiş termoplastik kompozitler daha kısa sürede üretilebilmekte ve termoset kullanımı ile elde edilen kompozitlerde karşılaşılan kimyasal depolama süresi, uzun işlem süresi, uzun işlem adımları ve kırılganlık gibi sorunlar görülmemektedir. Teorik yaklaşımlar ve deneysel çalışmalar hafif malzemelerin elde edilebilmesi için hibrit iplik teknolojisinin kullanım potansiyeli olduğunu göstermektedir. Tekstil takviyeli termoplastik yapıların yüksek performanslı ve hafif yapıların eldesinde kullanımı birçok farklı materyal kullanılarak klasik yöntemle elde edilmiş yapılara göre avantajlar sunmaktadır (Mäder ve ark, 2007).

Kurban ve Babaarslan (2016), gerçekleştirdikleri çalışmada, tekstil takviyeli beton (TTB) üretimi için hibrit iplik tasarımı gerçekleştirmeyi hedeflemişlerdir. Beton içerisine yerleştirilecek tekstil yüzeyinin oluşturulmasında kullanılacak hibrit iplik kompozit sektöründe yaygın olarak kullanılan karıştırma (commingling) yöntemi ile üretilmiştir. Çalışmada üretim parametrelerinin iplik mekanik özellikleri üzerindeki etkisini araştırılmış ve en uygun üretim parametresi belirlenmiştir. Alkali dayanımlı cam ve polipropilen filament kullanılarak üretilen ipliklerin mukavemet özellikleri araştırılmıştır. Hibrit iplik üretimi sırasında makine hızı, hava basıncı ve besleme miktarı parametrelerinin her biri için 3 değer belirlenmiştir. Taguchi deney tasarımı yöntemi uygulanarak en az numune sayısı

üretilmiş ve en uygun üretim parametresi belirlenmiştir. Numunelere uygulanan test sonuçları Taguchi deney tasarımından elde edilen teorik sonuçlarla uyumluluk göstermiştir. Üretimi gerçekleştirilen en uygun numune, karıştırma (comminglig) yöntemi için iyi bir değer olan %10'luk mukavemet kaybı ile üretilebilmiştir.

Tekstil takviyeli betonların üretiminde yük taşımak için alkali dayanımı olan alkali dayanımlı cam filament, karbon filament gibi tekstil hammaddeleri iki veya üç boyutlu yüzey oluşturacak şekilde kullanılırlar. Güçlendirici tekstil yapıları nihai ürüne uygulanan kuvveti absorblaması için tane boyutu 2 mm'den küçük ince agregalardan üretilmiş beton içerisine yerleştirilir. Takviye bileşenin seçimi, tasarımı ve oluşturacağı yüzey şekli beton yapının kullanılacağı alana ve üretim şekline bağlıdır. Kıvrım oluşturmayan düz bağlantılı iki yönlü tekstil yüzeyleri takviye bileşeni için en yaygın kullanılan yüzey türlerinden biridir. Bu yapılar yüksek akışkanlığa sahip betonlarla oluşturulan tekstil takviyeli beton üretimi için çok uygun yapılardır. Ancak genellikle takviye bileşeni olarak kullanılan kalın filamentlerde (2400 tex ve yukarısı), merkezinde bulunan filamentler beton ile yeterli birleşme sağlayamadığı için diğer filamentlere göre yeterli katkı sağlayamayacaklardır. Bu nedenle eşit bir dağılım sağlaması için takviye amaçlı kullanılan tekstil materyalleri bir polimer içerisine yerleştirilip kullanılmakta olup genellikle termoset yapılı polimerler kullanılmaktadır (Kravaev ve ark, 2009).

Peled ve ark (2008), yaptıkları çalışmada multifilamentlerden üretilmiş çözgülü örme yapıların karakteristik özelliklerinin tekstil takviyeli beton numunelerinin çekme dayanımına ve tekstil materyali ile beton arasındaki tutunmayı nasıl etkilediği üzerine araştırmalarda bulunmuşlardır. İlmek sıklığı, filament numarası ve filament tipi gibi özelliklerin etkisi incelenmiştir. Hibrit kompozit yapıların etkisini incelemek amacıyla aramid ve polipropilenden yapılmış hibrit yapılar sadece aramid veya polipropilenden üretilmiş yapılar ile kıyaslanmıştır. Düşük filament lineer yoğunluğunun ve büyük boyutlu ilmek yapısının yapıya en verimli katkıyı sağladığı, beton ile tekstil materyalinin bağlanma gücünün arttırdığı ve betonun filament demetleri arasına yerleşebildiği,

yapılan çalışmalar sonucunda bulunmuş olup ilmek boyutunun filament numarasına göre daha etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca hibrit kompozit sistemlerin kendilerini oluşturan bileşenlerin tek kullanımına göre daha iyi mekanik özellikler gösterdiği çalışmalarda ortaya konmuştur.

Stolyarov ve ark (2015), yaptıkları çalışmada beton takviyesi için kullanılacak alkali dayanımlı cam filament ve karbon filament kullanılarak elde edilmiş çözgülü örme kumaşların çekme dayanımları arasındaki farklar incelenmiştir. Kumaş üretiminde dikey ve yatay iplikleri birleştirmek için üç farklı dikiş örgüsü (düz, kord ve trikot) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlardan iki farklı filament için de kord ve trikot dikiş örgüsü kullanımının düz dikiş örgüsü kullanımına göre daha iyi mukavemet değerleri verdiği görülmüştür.

Araz ve ark (2018), yaptıkları çalışmada liman yapılarında bazalt elyafının kullanım teknolojisini, elde edilen yararları ve ekonomik kazanımlarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada bazalt elyaf katkılı betonlar üretilmiş ve bu betonların basınç dayanımları, elastisite modülleri, yarma çekme dayanımları, kırılma enerjileri ve eğilme dayanımları hesaplanarak elyaf kullanılmayan beton ile kıyaslanmıştır. Kıyaslamalar sonucunda bazalt elyafın eğilme dayanımını, betonun sünekliliğini, enerji tutma kapasitesini ve eğilmede çekme dayanımını artırdığı görülmüştür.

Arslan (2017), çalışmasında bazalt liflerinin betonun mekanik özelliklerine ve eğilme altında kırılma parametrelerine etkilerini incelemiştir. Çalışmada 24 mm boyutunda 0,5-1-2 ve 3 kg/m^3 bazalt elyafı içeriğine sahip kirişler üretilmiş ve bu kirişlere eğilme deneyi uygulanmıştır. Numunelerin kırılma enerjileri, yük-çatlak açıklığı eğrisinden hesaplanmış ve bazalt elyafın kırılma enerjisine önemli oranda katkı sağladığı görülmüştür. Ayrıca bazalt elyaf takviyesinin betonun, basınç dayanımı ve elastisite modülü üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bazalt elyafı takviyesinin 2 kg/m^3 sonrasında yarmada ve eğilmede çekme dayanımında azalma gözlemlenmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar incelendiğinde 2 kg/m^3 lif takviyesinin en uygun miktar olduğu görülmüştür.

Liu ve ark (2018), bazalt ve alkali dayanımlı cam kumaş kullanılarak yaptıkları çalışmada sıcaklığın ve başlangıç yükleme oranlarının eğilme davranışları üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada 5x5 mm gözenek açıklığına sahip bazalt ve alkali dayanımlı cam filament kullanılarak leno dokuma yüzeyleri oluşturulmuştur. Oluşturulan yüzeylerin gramajları bazalt için 178 g/m^2, alkali dayanımlı cam filament için ise 198 g/m^2'dir. Test için 15x40x250 mm ebatlarında numuneler üretilmiştir. Tekstil yüzeyleri 4 veya 6 kat olacak şekilde iki farklı şekilde kullanılmıştır. Üretilen numunelere üç nokta eğilme dayanımı testi uygulanmıştır. Çalışmalar sonucunda 6 kat takviyeli numunelerin 4 kat takviyeli numunelere göre daha iyi eğilme dayanımı sonucu verdiği, bazalt takviyelide bu artışın daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Başlangıç yükleme oranları arttıkça eğilme dayanımı da buna paralel olarak yaklaşık oranda artış göstermiştir. Sıcaklık değişimini gözlemlemek için -50°C ile 100°C arasındaki sıcaklıklarda bekletilen numunelere eğilme dayanımı testi uygulanmış ve sıcaklık artışıyla birlikte eğilme dayanımında azalış olduğu gözlemlenmiştir.

Du ve ark (2017), bazalt filamentten üretilmiş 5x5 mm açıklığa, 220 g/m^2 gramaja sahip tekstil yüzeylerinin kullanıldığı ve çelik lifi ilavesinin yapıldığı beton ürünlerin çekme mukavemetlerini incelemişlerdir. Numuneler oluşturulurken farklı kat sayılarında tekstil yüzeyleri ve farklı ön gerilmeler kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda çekme dayanımının kullanılan tekstil yüzeyi kat sayısıyla doğrudan bağlantılı olduğu, bir ve iki kat kullanımının çekme dayanımına yeterli etkiyi yapmadığı ancak üç veya beş kat tekstil yüzeylerden gerekli dayanımın sağlandığı tespit edilmiştir. İlave olarak kat sayısı arttıkça ilk çatlak oluşumundaki dayanım ile nihai dayanım arasındaki farkın büyüdüğü görülmüştür. Ayrıca uygulanan ön gerilmedeki artışın nihai çekme dayanımına çok büyük bir katkı sağlamamasına rağmen ilk çatlak oluşumunu belirgin bir şekilde geciktirdiği görülmüştür.

Zhu ve ark (2019), polimer kaplı bazalt filamentten üretilmiş tekstil yapılarının kullanıldığı tekstil takviyeli beton yapılara cam, karbon ve çelik liflerinin etkisini incelemişlerdir. Cam ve çelik lifi kullanımında yük uygulandığında betonda oluşan çatlak sayısında artış olurken çatlak açıklığı azalmıştır. Karbon lifi kullanımında ise kayda değer bir değişme olmamıştır.

Yoo ve ark (2016), çelik lifi, kaplamalı ve kaplamasız tekstil yüzeyleri takviyesinin eğilme dayanımı üzerine etkisini araştırmak için yürüttükleri çalışmada epoksi reçine kaplı tekstil yüzeylerinin çelik lifi kullanımına göre daha iyi eğilme dayanımı ve tokluk değeri verdiğini ortaya koymuşlardır. Kullanılan tekstil yüzeyleri ham olarak kullanıldığında ise çelik lifi kullanımına göre daha düşük dayanım değeri ortaya koymuştur.

Peled ve Bentur (1998), takviyeli betonlarda teknik tekstil hammaddelerinden üretilmiş örgü kumaşların etkinliği üzerine çalışmada bulunmuşlardır. Çalışmada yüksek modüllü kevlar ve polietilen (PE) filamentler kullanılırken, düşük modüllü olarak polipropilen (PP) filament kullanılmıştır. Çalışma sonucunda düşük numaralı filament demetlerinden elde edilmiş yüksek modüllü filametlerin kullanıldığı örme kumaşların dayanıma daha fazla katkı sağladığı görülmüştür. Ayrıca filament demetlerinden elde edilmiş yapıların tek olarak kullanımının kumaş yapısı içerisinde kullanılmasından daha fazla dayanıma katkı sağladığı görülmüştür. Bunun sebebinin de kumaş formu kullanımında beton matriksin tekstil materyali ile bağlantısında daha fazla zayıf noktaların ortaya çıktığının düşünülmesidir.

Funke ve ark (2013), tekstil takviyeli beton ile cam elyaf takviyeli plastik malzemeyi birleştirerek yüksek performanslı hibrit bir materyal elde etmişlerdir. Böylece iki materyale ait olan yüksek mukavemet, dayanım, yüzey kalitesi ve fiyat avantajı tek bir hibrit materyalde birleştirilmiştir. Tekstil takviyeli beton ve cam elyaf takviyeli plastikten oluşacak kompozit için bir ara yüzey kaçınılmaz olup bunun için epoksi reçine ile işlem görmüş poliester dokusuz yüzey kullanılmıştır. Kullanılan bu yüzey iki bileşenin sürdürülebilirliğine katkı sağlamıştır. Taze

betondaki istenen işlenebilirliğin eldesi ve tekstil materyali ile beton arasındaki yapışmanın sağlanabilmesi için ince tanecikli yapılardan oluşan yüksek mukavemetli beton üretimi önem arz etmektedir. Yapılan çalışmada istenen özelliklerdeki beton için 500 kg/m^3 CEM I 52,5 R Portlant çimentosu, 180 kg/m^3 uçucu kül, 50 kg/m^3 silis dumanı, 1180 kg/m^3 (0-1mm) kuartz kumu, 180 kg/m^3 (0-0,02 mm) kuartz tozu, hacmin %0,14'ü kadar 12 mm'lik alkali dirençli cam stapel, 210 kg/m^3 su ve 25 kg/m^3 polikarboksilik eter esaslı süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Tekstil takviyesi olarak 2400 tex alkali dayanımlı cam filament kullanılmış olup bu filamentler atkı ve çözgü yönlerinde aralarında 10 mm olacak şekilde yüzey oluşturarak yerleştirilmişlerdir. Yapılan testler sonucunda 1,65 g/cm^3 yoğunluğa sahip hibrit materyal 165 MPa gibi yüksek bir eğilme dayanımı verirken, tekstil takviyeli beton 44 MPa, yüksek dayanımlı beton 15 MPa ve stapel elyaf takviyeli beton ise 12 MPa eğilme dayanımı değerleri ortaya koymuştur.

Sardar (2011), polipropilen ve kevlar kullanılarak oluşturulan hibrit iplikten elde edilen kompozit yapının özelliklerini incelemiştir. Hibrit iplik eldesi DREF-3 friksiyon tekniği ile gerçekleştirilmiş olup merkezde 462 tex Kevlar kullanılırken sargı lifi olarak da 38 mm uzunluğunda polipropilen (PP) lifi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında farklı oranlarda Kevlar/PP karışımları kullanılarak hibrit iplikler hazırlanmış ve bunlar kompozit yapılara dönüştürülerek çekme dayanımları karşılaştırılmıştır. Yapılan testler sonucunda en yüksek mukavemet değerinin %30 polipropilen kullanımında elde edildiği görülmüştür.

Yang ve ark (2019), kısa lif içeriğinin beton matrisin mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, alkaliye dayanıklı cam elyaf ve kalsiyum karbonat ile güçlendirilmiş beton matrisin basınç ve eğilme dayanımı özelliklerini test etmişlerdir. Farklı uzunluktaki liflerin ince beton tabakaların eğilme davranışı üzerindeki güçlendirilmiş etkisini incelemek için bazalt filamentten üretilmiş tekstil yüzeyi ve kısa lifler ile güçlendirilmiş beton numunelerine eğilme testleri yapılmıştır. Farklı uzunluktaki liflerle takviye edilmiş beton matrisin basınç ve eğilme dayanımının arttığı gözlemlenmiştir. Mikron boyuttaki kalsiyum karbonat

tanecikleri betonun basınç performansını önemli ölçüde artırırken alkali dayanımlı kısa cam elyafı betonun makro çatlak kontrolü üzerinde bariz etkilere sahip olduğu görülmüştür. Lif uzunluğunun beton matrisin mekanik özellikleri üzerinde belirgin etkileri vardır. Beton matrisin mekanik özellikleri lif uzunluğunun artmasıyla birlikte artmıştır. Lifsiz betonla karşılaştırıldığında, 6 mm alkali dayanıklı cam elyaflı beton matrisin basınç ve eğilme dayanımı sırasıyla %65 ve %23 oranında artarken, 12 mm alkali dayanımlı cam elyaf ile karıştırılmış beton matrisin mukavemetleri %67 ve %28 artmıştır. Filament iplikler beton numunelerde yönlü taşıma takviyesi görevi görür. Tekstil ile güçlendirilmiş beton tabakaların eğilme kapasitesi ve deforme edilebilirliği, lif takviyesinden sonra belirgin bir şekilde artmaktadır.

Rostamia ve ark (2019), beton içerisindeki alkali ortamın kullanılan lifler üzerindeki etkisini inceleyen bir araştırmada bulunmuşlardır. Çalışmada karşılaşma yapılabilmek amacıyla aynı mekanik özelliklere sahip polietilen teraftalat (PET) ve polipropilen (PP) lifler kullanılmıştır. Lif numuneleri 60°C de %10'luk NaOH (Sodyum hidroksit) çözeltisinde pH=14 olacak şekilde 1, 2 ve 4 saat bekletilmiş ve mekanik özelliklerine bakılmıştır. Yapılan testler sonucunda mukavemet değerlerinde PP'de kayda değer bir değişme yokken, PET liflerinde %4-7 arasında azalma görülmüştür. Hazırlanan liflerden oluşturulan numunelere basınç, çekme ve eğilme dayanımı testleri uygulanmış olup polipropilenli numuneler hep daha yüksek değerler vermiştir.

Tian ve Zhang (2013), hazırladıkları çalışmada kullanılan tekstil materyali ile beton arasındaki bağlantıyı incelemişlerdir. Tekstil takviyeli betonların yeni bir tür takviye elemanı olduğu ve kullanılan tekstil ürünü ile betonun bağlantısının matematiksel olarak hesaplanabildiğini belirtmişlerdir. Kullanılan betonun dayanımı, işlenebilirliği, tekstil materyallerinin reçine ile kaplanması, beton ile temas eden tekstil materyalinin uzunluğu ve tekstil materyaline uygulanan ön gerilme lif-beton bağlantısına direkt olarak etkilemekte ve bağlanmayı artırmaktadır. Ayrıca eğilme dayanımı testi sonuçlarında tekstil materyallerine

reçine uygulamasının dayanımı artırdığı görülmüştür. Kullanılan agrega boyutunun da lif-beton bağlantısını etkilediği ve 0,15-0,3 mm boyutundaki agrega kullanımının iyi bir lif-beton bağlantısı sağladığı ortaya koyulmuştur.

Brückner ve ark (2006), farklı katman sayısında tekstil yüzeyleri kullanarak kirişlerin eğilme davranışlarını ve tekstil yüzeyi-beton bağlantısını incelemişlerdir. Kirişlerdeki tekstil kullanımının eğilme dayanımını artırdığı ve kullanılan kat sayısıyla orantılı olarak dayanımın arttığı gözlemlenmiştir. Beton içerisindeki tekstil yüzeyinin uzunluğu da tekstil yüzeyi-beton bağlantısını doğru orantılı olarak etkilemektedir. Ayrıca tekstil yüzeyi üretiminde kullanılan bileşenlerin dayanımı da eğilmeye doğrudan etkilemektedir.

Krüger ve ark (2001), çalışmalarında ön gerilmeli tekstillerin ve kaplamanın beton dayanımına etkisini incelemişlerdir. Özellikle tekstil malzemelerinin ön gerilme elemanları olarak kullanılması araştırılmıştır. Tekstil materyallerinin filament halinde ön gerilmeli olarak kullanımı yeterli katkı sağlamazken, tekstil yüzeyi formunda kullanıldığında bu dezavantaj avantaja dönüşerek dayanıma katkı sağlamıştır. Tekstil materyallerinin kaplamalı olarak kullanılması ürün performansını artırmıştır. Epoksi reçine kullanımı ürün çekme dayanımında yüksek bir artışa neden olmuştur. Ayrıca epoksi reçine kaplı ürünler stiren butadien kauçuk (SBR) esaslı maddelerle kaplanmış ürünlere göre daha iyi performans göstermiştir.

Chira ve ark (2016), yürüttükleri çalışmada epoksi reçine takviyeli tekstil ürünleri ve bu ürünlerden oluşturulmuş yapıların çekme, basma ve yırtılma mukavemetlerini incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada epoksi reçineye %1-2-3 oranında nanosilika ilavesi yapılarak testler yapılmıştır. Testler sonucunda %2'lik nanosilika takviyesinin basma dayanımında %13, kesme dayanımında %68 ve çekme dayanımında da %32'lik bir artış sağladığı görülmüştür. Tekstil materyali olarak alkali dayanımı cam filament kullanılarak bir panel oluşturulmuş ve test edilmiştir. Ayrıca bu test için bir model oluşturulmuş ve tahminlemede

bulunulmuştur. Model ve deneysel sonuç birbirine yakın değerler vermiş olup nano silika takviyesinin panel eğilme dayanımına %21 katkı sağladığı görülmüştür.

Lv ve ark (2012), epoksi reçine kaplı tekstil yüzeylerin beton içerisindeki kullanımını araştırmışlardır. Alkali dayanımlı cam filament ve karbon filament kullanılarak üretilen tekstil yüzeyleri epoksi reçine ile kaplanmıştır. Yapılan testler sonucunda kaplama prosesinin beton performansını artırdığı görülmüş olup çelik takviyeli kullanıma alternatif oluşturabileceği ortaya konulmuştur. Ancak kaplama sonrası tekstil yüzeyinin çok pürüzsüz olduğu ve bunun da tekstil yüzeyi-beton bağlantısını azalttığı, bu nedenle yüzeyin modifiye edilmesi gerektiği ortaya konulmuştur.

Koeckritz ve ark (2010), kaplamanın tekstil takviyeli betonlardaki etkisini incelemişlerdir. Bunun için 2400 tex alkali dayanımlı cam filament ve 800 tex karbon filamentten oluşturulmuş tekstil yüzeyleri kaplamasız ve stiren butadien kauçuk (SBR) esaslı maddelerle kaplanarak kullanılmıştır. Bu yapılar 2, 3 ve 4 katlı olarak kullanılmıştır. Kaplama kullanımı ve kullanılan tekstil yüzeyinin kat sayısı numunenin yük taşıma kapasitesini doğrudan artırmıştır. Karbon filament kullanılan yüzeyler alkali dayanımlı filament kullanılan yüzeylere göre daha yüksek yük taşıma kapasitesi sağlamıştır.

Younes ve ark (2014), yaptıkları çalışmada yüksek sıcaklık altında tekstil takviyeli beton üretiminde kullanılan yapıların dayanımlarını incelemişlerdir. Çalışma kapsamında 640 tex alkali dayanımlı cam filament ve 800 tex karbon filament kullaılmıştır. Bu filamentlerin, ham veya stiren butadien kauçuk (SBR) kaplı olarak 20-600°C arasında çekme gerilmelerine bakılmıştır. 20°C'de kaplamalı filamentler karbon filamet için %95, alkali dayanımlı cam filament için %80 dayanım artışı sağlamıştır. 300°C'de kaplamalı filamentler karbon filamet için %65, alkali dayanımlı cam filament için %70 dayanım artışı sağlamıştır. 400°C'de kaplamalı filamentler karbon filamet için %40, alkali dayanımlı cam filament için %30 dayanım artışı sağlamıştır. 500°C'de kaplamalı ve kaplamasız numuneler arasında belirgin bir fark olmayıp, karbon filament kullanımında başlangıçtaki

dayanım elde edilirken, alkali dayanımlı cam filament kullanımında ise başlangıçtaki dayanımın dörtte birine düşülmüştür. 600°C'de karbon filament kullanımında %40 dayanım kaybı olurken, alkali dayanımlı cam filament kullanımında başlangıçtaki dayanımın altıda birine düşmüştür.

Zhou ve Xiang (2011), geri dönüşüm lif takviyesinin beton basınç dayanımı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada polipropilen (PP) elyaf ve halı ipliklerinden elde edilen geri dönüşüm elyafı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elyaf takviyesi sonucunda numunelerin basınç dayanımı takviyesiz betona göre hep daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca %0,14 oranında elyaf kullanımı durumunda geri dönüşüm elyaf kullanılan numuneler polipropilen (PP) kullanılan numunelere göre daha iyi basınç değeri vermiştir. Bu durum da elyafın tam olarak homojen bir şekilde karışmaması ve polipropilen (PP) elyaf kullanımında yoğunluğun biraz daha azalarak dayanımı düşürmesi olarak açıklanmıştır.

Kompozitler için üretilmiş olan saç örgü tekniği ile elde edilmiş tekstil yapıları iki ve üç boyutlu olarak üretilebilmektedir. Üç boyutlu saç örgü tekniği kompozit sektöründe dayanım bakımından önem arz etmektedir. Örneğin reçine ile işlem görmüş yapıların, hava ve otomotiv sanayisinde birçok uygulama alanına sahiptir (Horrocks ve Anand, 2000).

Khondker ve ark (2006), çalışmalarında saç örgü ipliğinden üretilmiş termoplastik kompozit yapıların mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Saç örgü ipliği oluşturmak için merkezde jüt ipliği kullanılırken örgüyü oluşturacak matris için PLA ve PP elyafı kullanılmıştır. İplikler üretildikten sonra bir plakaya sarılmış ve basınç altında ısıl işleme maruz bırakılarak termoplastik yapının eriyip jüt ipliğinin kaplanması sağlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda 175°C sıcaklık ve 2,7 MPa basınç değerinin en uygun parametreler olduğu görülmüştür. Elde edilen numunelere çekme dayanımı ve eğilme dayanımı testi uygulanmıştır. Matris olarak PLA kullanılan numunelerde çekme ve eğilme dayanımı sonuçları zıt bir eğilim göstermiştir. %77,5 matris içeriğinde eğilme dayanımı en yüksek değeri verirken, %68 matris içeriğinde çekme dayanımı en yüksek değeri vermektedir.

Matris olarak PP kullanılan numunelerde ise %80 matris içeriği çekme ve eğilme dayanımı için en yüksek değeri vermiştir.

Sakaguchi ve ark (2000), mikro saç örgü tekniği ile üretilmiş termoplastik kompozit yapıların mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada merkez bileşen olarak cam filament kullanılırken matris bileşen olarak PA 6 filamenti kullanılmıştır. Numune oluşturulurken beş adet cam filament kullanılmış ve bunlar çeşitli şekillerde konumlandırılmışlardır. Numuneler oluşturulduktan sonra basınç altında ısıl işlem uygulanmış ve eğilme dayanımlarına bakılmıştır. Cam filamentler iplik içerisinde dağıtılarak kullanıldığında erimiş termoplastik matrisin kat edeceği mesafe azalmıştır. Cam filamentler birlikte merkezde kullanıldığında termoplastik matrisin yol alacağı mesafe 0,4 mm iken cam filamentlerin ayrı ayrı kullanılması durumunda bu mesafe 0,16 mm'ye düşmektedir. Ayrıca bu numunelerin eğilme dayanımı değeri cam filamentlerin birlikte merkezde kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımından daha yüksek çıkmaktadır.

Kurban ve Babaarslan (2017), yürüttükleri çalışmada, tekstil takviyeli beton (TTB) üretimi için öncelikle saç örgü tekniği yardımıyla alkali dayanımlı cam filament ve polipropilen filament kullanılarak hibrit iplik tasarımı gerçekleştirmiş ve bu ipliklere presli/pressiz ısıl işlem uygulanarak termoplastik yapının eritilmesini sağlamışlardır. Uygun eritme prosesi belirlendikten sonra, ısıl işlem uygulanan iplikler beton içerisinde yerleştirilerek çeşitli TTB numuneleri elde edilmiştir. Kıyaslama yapmak amacıyla da alkali dayanımlı cam filament ve epoksi reçine ile kaplanmış alkali dayanımlı cam filamentlerin kullanıldığı TTB numune setleri de üretilmiştir. Üretilen numunelere son kullanım aşamasında eğilme yönünde daha fazla kuvvet uygulanacağı için eğilme dayanım testleri uygulanmış ve takviyesiz numuneler ile kıyaslaması yapılmıştır. Sonuç olarak alkali dayanımlı cam filament tek başına takviye malzemesi olarak kullanıldığında eğilme dayanımına %38,60'lık bir katkı sağlarken, aynı filamentin epoksi ile kaplanmasıyla elde edilen materyalin kullanılmasıyla katkının %171,68 gibi yüksek bir düzeye ulaştığı görülmüştür. Üretilen hibrit ipliklerden presli ısıl işlem

görenler %80,38'lik, pressiz ısıl işlem görenler ise %68,6'lik bir katkı sağlamıştır. Dolayısıyla ısıl işlemin presli uygulanmasının daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Kurban ve ark (2017), yürüttükleri çalışmada tekstil takviyeli beton üretimi için farklı materyallerin, kaplama işleminin ve saç örgü tekniğinin kullanımının eğilme dayanımındaki etkisini incelemişlerdir. Ham madde olarak alkali dayanımlı cam filament ve karbon filament kullanılmıştır. Bu filamentler ayrıca epoksi reçine ile kaplanarak da kullanılmıştır. Saç örgü tekniği ile üretilmiş numunelerin etkisini belirlemek amacıyla merkezde takviye bileşeni olarak alkali dayanımlı cam filament sargıda ise matris olarak polipropilen filament kullanılmıştır. Üretilen hibrit iplik daha sonra ısıl işlem ile muamele edilerek termoplastik yapının erimesi sağlanmıştır. Hazırlanan numuneler beton içerisine yerleştirilmiş ve bu numunelere eğilme dayanımı uygulanmıştır. Deneyler sonucunda karbon filamentin alkali dayanımlı cam filamente göre daha iyi eğilme dayanımı değeri vermiştir. Epoksi reçinenin kullanımı alkali dayanımlı cam filamentli numunelerde %75, karbon filamentli numunelerde %65 katkı sağlamıştır. Hibrit iplik kullanımı ise filamentin tek başına kullanımına göre %10 dayanım artışı sağlamıştır.

2.3. Tekstil Takviyeli Beton Yapılara Yönelik Gerçekleştirilen Literatür

Bugünün zorlukları iklim değişikliği, kentleşme ve demografik değişikliklerdir. İnşaat endüstrisi de bu konular için teknik ve ekonomik bir öneme sahiptir. İnşaat sektöründe çok yönlülük nedeniyle yapısal beton ana uygulanan malzemedir. Beton eldesi için gerekli olan çimento üretimi önemli ölçüde CO_2 salınımına neden olmaktadır. Bu nedenle yeni teknolojiler ve planlama yöntemleri bunun yanında üretim ve geri dönüşüm teknikleri hızla değişen dünyada karbon ayak izini azaltmak için kullanılmaktadır. Tekstil takviyeli beton gibi yüksek performanslı malzemelerin yeni yapılarla ve yöntemlerle kullanılması ve kavramsal tasarımlar oluşturulması CO_2 salınımını önemli ölçüde azaltabilir. Kullanılan malzemelerin teknik özellikleri ürünün kullanım alanını genişletmekte

ve çeşitli tasarım imkanları sunmaktadır. Ayrıca malzemenin avantajlı özellikleri gelecekte tasarlanması ve üretilmesi düşünülen yapılar için geniş bir çalışma alanı sunmaktadır (Hegger ve ark, 2017).

Sharei ve ark (2017), tekstil takviyeli betonların farklı geometrik şekillere sahip yapılardaki kullanımı üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Aynı düzlemde olmayan yapılar için model geliştirilmiş ve bu model sayesinde yapı üzerine uygulanan yük ve oluşan gerilimlerin tahminlenmesi gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan model kullanılarak bisiklet parkında çatı amaçlı kullanılacak bir yapı tasarlanıp üretilmiştir. Üretilen yapıya testler uygulanmış elde edilen sonuçların simülasyon değerleriyle yakınlık gösterdiği görülmüştür.

Gelbrich ve ark (2018), büyük boyutlu, tek veya çift kavisli yapıların üretimi için yapıcı ve teknolojik bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Cam filament takviyeli çok katmanlı esnek plastik kalıplar kullanılarak istenilen kıvrımda tekstil yüzeyleri tasarlanmış, hesaplanmış ve üretilmiştir. Geliştirilip üretilen bu yapılar yüksek eğilme dayanımına sahiptir. Çalışma kapsamında kullanılan sayısal modelleme sayesinde yeni mimari ve bina yapılarına uygun şekillerde, dayanıklı ve hafif yapıların elde edilmesi gerçekleştirilmiştir.

Augenti ve ark (2013), Mayıs 2012'de İtalya'nın kuzeyinde bulunan Emilia Romagna bölgesinde meydana gelen 6,1 büyüklüğündeki deprem sonrasında konutlarda, tarihi ve endüstriyel binalarda meydana gelen hasarı tanımlamak ve bu hasarların giderilmesi için mevcut olan teknolojileri incelemek amacıyla bir çalışmada bulunmuşlardır. Yapılan incelemeler sonucunda bölgenin sismik yapısına uygun olmayan modern binaların ve aşırı ağırlığa sahip tarihi binaların olduğu görülmüştür. Yapıların çoğu ancak yerçekimine karşı gerekli olan dayanıma göre yapılmış rüzgar ve deprem gibi ortaya çıkabilecek etkiler göz ardı edilmiştir. Modern yapılarda özellikle takviyeli betonlarla yapılan prefabrik üretimlerde de büyük hasarlar meydana gelmiş ve ekonomik olarak büyük kayıplara neden olmuştur. Bu yapılar incelendiğinde bağlantı noktalarının gerektiği gibi yapılmadığı ve parçaların çok büyük kütlelere sahip olması nedeniyle binaya

aşırı yük uyguladığı görülmüştür. Deprem sonrası yenileme ve güçlendirme çalışmalarında ise tekstil tabanlı bileşenler kullanılarak hasarların giderilmesi sağlanmıştır.

Ajdukiewicz ve ark (2012), çeşitli yapıların güçlendirilmesi ve yeni kavramların oluşturulmasındaki tekstil takviyeli beton uygulamalarını incelemişlerdir. İnceleme yapılan ilk yapı Almanya'nın Zwickau kentinde bulunan 1903 yapımı tarihi bir kubbe olmuştur. Kavisli yapının güçlendirilmesi için en uygun yapının tekstil takviyeli beton olduğu belirlenmiş ve uygulanmıştır. Yapının iç kısmına iki kat, dış kısmına üç kat olacak şekilde karbon filamentten üretilmiş tekstil yüzeyleri yerleştirilmiştir. Her tekstil katmanı arasına 3 mm kalınlığındaki beton, sprey yardımıyla püskürtülerek yerleştirilmiştir. Bu şekilde tarihi yapıyı koruyacak ve toplam 1,5 cm kalınlığında beton kullanıldığı için de çatı kısmına aşırı yük bindirmeyecek bir çözüm yöntemi uygulanmıştır. İnceleme yapılan ikinci bina Almanya'da bulunan 1960'lı yıllarda yapılmış bir üniversite binasının çatı bölümüdür. Çatı parabolik bir yapıya sahip olup 28x28 m^2 alana sahip olup kalınlığı 8 cm civarındadır. Bu yapının güçlendirilmesi için üç katman karbon filamentten yapılmış tekstil yüzeyi kullanılmış ve aralarına ince tanecikli yapıya sahip beton püskürtülmüştür. Toplamda 15 mm'lik kalınlığa sahip bir yüzey oluşturularak yapının güçlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. İnceleme yapılan son yapısı ise ilk ikisinden farklı olarak bir güçlendirme ve yenileme çalışması olmayıp tamamen yenilikçi bir yapıdır. Almanya'nın Oscatz kasabasında Dresden Teknik Üniversitesi çalışanlarınca gerçekleştirilen bu yapı tekstil takviyeli beton uygulamasının bir örneği olan yaya köprüsüdür. 2,5mm genişliğinde ve 8,6 m uzunluğunda olan bu köprü 0,9 m genişliğinde olan 3 cm kalınlığında "U" formundaki 10 adet parçanın birleşmesiyle oluşturulmuştur. Parçaların birleştirilmesi için çelik profiller kullanılmıştır. Köprünün toplam ağırlığı 5 ton olup benzer şekildeki takviyeli betonlardan elde edilmiş bir köprüye göre 5 kat daha hafif olup taşıma kapasitesi 3 kat daha fazladır.

Rampini ve ark (2018), deprem bölgesinde olması nedeniyle tekstil takviyeli betonların İtalya'daki kullanımı üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında leno dokuma yapısında AR-Glass filament kullanılmış olup bunların epoksi ve stiren-bütadien reçineli kaplanmış halleri kullanılmıştır. Çalışmalar sonucunda tekstil takviyeli betonların restorasyon ve güçlendirme çalışmalarında kullanımın bir çözüm olarak değerlendirilebileceği ortaya çıkmıştır.

Hegger ve ark (2011), sandviç panelleri üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. Son dönemlerde çelik takviyeli sandviç panellerin ağırlıklarının çok fazla olması ve içerisinde kullanılan çeliğin korozyon riski nedeniyle daha az ilgi gördüğü belirtilmiştir. Çelik yerine yüksek çekme dayanımına sahip ve korozyon tehlikesi olmayan teknik tekstil ürünlerinin kullanılmasıyla daha hafif ve daha uzun ömürlü yapılar üretildiği ortaya konulmuştur. Çelik takviyeli sandviç panellerde yapının %70-75'ini beton ağırlığı oluştururken, tekstil takviyeli betonlardan elde edilen sandviç panellerde bu oran %25-30 civarındadır.

Williams Portal (2013), gerçekleştirdiği tez çalışmasında tekstil takviyeli betonlardan üretilmiş sandviç panellerin eğilme davranışlarını ve sürdürülebilirliğini araştırmıştır. Çelik takviyeli beton üretiminde korozyondan dolayı çeliğin 30-75 mm kalınlığında beton tabakası ile kaplanması gerektiğinden bu tarz bir üretimin çevreye verdiği zarar ortaya koyulmuştur. Korozyona dayanıklı olan tekstil materyallerinin kullanımıyla oluşturulan beton yapılar için %85 daha az beton kullanımı gerçekleştirilmektedir. Çalışma kapsamında üç tip sandviç panel oluşturulmuştur. Bu panellerin merkezinde 140 mm genişliğinde izolasyon malzemesi kullanılmıştır. Birinci panel 70 mm kalınlığında takviyesiz dış yüzey ve 140 mm kalınlığında çelik takviyeli iç yüzeyden oluşmuştur. İkinci panel 30 mm kalınlığında bazalt ve alkali dayanımlı cam filament takviyeli dış yüzey ve 140 mm kalınlığında çelik takviyeli iç yüzeyden oluşmuştur. Üçüncü panel ise 30 mm kalınlığında bazalt ve alkali dayanımlı cam filament takviyeli iç ve dış yüzeyden oluşmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda üçüncü panelin gerekli mukavemeti

sağladığı, diğer panellere göre üretiminde daha az enerji tüketimine ve CO_2 salınımına neden olduğunu göstermiştir.

Dey ve ark (2015), yürüttükleri çalışmada tekstil takviyeli betonların kullanıldığı sandviç yapıların davranışlarını incelemişlerdir. Klasik sandviç panellerin yapımında merkezde polistiren köpük ve dış yüzeylerde çelik takviyeli beton kullanılırken bu çalışmada sandviç yapılar oluşturulurken merkez kısımda hafiflik ve iyi bir ısı izolasyonu sağlaması amacıyla gaz beton kullanılırken dış yüzeyler için alkali dayanımlı cam filament kullanılarak oluşturulmuş yüzeylerden 6 veya 8 kat kullanılarak takviyelendirilen betonlar kullanılmıştır. Üretilen numunelere üç nokta eğilme testi uygulanmış ve deney sonuçlarından tekstil takviyesinin yapının yük taşıma, basma, eğilme ve enerji absorblama kapasitesini artırdığı görülmüştür.

Shams ve ark (2014a), yürüttükleri çalışmada tekstil takviyeli betonlardan üretilen sandviç panellerdeki bağlantı elemanlarını incelemişlerdir. Testler sonucunda merkezde kullanılan izolasyon malzemesi ile beton arasındaki yeterli bir bağlantının sağlanmasının hiçbir ürün kullanılmadan gerçekleştirilmesinin zor olduğu ortaya konulmuştur. Uygun bağlantı elemanlarının da ekonomik ve dayanıklı olması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Yük altında yapıda değişmeler ve kaymalar meydana geleceği için bağlantı elemanlarının özellikleri önem arz etmektedir. Çalışmada karbon filamentten üretilmiş epoksi takviyeli kontinü bağlantı elemanları kesme gerilmelerini azaltmıştır. Elde edilen veriler bağlantı elemanları üzerindeki çalışmaların günümüzde ve gelecekte de başlıca çalışma konularından biri olacağını göstermektedir.

Hawkins ve ark (2019), çok katlı binalarda alternatif yer döşemeleri hakkında çalışmalarda bulunmuşlardır. Bu amaçla tekstil materyallerinden yararlanılarak farklı şekillerde yer döşemeleri elde etmişlerdir. Kullanılacak beton karışımı için köpüklü beton gibi düşük yoğunluklu bir karışım tercih edilmiştir. Bu şekilde normal üretime göre yarı yarıya toplam ağırlıkta bir azalma meydana gelmiştir. Çalışmalarda 18 mm kalınlığında ve 2 m uzunluğunda istenen farklı

şekillerde yer döşemeleri elde edilmiştir. Numunelere uygulana eğilme dayanımı testi sonucunda alkali dayanımlı cam filamentten elde edilen tekstil yüzeyi kullanımının yapıya gerekli dayanımı sağladığı ve köpüklü beton kullanımı ile bu dayanımın yarı ağırlıkla sağlandığı görülmüştür.

Bahrar ve ark (2018), dış yüzey kaplaması olarak kullanılan yapıların enerji verimliliği üzerine odaklanmışlardır. Ürettikleri tekstil takviyeli beton yapılar içerisinde %20'ye kadar faz değiştirici maddeler (PCM) ekleyerek yapıların enerji verimliliğini artırmayı hedeflemişlerdir. Elde edile sonuçlar faz değiştirici maddelerin enerji depolama kapasitesini artırdığını, bu artışın da kullanılan madde miktarıyla doğru orantılı olduğunu göstermiştir.

1960'lı yılların başından itibaren geniş çapta yürütülen çalışmalar ve gerçekleştirilen geliştirmelerle elyaf takviyesi yapı sektöründe kullanılmaya başlanmış olup farklı alanlarda pratik uygulamalara imkân sunmuştur. Tekstil takviyeli betonların tasarım imkanı sunması nedeniyle uygulama alanları daha da artmakta sonucunda da multifonksiyonel betona olan talep artmaktadır. Olumlu özellikleri sayesinde karbon filamentlerin beton içerisinde takviye elemanı olarak kullanımı hassas tasarım gerektiren yapıların oluşturulmasını ve ince yapıların elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Karbon elyafı korozyona karşı dayanıklı olduğu için klasik beton üretimindeki kullanım gibi takviye elemanının beton ile kaplanmasına gerek yoktur. Bu da çelik takviyeli betonlara göre beton kalınlığının %10-15'lere düşmesini sağlamaktadır. Mimarideki bu sağlamlık ve tasarım çeşitliliği tekstil takviyeli betonların iç ve dış mekanlarda banklar ve sandalyeler gibi mobilya olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Betonun yüksek ısıl iletkenliği nedeniyle dış ortamda kullanılan beton mobilyalarda soğuk havada oturmak mümkün olmamaktadır. Konforlu bir kullanım için bu sandalye veya bankların ısıtılması gerekmektedir. Bu ürünlerin üretiminde takviye bileşeni olarak kullanılacak karbonun iletkenliğinden yararlanılarak ürünlerin konfor özelliklerini geliştirmek mümkün olmaktadır (Hasan ve ark, 2014).

Goldfeld ve ark (2017), hibrit tekstillerle takviyelendirilmiş betonlar üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır. Çalışmada takviye amaçlı içerisinde karbon filament bulunan alkali dayanımlı cam filamentten üretilmiş tekstil yüzeyi kullanılmıştır. Karbon filamentin kullanım nedeni güçlendirici özelliği yanında iletken özelliğe sahip olmasıdır. Karbon filamentlere bağlanarak kurulan devreler yardımıyla beton içerisindeki gerilim, direnç değişimi ile tespit edilmiştir. Bu şekilde devrelerden ölçülen gerilim ile numunelerde meydana gelen çatlaklar arasında bağlantı kurularak numuneler üzerinde meydana gelen değişimler kontrol altına alınmıştır.

Zhan ve ark (2019), hazırladıkları çalışmada bakteri teknolojisinin betona dahil edilmesinin birçok araştırmacının dikkatini çektiğini belirtmişlerdir. Son dönemlerde yapılan çalışmaların çoğu betonda çatlakların kendi kendini iyileştirmeye odaklanmasına rağmen aynı zamanda böyle bir iyileşmenin bazen betonun mekanik özelliklerini önemli ölçüde değiştirdiğini gözlemlemiştir. Bakteri teknolojisinden de faydalanılarak üretilen lif takviyeli betonlarda malzeme performansının değerlendirildiği çok az çalışma vardır. Çalışmada bakteriler çimentolu kompozitlere dahil edilmiş ve mekanik özellikleri sistematik olarak incelenmiştir. Bakterili numunelerin hem basınç hem de gerilme mukavemetini artırdığı ve yüksek aktiviteli bakterilerin daha belirgin etki göstermiş oldukları görülmüştür. Ayrıca bakteri ilavesine bağlı olarak daha küçük çatlak genişliği gözlemlenmiştir. Mikro ölçek düzeyinde, bakteri içeren matrisin kırılma tokluğu kontrol karışımından daha yüksek çıkmıştır. Ek olarak, daha düşük kimyasal bağ ile bakterili beton numunelerinde matris-lif ara yüz özellikleri değiştirildi ve daha yüksek sürtünme dayanımı sağlanmıştır. Mikro ölçekteki bulgular da kompozit performanstaki değişimi açıklamaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada kompozit bir malzeme olan tekstil takviyeli beton üretimi gerçekleştirilmiştir. Ürün eldesinde matris materyali olarak beton kullanılırken takviye bileşeni olarak farklı tekstil yapıları kullanılmıştır.

3.1.1. Matris Materyali (Beton)

Matris materyali olarak kullanılacak beton karışımı belirlenirken tekstil yapılarını kullanabileceğimiz akışkanlığa ve istenen dayanıma sahip özellikte olmasına dikkat edilmiştir. Beton karışımında kullanılacak olan materyallerin ve oranlarının belirlenmesinde daha önce RWTH Aachen Üniversitesi'nde gerçekleştirilen çalışmalardan yararlanılmış ayrıca Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin Mersin tesislerinde bulunan Ar-Ge laboratuvarı çalışanlarından destek alınmış ve numune üretimleri burada gerçekleştirilmiştir. Beton karışımın hazırlanmasında kullanılan bileşenlere ait bilgiler aşağıda sırasıyla özetlenmiştir.

3.1.1.1. Çimento

Tez çalışmasında beton üretiminde Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den temin edilen CEM I 42,5 R gri Portland çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentoya ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan çimentonun fiziksel analiz sonuçları

Özellik	**Değer**
Özgül ağırlık (g/cm^3)	3,11
Blaine özgül yüzey (cm^2/g)	3400
Basınç dayanımı (MPa) 7 günlük	41
Basınç dayanımı (MPa) 28 günlük	50

Çizelge 3.2. Kullanılan çimentonun kimyasal analiz sonuçları

Bileşen	**Değer**
SiO_2 (%)	19,4
Al_2O_3 (%)	5,1
Fe_2O_3 (%)	2,6
CaO (%)	62,9
MgO (%)	2,4
SO_3 (%)	3,3
K_2O (%)	0,9
Na_2O (%)	0,3
Kızdırma kaybı (%)	2,5

3.1.1.2. Uçucu Kül

Beton karışımın hazırlanmasında akışkanlığı ve işlenebilirliği artırmak için kullanılan uçucu kül Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından İsken Termik Santral'den temin edilmiştir. Uçucu küle ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kullanılan uçucu külün fiziksel analiz sonuçları

Özellik	**Değer**
Özgül ağırlık (g/cm^3)	2,28
Blaine özgül yüzey (cm^2/g)	4510
Aktivite indeksi, 28 günlük (%)	79,2
Aktivite indeksi, 90 günlük (%)	89,7

Çizelge 3.4. Kullanılan uçucu külün kimyasal analiz sonuçları

Bileşen	**Değer**
SiO_2 (%)	61,5
Al_2O_3 (%)	22,3
Fe_2O_3 (%)	6,9

Çizelge 3.4. Kullanılan uçucu külün kimyasal analiz sonuçları (devamı)

Bileşen	**Değer**
CaO (%)	1,9
MgO (%)	1,7
SO_3 (%)	0,4
K_2O (%)	1,4
Na_2O (%)	1,4
Kızdırma kaybı (%)	3,3
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$ (%)	90,7

3.1.1.3. Agregalar

Beton karışımının hazırlanmasında agrega olarak iki farklı tip silis kumu kullanılmış ve bunlar Kozan Karser Madencilik'ten temin edilmiştir. Kullanılan agregalardan tane boyutu 0-300 µ olanın özgül ağırlığı 2630 kg/m^3 iken tane boyutu 200-500 µ olanın özgül ağırlığı 2620 kg/m^3'dür. Agregalara ait teknik bilgiler Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Üretimde kullanılan agregaların elek analizi

AGREGA GRADASYON HESAPLAMASI							
ELEK	ELEKTEN GEÇEN MALZEME (%)						KARIŞIM
(mm)	Kırma Kum 1	Kırma Kum 2	1 No'lu Agr.	2 No'lu Agr.	0-0,3 Silis Kumu	,2-0,5 Silis Kum	
31,5					100	100	100
22,4					100	100	100
16					100	100	100
11,2					100	100	100
8					100	100	100
5,6					100	100	100
4					100	100	100
2					100	100	100
1					100	100	100
0,5					100	93	97
0,25					80	34	60
0,125					32	8	21
0,063					6	2	4
İncelik Modülü	8,00	8,00	8,00	8,00	0,20	0,73	0,44
Miktar (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	56,0	44,0	100,0

3.1.1.4. Kimyasal Katkı

Beton karışımının hazırlanmasında işlenebilirliği artırmak ve su/çimento oranını azaltmak için BASF firmasının polikarboksilik eter esaslı MasterGlenium® RMC 303 süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır. Süper akışkanlaştırıcı katkı maddesinin teknik özellikleri Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Süper akışkanlaştırıcı katkının teknik özellikleri (BASF, 2015)

Malzemenin yapısı	Polikarboksilik eter esaslı
Görünüm	Yeşil - sıvı
Özgül ağırlık (20°C'de)	1-1,1 kg/l
pH değeri	5-8
Alkali içeriği (%)	≤3.00 (Kütlece)
Klor iyon içeriği (%)	≤0.10 (Kütlece)
Korozyon davranışı	Sadece EN 934-1:2008, EK A.1 standardına uygun bileşenleri içerir
Tehlikeli maddeler	Tamamen Ek-AZ'ye uygundur

3.1.1.5. Beton Karışımının Belirlenmesi

Beton karışımın belirlenmesinde daha önce yürütülen çalışmalar esas alınmış ve Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin Mersin'de bulunan Ar-Ge Laboratuvarı ekibi gerekli çalışmaları yürütmüştür.

Öncelikli olarak hazırlanacak beton karışımının tekstil takviyeli beton tanımlamasına uygun olabilmesi (dayanım, yüzey görünümü, v.b.) ve işlenebilirliğinin iyi olması için küçük agrega boyutlarına ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla Kozan'da bulunan Karser Madencilik'ten maksimum tane boyutu 300 µ ve tane boyutu 200-500 µ olan iki farklı agrega temin edilmiştir. Daha sonra bu iki tip agregaya beton harcındaki kullanım oranlarının belirlenebilmesi için TS EN 1097-6' ya göre yoğunluk ve su emme testleri uygulanmıştır. Testler sonucunda agregalardan maksimum tane boyutu 300 µ olan agreganın özgül ağırlığı 2630 kg/m^3 ve su emme kapasitesi %0,72, tane boyutu 200-500 µ olan agreganın özgül ağırlığı 2620 kg/m^3 ve su emmesi kapasitesi %0,7 olarak hesaplanmıştır.

Agregalar için gerekli testler yapıldıktan sonra istenen özelliklerde ve uygun maliyette üretim gerçekleştirebilmek için beton harcında kullanılacak diğer bileşenlerin belirlenmesine geçilmiştir. Öncelikle istenen dayanımın sağlanabilmesi için çimento olarak CEM I 42,5 R gri Portland çimentosu kullanılmasına karar verilmiştir. Bağlayıcı olarak çimentonun yanında uçucu kül kullanılarak çimento kullanımı azaltılmış ve beton harcı maliyetinin düşürülmesi hedeflenmiştir. Yüksek dayanımlı beton eldesi ve işlenebilirliğe katkı sağlamasından ötürü beton harcı içerisinde süper akışkanlaştırıcı da kullanılmıştır. Kullanılan malzemelere uygun olmasından ötürü BASF firmasının polikarboksilik eter esaslı MasterGlenium® RMC 303 süper akışkanlaştırıcısı katkı maddesi olarak kullanılmıştır.

Beton harcında kullanılacak bileşenler belirlendikten sonra beton harcı içerisindeki kullanım miktarlarının belirlenmesi için bazı denemeler gerçekleştirilmiştir. Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin Mersin'de bulunan Ar-Ge Laboratuvarı ekibi tarafından yürütülen çalışmalarda hedef; istenen dayanıma, kendinden yerleşmeye ve harç homojenliğine ulaşmaktır. Hazırlanan

harçların öncelikle homojen olması ve su kusma olarak adlandırılan suyun harç yüzeyine çıkması probleminin olmaması istenmektedir. Daha sonra hazırlanan harca TS EN 12350-5'e uygun olarak yayılma deneyi uygulanmıştır. En son olarak hazırlanan harçtan 150x150x150 mm küp numuneler alınarak kuruma sonrasında 28 gün kürlenmekte ve gerekli dayanımı sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek amacıyla TS EN 12390-3'e uygun olarak küp basınç dayanımı testi uygulanmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda istenen homojeniteyi, yayılmayı, dayanım değerini veren ve ekonomik beton harcı reçetesi belirlenmiş ve Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Beton harcı karışımı

Harç bileşeni	**Miktar (kg/m^3)**
CEM I 42,5 R	480
Uçucu kül	240
Silis kumu 1 (0-300 µ)	642,3
Silis kumu 2 (200-500 µ)	502,8
Süper akışkanlaştırıcı	10,8
Su	284,1
Toplam	2160

3.1.2. Takviye Bileşeni

Takviye bileşeni olarak tekstil takviyeli beton üretiminde yaygın olarak kullanıldığı ve tez çalışması kapsamında maliyet-performans bilgisi sağlaması açısından alkali dayanımlı cam (AR-Glass) filament, karbon filament ve bazalt filament seçilmiştir. Bu üç temel filament ham olarak, epoksi takviyeli ve hibrit iplik formunda kullanılmıştır.

3.1.2.1. Alkali Dayanımlı Cam (AR-Glass) Filament

Cam filament olarak kompozit ve inşaat sektöründe yaygın olarak tercih edilen Owens Corning firmasına ait Cem-FIL® 5325 kodlu 2400 tex lineer yoğunluğa sahip alkaliye dayanımlı cam filament kullanılmıştır. Kullanılan filamentin yetkili firma tarafından yayınlanan teknik özellikleri Çizelge 3.8' de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Alkali dayanımlı cam filament teknik özellikleri

Lineer yoğunluk	2400 tex
Yoğunluk	2,68 g/cm^3
Kimyasal dayanım	Çok yüksek
Elastisite modülü	72 GPa
Çekme dayanımı	1700 MPa

3.1.2.2. Bazalt Filament

İkinci takviye bileşeni olarak bazalt filamenti kullanılmıştır. Spinteks Tekstil İnşaat Sanayi ve Tic. A.Ş. tarafından temin edilen bazalt filament 2400 tex lineer yoğunluğa sahiptir. Kullanılan filamentin yetkili firma tarafından yayınlanan teknik özellikleri Çizelge 3.9' da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Bazalt filament teknik özellikleri

Lineer yoğunluk	2400 tex
Yoğunluk	2,75 g/cm^3
Kimyasal dayanım	Çok yüksek
Elastisite modülü	89 GPa
Çekme dayanımı	2800 MPa

3.1.2.3. Karbon Filament

Üçüncü takviye bileşeni olarak karbon filamenti kullanılmıştır. DowAksa tarafından temin edilen karbon filament 1600 tex lineer yoğunluğa sahiptir.

Kullanılan filamentin yetkili firma tarafından yayınlanan teknik özellikleri Çizelge 3.10' da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Karbon filament teknik özellikleri

Lineer yoğunluk	1600 tex
Yoğunluk	1,78 g/cm^3
Kimyasal dayanım	Çok yüksek
Elastisite modülü	240 GPa
Çekme dayanımı	4200 MPa

3.1.2.4. Epoksi Reçine

Takviye bileşeni olarak kullanılan alkali dayanımlı cam, bazalt ve karbon filamentlerin çekme mukavemetlerini ve alkali dayanımlarını bir kat daha artırmak adına kompozit uygulamalarında yaygın olarak kullanılan epoksi kullanılması kararlaştırılmıştır. Epoksi kullanımıyla birlikte maliyet artışının yanında elde edilecek performans artışı kullanılacak diğer takviye bileşenleri ile karşılaştırılmıştır. Epoksi olarak Sicomin firmasına ait SR8500 serisi kullanılmıştır. Epoksi kullanımında sertleştirici olarak 8605 tip yüksek reaktiviteye sahip sertleştirici kullanılmıştır. Epoksi sistemine ait teknik veriler Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Epoksi reçine fiziksel özellikleri

Yoğunluk	1,14 g/cm^3
Elastisite modülü	3400 MPa
Çekme dayanımı	80 MPa
Maksimum uzama (%)	4

3.1.2.5. Hibrit iplik

Tez çalışmasında alternatif oluşturması açısından kompozit üretiminde kullanılan hibrit ipliklerin takviye bileşeni olarak kullanılmasına karar verilmiştir.

Alkali dayanımlı cam, bazalt ve karbon elyafı gibi kullanılan ana bileşenlerin kırılgan (anizotropik) yapıda olmalarından dolayı kullanılacak hibrit iplik metodu, bu bileşenlere en az zararı vereceği düşünülen saç örgü tekniği üretim yöntemi olarak belirlenmiştir. Ayrıca hibrit iplik üretiminin ülke şartlarında sağlanmasının avantaj sağlayacağı da öngörülmüştür.

Saç örgü tekniği ile hibrit iplik üretimi Kırklareli'nde bulunan Kord Endüstriyel İp ve İplik Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de gerçekleştirilmiştir. Ana bileşen olarak kullanılacak olan alkali dayanımlı cam, bazalt ve karbon filament çevresinde örgü yapacak materyal olarak termoplastik karakterli olması, alkali dayanımına sahip olması ve düşük maliyetinden dolayı polipropilen (PP) filament seçilmiştir. Kullanılan PP filamente ait teknik özellikler Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Polipropilen filament teknik özellikleri

Doğrusal yoğunluk	66,6 tex
Yoğunluk	0,90 g/cm^3
Kimyasal dayanım	Yüksek
Elastisite modülü	3500 MPa
Çekme dayanımı	550 MPa

Hibrit iplik üretimleri 16 kafalı Herzog marka örgü makinalarında gerçekleştirilmiştir. Merkezde alkali dayanımlı cam, bazalt veya karbon filament kullanılırken dış yüzey için 16 adet 66,6 tex PP filament kullanılmıştır. Buradaki amaç kullanılan ana filamentlerin kırılgan bir yapıya sahip olması (radyal kuvvetlere karşı hassasiyet) nedeniyle en uygun üretim parametrelerinin belirlenmesidir. Yapının çok sık veya gevşek olması daha sonraki yüzey oluşumu sırasında problemler yaratacağından çalışılacak üretim parametrelerine dikkat edilmiştir.



Şekil 3.1. Saç örgü tekniği ile hibrit iplik üretimi

Makine dişlilerinde yapılan ayarlamalar ile üç tip numune üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen numuneler 1 inç uzunluğundaki adım sayısı ile birbirinden ayrılmaktadır. Elde edilen numunelerin 1 inç mesafedeki adım sayısı sırasıyla 10, 12 ve 14'tür. Üretilen numuneler yüzey haline geldikten sonra eritme denemeleri yapılmış ve en iyi sonucun 12 adım/inç adım sayısına sahip numuneye ait olduğu görülmüş olup hibrit iplik adına yapılacak tüm üretimler bu parametreye uygun gerçekleştirilmiştir.

3.2. Metod

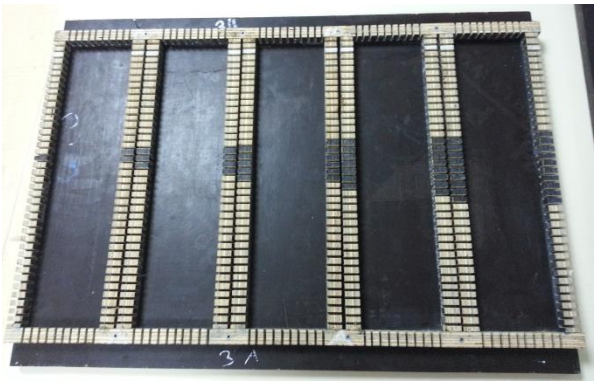
Oluşturulacak kompozit yapı çift bileşenli olduğu için bu bileşenler ayrı ayrı hazırlanıp birleştirilmiştir. Tekstil bileşeninin hazırlanması daha uzun zaman aldığından beton üretimi gerçekleşmeden hazır olması gerekmektedir. Tekstil bileşeni hazır olduktan sonra beton harcı hazırlanmakta ve birleştirilerek kompozit yapı (TTB) üretilmektedir.

3.2.1. Beton Kalıplarının Hazırlanması

Üretilen numunelerin kullanım alanlarında çoğunlukla eğilme dayanımı önem arzettiği için numunelere eğilme deneyi uygulanmıştır. Eğilme deneyleri için hazırlanacak numune boyutları TS EN 12390-5 nolu beton standardına uygun olacak şekilde 100 mm genişliğinde, 20 mm yüksekliğinde ve 400 mm uzunluğunda olacak şekilde belirlenmiştir. Hazırlanan kalıpların tasarımı numune üretimi yapıldıktan ve kalıplardan çıkartıldıktan sonra bu ölçüleri sağlayacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Beton kalıpların üretiminde, inşaat sektöründe kalıplama amaçlı kullanılan Plywood malzemesi kullanılmıştır. Plywood malzemesi özel yüzeyi sayesinde diğer ahşap malzemelere göre daha çok tekrar kullanım olanağı ve numunelerde yüzey düzgünlüğü sağlamaktadır. Kalıplar hazırlanırken bir tip numuneden 5 adet numune üretebilecek şekilde kalıp tasarımı gerçekleştirilmiştir. Her bir parametre için kalıplar üzerinde gerekli düzenlemeler yapılmıştır.

Ham alkali dayanımlı cam, bazalt veya karbon filamentin kullanılacağı numuneleri üretebilmek için çentikli kalıp tasarımı gerçekleştirilmiştir. Numune içerisine dahil olacak filamentlerin rahat bir şekilde yerleştirilmesi için daha önceden belirlenen sayı kadar çentik her iki yönde ve çentikler arası 1 cm olacak şekilde açılmıştır. Bu amaçla numunelerin genişlikleri boyunca 10 adet, uzunlukları boyunca da 40 adet olacak şekilde çentik açılmıştır. Açılan çentiklerin derinliği ise deney planında belirlenen üç farklı yüksekliğe göre gerçekleştirilmiştir. Kalıp sökümünü kolaylaştırmak adına ara çıtalar çiftli sıralar halinde üretilmiştir. Böylelikle kalıp sökümü sırasında iki çıta arasındaki boşluktan filamentler kolaylıkla kesilmekte ve numuneler daha hızlı kalıptan ayrılmaktadır. Numuneler çıkartıldıktan ve temizlik yapıldıktan sonra bir sonraki üretim için kalıbın montajını kolaylaştırmak adına tüm çıtalar kodlanarak kullanım kolaylığı sağlanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Çentikli kalıp genel görünümü

Epoksi takviyeli tekstil yüzeylerinin ve hibrit iplik takviyeli tekstil yüzeylerinin kullanıldığı numuneleri üretmek için ise farklı bir kalıp tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu tipteki numuneleri üretmek için aynı boyutta numuneleri üretebilecek kalıplar hazırlanmış ancak çentikler açılmamıştır. Kullanılacak tekstil yüzeyinin numune içerisindeki yerini sabitlemek adına ara çıtalara belirlenen yükseklikliere karşılık gelen yerlerden matkap ile delikler açılmıştır (Şekil 3.3). Açılan bu deliklerden misina geçirilip tekstil yüzeyleri yerleştirilmiştir. Tekstil yüzeyleri yerleştirildikten sonra aynı deliklerden bir kat daha misina geçirilerek tekstil yüzeylerin sabitlenmesi sağlanmıştır. Ancak sadece tekstil yüzeylerini sabitlemek için kullanılan bu misinaların numuneler içerisinde kalmaması için beton harç kalıplara dökülüp numuneler priz almaya başlamadan önce misinalar kesilerek dikkatli bir şekilde çıkartılmıştır. Ayrıca bu iki kalıp modeli dışında karşılaştırma yapmak amacıyla aynı boyutta takviyesiz numune üretebilecek çentiksiz ve misina delikleri olmayan bir kalıp daha hazırlanmıştır.



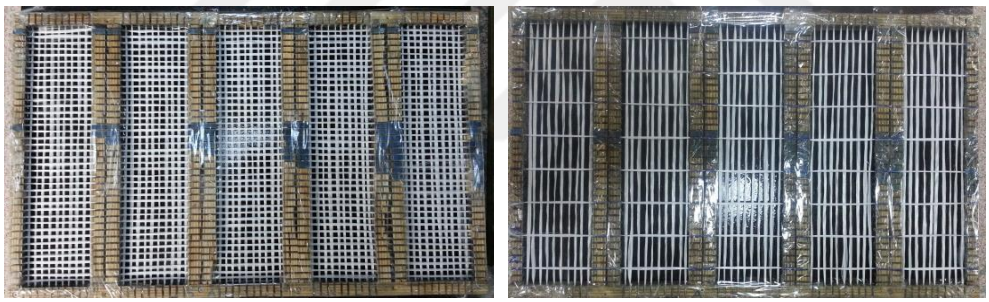
Şekil 3.3. Epoksi ve hibrit iplik takviyeli numune üretiminde kullanılacak kalıp

3.2.2. Tekstil Bileşenlerinin Hazırlanması

Beton numuneler içerisine dahil olacak tekstil yüzeyleri, üç ana grupta değerlendirilmiştir. Birinci grupta takviye bileşeni olarak kullanılacak olan alkali dayanımlı cam, bazalt ve karbon filament iplikler öncelikle tek başlarına yüzey oluşturmuştur. İkinci grupta ise aynı yüzeyler epoksi takviyeli halleri ile numuneler içerisinde kullanılmıştır. Son olarak ise takviye bileşeni olarak kullanılan üç farklı filament, hibrit iplik formunda yüzey oluşturulup kullanılmıştır. Oluşturulan yüzeylerin genişlikleri 10 cm, uzunlukları 40 cm ve kullanılacak kalıba uygun yapıdadır. Oluşturulan yüzeylerde filament iplikler arası mesafe 1 cm olup genişlik yönünde 10 adet iplik, uzunluk boyunca ise 40 adet iplik olacak şekilde düzenleme yapılmıştır. Tekstil yüzeyinin çalışmaya etkisini gözlemlemek amacıyla ayrıca genişlik boyunca 10 adet iplik, uzunluk boyunca 8 adet ipliğe sahip olan tekstil yüzeyleri de hazırlanmıştır.

3.2.2.1. Ham Filament İpliklerdenTekstil Yüzeylerinin Hazırlanması

Ham filament ipliklerden tekstil yüzeylerinin hazırlanması direkt olarak özel tasarlanmış çentikli kalıplar üzerinde gerçekleştirilmektedir. Öncelikle numunelerin kalıptan kolaylıkla çıkartılabilmesi için kalıp yağlanmaktadır. Sonrasında kullanılacak iplikler numune genişliği boyunca her bölmede 10 adet olacak şekilde gergin bir şekilde tüm bölmeler boyunca geçirildikten sonra numune uzunluğu boyunca her bölmede 40 adet olacak şekilde iplik geçirilir ve en son kalıbın köşesine bağlanır (Şekil 3.4.(a)). Eğer numune üretiminde uzunluk boyunca 8 adet filament iplik isteniyorsa her bir iplik arası 5 cm olacak şekilde iplik yerleştirilmesi gerçekleştirilir (Şekil 3.4.(b)). Kullanılacak üç ana filamet iplik için üç farklı yükseklikte (tabandan 3-5-10 mm) ve iki farklı tekstil yüzeyi (10x40 ve 10x8 tekstil yüzeyi) için kalıplar hazırlanmıştır.



(a) (b)

Şekil 3.4. (a)10x40 ve (b) 10x8 alkali dayanımlı cam filament tekstil yüzeyleri

3.2.2.2. Epoksi Takviyeli Tekstil Yüzeylerinin Hazırlanması

Kullanılan üç ana filament iplik epoksi ile kaplanmış numunelerin de hazırlanabilmesi için öncelikle bu yüzeyleri hazırlayabileceğimiz 44x44 cm ebatlarında çentikli bir çerçeve hazırlanmıştır. Çentikler arası mesafe 1 cm olup çentik derinliği karşılıklı kenarlar aynı olup, diğer karşılıklı kenarlar arasında 5 mm'lik bir fark mevcuttur. Oluşturulan bu fark yüzey oluşturulması sırasında kesişme noktalarının sağlamlığını artırmaktadır.

Çerçeve hazırladıktan sonra epoksi takviyeli yüzey oluşturmak için epoksi bileşenleri hazırlanmıştır. Bunun için firmanın önerdiği reçeteye uygun bir şekilde sırasıyla epoksi ana bileşeni ve daha sonrasında sertleştirici kimyasal tartılıp karıştırılırmıştır (Şekil 3.5).



(a) (b)

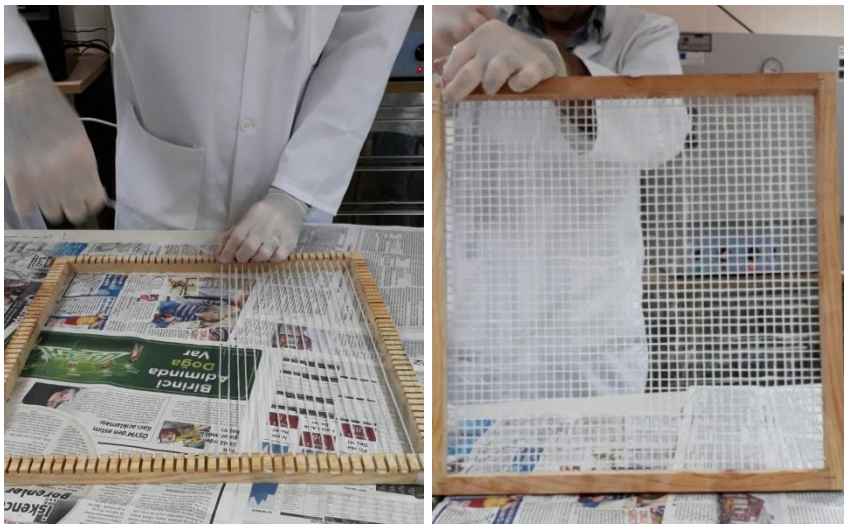
Şekil 3.5. Ana epoksi bileşenin tartımı(a), sertleştirici bileşenin tartımı (b)

Karışım hazırlandıktan sonra epoksi ile kaplanacak filament iplikler öncelikle klavuz bir çubuktan daha sonra fazla epoksinin sıyrılmasını sağlayacak silindir çifti arasından geçirilmiştir. Filament iplikler silindirler arasından geçirildikten sonra silindir çifti uç kısımlarından silindirlerin dönmesine engel teşkil etmeyecek şekilde sabitlenmiştir. Tüm bu hazırlıklar tamamlandıktan sonra klavuz çubuk epoksi dolu kaba daldırılmış ve silindir çifti epoksi kabı üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra çıkış yönünde iplikler çekilerek önce ipliklerin kılavuz çubuk vasıtasıyla epoksi kabına daldırılıp epoksi ile temas etmesi sağlanmıştır. Daha sonrasında ise silindir çifti arasından geçen iplikler yapısında bulunan fazla epoksiyi bırakacak şekilde sıyrılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Filament ipliğin epoksi ile kaplanması

Epoksi ile kaplanmış iplikler sabit gerilim altında çentikli çerçevenin önce çentik derinliği az olan kısmına sırayla sarılmıştır. Daha sonra sarılmış olan kısımlara dik ve çentik derinliği fazla olan kısımlara sarılmıştır (Şekil 3.7). Eğer 10x8 tekstil yüzeyleri oluşturulacaksa bu sarım 4 çentik atlanacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.7. Epoksi ile kaplanmış filament ipliklerin çerçevede yüzey oluşturması

Yüzey oluşturma işlemleri gerçekleştirilen çerçevelere belirlenen sıcaklık ve sürede ilk önce bir ön kurutma daha sonrasında ise ısıl fikse işlemi uygulanmıştır. Uygun ön kurutma ve fikse şartının belirlenebilmesi için ürün kataloğu ve RWTH Aachen Üniversitesi'nde gerçekleştirilen denemelerden yararlanılarak üç farklı işlem süreci belirlenmiş olup bu şartlar Çizelge 3.13'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.13. Epoksi ile kaplanmış tekstil yüzeylerin ön kurutma ve ısıl fikse şartları

Proses Türü	Ön kurutma		Isıl fiksaj	
	Sıcaklık (°C)	Süre (dakika)	Sıcaklık (°C)	Süre (dakika)
E1	65	30	130	30
E2	65	30	130	60
E3	65	60	130	30

Çizelge 3.13'de belirtilen şartlarda her bir ana filament iplik için gerekli üretimler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.8).



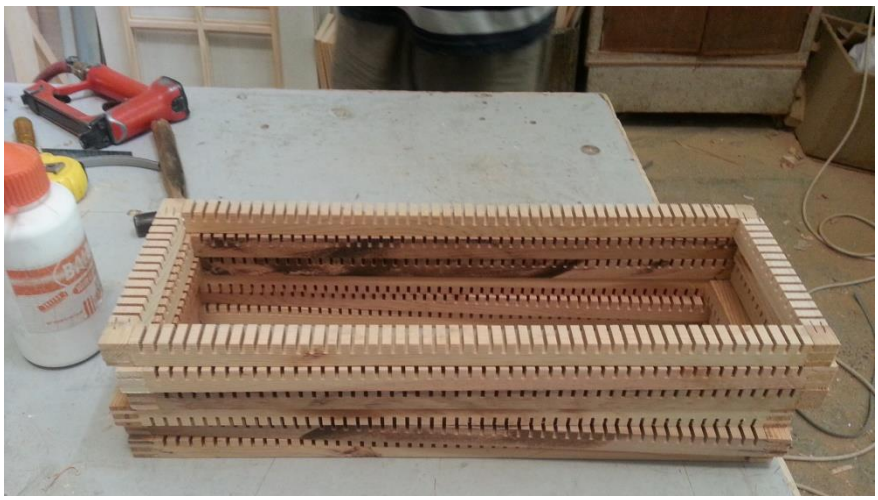
(a) (b)

Şekil 3.8. Fikse fırını (a), epoksi kaplı yüzeylerin fırına yerleştirilmesi (b)

Yüzey oluşturma çerçevesi 130°C'lik fikse sıcaklığına dayanamayacağı için ön kurutma işlemleri tamamlandıktan sonra özel bir metal saç makasıyla çerçeve kenarlarından kesilerek yüzey çerçeveden ayrılmıştır. Çerçeveden ayrılan yüzeyler ısıl fiksaj işleminin tamamlanması için tekrardan fırına yerleştirilmiştir. Fikse işlemi tamamlanan yüzeyler ise 400x100 mm boyutlarında ve genişlik boyunca 10 adet filament iplik içerecek şekilde küçük parçalara ayrılarak üretime/kullanıma hazır hale getirilmiştir.

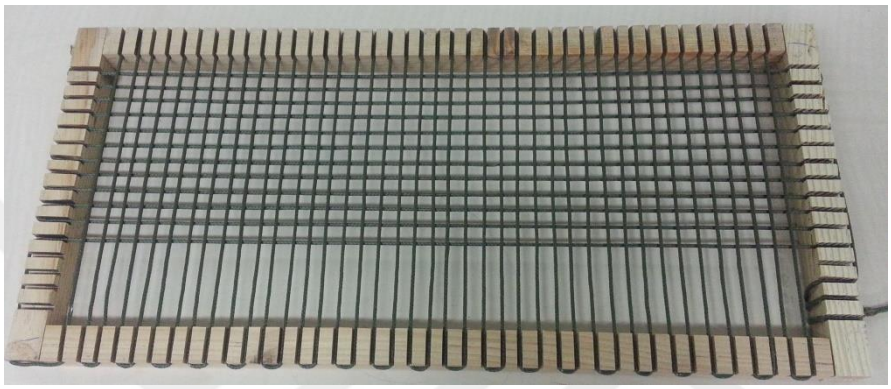
3.2.2.3. Hibrit İpliklerden Elde Edilen Tekstil Yüzeylerinin Hazırlanması

Kord Endüstriyel İp ve İplik Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de üretilen hibrit ipliklerin tekstil yüzeyine dönüştürülebilmesi için çerçeveler tasarlanmıştır. Bunun için öncelikle çerçeveyi oluşturacak çıtalara 1 cm aralıklarla çentikler açılmıştır. Çıtalara çentik açma işlemi tamamlandıktan sonra eritme sonrası istenen tekstil yüzeyi ebadını sağlayacak boyuttaki çıtalar köşelerinden tutkal ve zımba yardımıyla sabitlenerek çerçeveler oluşturulmuştur (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Hibrit iplik eritme çerçevelerinin son hali

Çerçeveler hazırlandıktan sonra hibrit ipliklerden oluşturulmuş tekstil yüzeylerinin oluşturulmasına geçilmiştir. Hibrit iplik bobinden sağıldıktan sonra bir köşeden başlanarak sırasıyla dar kenarda 10 sıra, uzun kenarda 40 sıra olacak şekilde sabit bir gerilim altında çerçeveye gerdirilmiştir (Şekil 3.10).



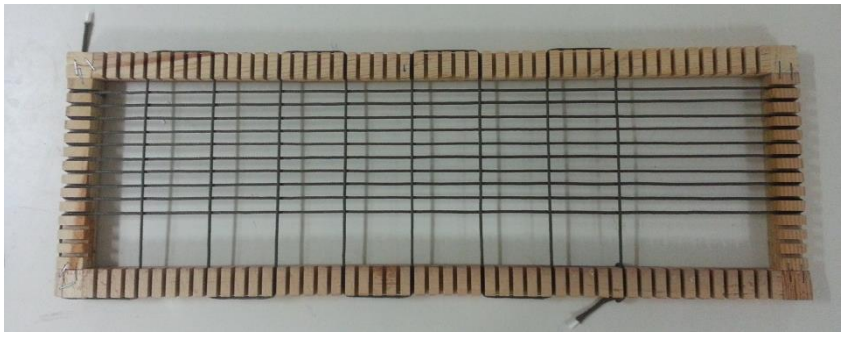
Şekil 3.10. Hibrit ipliğin oluşturduğu tekstil yüzeyi

Hibrit iplikler kullanılarak çerçeveler yardımıyla tekstil yüzeyi oluşturulduktan sonra, hibrit ipliklerin dış yüzeyindeki termoplastik yapının eritilmesi için tekstil yüzeyine ısıl işlem uygulanmasına geçilmiştir. Bunun için çerçeve içindeki tekstil yüzeyine hassas sıcaklık kontrolü sağlanarak sıcak pres işlemi uygulanmış ve yüzey görünümü ile birlikte termoplastik yapının merkez iplikleri kaplayıp kaplamadığı gözlemlenmiştir. Uygun çalışma sıcaklığı ve süresini belirlemek adına yapılan çalışmalar sonucunda en uygun yapının 185°C sıcaklıkta ve 9 dakikalık sürede sağlandığı tespit edilmiştir. Belirlenen bu şartlar, merkezinde farklı filament iplikler bulunan tüm hibrit ipliklerden oluşturulan yüzeylere uygulanmıştır. Çerçevelere gerdirilip yüzey haline getirilen hibrit ipliklerin sıcak pres makinasına yapışmaması için alüminyum folyo ile kaplanmıştır. Sıcak pres işlemi tüm yüzey boyunca aynı şartlar altında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.11).



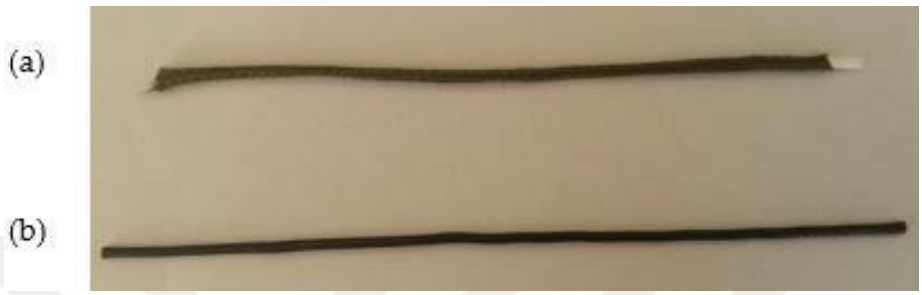
Şekil 3.11. Hibrit iplikli tekstil yüzeylerine ısıl işlem uygulanması

Eritme işlemi çerçeve boyunca uygulandıktan sonra numuneler belli bir süre soğumaya bırakılmıştır. Daha sonrasında alüminyum folyo çıkartılarak deneylerde kullanılacak tekstil yüzeyini elde etmek adına uzun kenar boyunca 40 adet tel, dar kenar boyunca 10 adet tel olacak ve kalıplar içerisindeki bölmelere sığacak boyutta özel bir metal saç makası yardımıyla kesilip çerçeveden çıkartılmıştır. 10x8 tekstil yüzeyleri oluşturmak için ise gerekli filament iplik sayısı çerçeveye gerdirilir. Daha sonraki yapılacak işlemler 10x40 tekstil yüzeylerinin oluşturulması adımlarıyla aynıdır (Şekil 3.12).



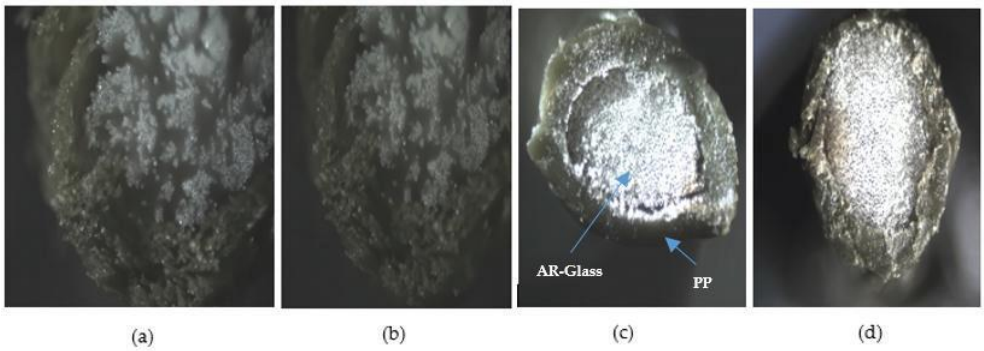
Şekil 3.12. 10x8 tekstil yüzeyi için eritme çerçevesinde hazırlanmış görünümü

Hibrit iplik eritme öncesi gevşek bir yapıda bulunurken eritme sonrası dış yüzeydeki termoplastik bileşenin erimesiyle daha sıkı bir yapıya dönüşmüştür (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. (a) Eritme öncesi hibrit iplik boyuna kesiti, (b) Eritme sonrası hibrit iplik boyuna kesiti (Kurban ve ark, 2017)

Eritme öncesi enine kesitler incelendiğinde hem merkezde bulunan ana takviye bileşen hem de dış yüzeyde bulunan termoplastik bileşen gevşek bir yapıda olduğu görülmektedir. Eritme sonrası termoplastik bileşen eriyerek hibrit ipliğin dış yüzeyinde kabuk bir yapı oluşturmuş, merkezdeki takviye bileşeni de daha sıkı bir yapıya dönüşmüştür (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. (a, b) Eritme öncesi hibrit iplik enine kesiti, (c, d) Eritme sonrası hibrit iplik enine kesiti (Kurban ve ark, 2017)

3.2.3. Beton Harcın Hazırlanması

Beton harcın hazırlanması çift etkili karıştırma donanımlı laboratuvar tipi beton mikseri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Beton harç mikseri

Beton harcının hazırlanması aşağıdaki işlem adımlarından oluşmaktadır:

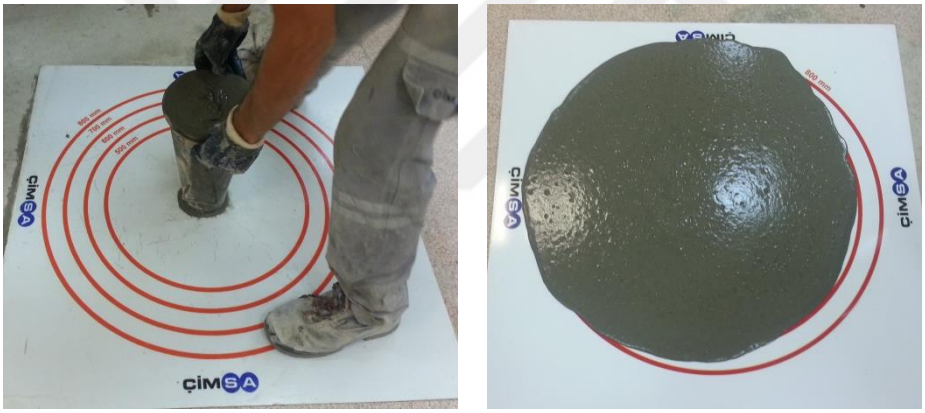
- Çimento, uçucu kül ve agregalar miksere (Şekil 3.15) boşaltılır ve kuru olarak 3 dakika karıştırılır.
- Kullanılacak suyun %80'i yavaş yavaş dökülür ve 5 dakika boyunca karıştırmaya devam edilir.
- Süper akışkanlaştırıcı kalan su ile birlikte karıştırılarak karışıma ilave edilir.
- 5 dakika daha karıştırmaya devam edilir.
- İstenen homojen görünüm meydana geldiyse yayılma testi uygulanır.
- Beton harcın dayanımına bakmak için küp numunesi alınır.

3.2.4. Beton Harca Uygulanan Deneyler

Beton karışımı hazırlandıktan sonra kompozit yapı oluşturulmadan önce kullanılacak karışımın uygunluğunun belirlenebilmesi için bazı deneylerin yapılması gerekmektedir.

3.2.4.1. Taze Harca Uygulanan Deneyler

Çalışmalar sırasında taze harca uygulanacak deneylerden sadece yayılma deneyi uygulanmıştır. Hazırlanan harcın işlenebilirliğini ölçmek adına TS EN 12350-5 nolu beton standardına uygun olarak yayılma deneyi yapılmış olup deneyin yapılışı Şekil 3.16'da görülmektedir. Hazırlanan karışımlar 75-80 cm yayılma değeri vererek istenen yayılma değerlerini sağlamıştır.



Şekil 3.16. Yayılma deneyinin yapılışı

3.2.4.2. Sertleşmiş Harç Deneyleri

Sertleşmiş harca küp basınç ve eğilme deneyi uygulanmıştır. Basınç deneyi hazırlanan ürünün hangi beton sınıfına ait olduğunu belirlemek için takviye edilmemiş beton harca uygulanırken, eğilme deneyi ise yaptığımız çalışmaların etkinliğini belirlemek için tekstil takviyesi yerleştirilmiş numunelere uygulanmıştır.

3.2.4.2.(a). Basınç Deneyi

Basınç deneyi TS EN 12390-3 nolu beton standardına uygun olarak 28. gününü dolduran 150x150x150mm'lik boyutlarındaki küp numunelere uygulanmıştır. Deneyler Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin Mersin'de bulunan Ar-Ge laboratuvarındaki UTEST firmasına ait UTC-5750 model basınç dayanımı test cihazında pres uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Basınç deneyinin uygulanmasında yükleme hızı 4 kN/sn olarak seçilmiştir. Deneyin uygulandığı test cihazı Şekil 3.17' de gösterilmiştir.

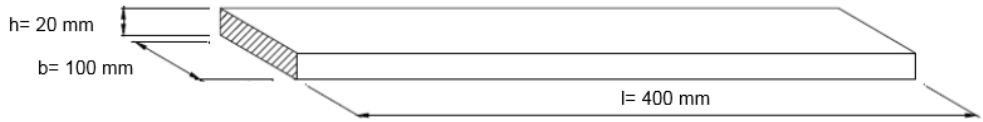


Şekil 3.17. Basınç dayanımı test cihazı

3.2.4.2.(b). Eğilme Deneyi

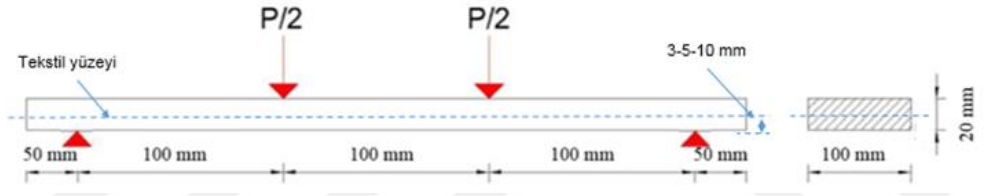
Dört nokta eğilme deneyi, takviye bileşenleri ile güçlendirilmiş 28 günlük kompozit numunelere TS EN 12390-5 nolu beton standardına göre uygulanmıştır (Şekil 3.20). Kullanılan her bir takviye bileşeni için 5'şer adet test gerçekleştirilmiştir. Ayrıca karşılaştırma yapmak amacıyla da takviyesiz numunelere de test uygulanmıştır. Deneyler Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm laboratuvarında bulunan ELE marka Model 37-6330 kodlu eğilme dayanımı test cihazında gerçekleştirilmiştir. Tüm deneylerde yükleme hızı

0,4 kN/sn olarak sabit tutulmuştur. Numune boyutları Şekil 3.18'de gösterildiği gibi 100x20x400 mm ebatlarında belirlenmiştir.



Şekil 3.18. Eğilme deneyi numune ebatları

Mesnetler arası mesafe 300 mm olacak şekilde ayarlanmış olup yükleme noktaları mesnetlerden 100 mm içeride ve iki nokta olacak şekilde ayarlanmıştır. Şekil 3.19'da yükleme düzeneği görülmektedir.



Şekil 3.19. Dört nokta eğilme deneyi yükleme düzeneği



Şekil 3.20. Eğilme deneyi test cihazı

Numunelerin eğilme dayanımları (3.1) deki formül kullanılarak hesaplanmıştır (TS EN 12390-5).

$$F = (Pl) / (bh^2) \quad (3.1)$$

Formülde;

F = Eğilme dayanımı (N/mm^2 veya MPa),

P = Kırılma yükü (N),

l = Mesnetler arası uzaklık (mm),

b = Numune kesitinin genişliği (mm),

h = Numune kesitinin yüksekliği (mm) dir.

3.2.5. Tekstil Takviyeli Beton Numunelerin Üretimi

Doktora tez çalışmasında alkali dayanımlı cam, bazalt ve karbon filament iplik olmak üzere üç ana iplik yapısı kullanılmıştır. Bu iplikler ham, epoksi takviyeli ve hibrit iplik formunda hazırlanmıştır. Epoksi takviyeli ürünler üç farklı fikse şartında (E1-E2-E3) işlem görmüştür. Her bir materyal için 10x40 ve 10x8 olacak şekilde iki farklı tekstil yüzeyi hazırlanmıştır. En son olarak da hazırlanan her bir farklı yüzey tipi kalıplar içerisine tabandan 3, 5 ve 10 mm olacak şekilde üç farklı yükseklikte yerleştirilmiştir. Sonuç olarak tez kapsamında yapılan çalışmaların eğilme dayanımına etkisini gözlemleyebilmek için farklı parametrelerde 91 adet numune üretilmiş olup numune özellikleri Çizelge 3.14'de verilmiştir.

Çizelge 3.14. Eğilme deneyi deney planı

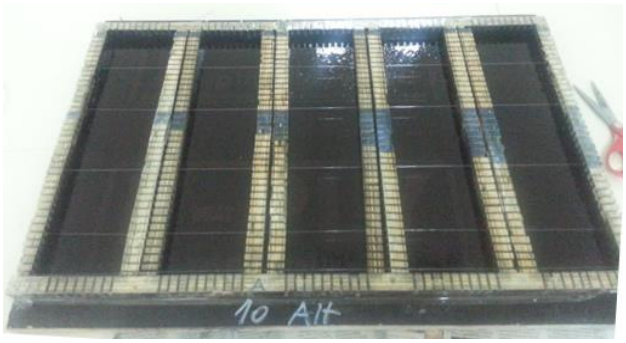
Numune No	Takviye Bileşeni	Takviye Türü	Tekstil Yüzeyi Mesafesi	Tekstil Yüzeyi
1	AR-Glass filament	Ham	3 mm	10x40
2	AR-Glass filament	Ham	3 mm	10x8
3	AR-Glass filament	Ham	5 mm	10x40
4	AR-Glass filament	Ham	5 mm	10x8
5	AR-Glass filament	Ham	10 mm	10x40
6	AR-Glass filament	Ham	10 mm	10x8
7	AR-Glass filament	E1	3 mm	10x40
8	AR-Glass filament	E1	3 mm	10x8
9	AR-Glass filament	E1	5 mm	10x40
10	AR-Glass filament	E1	5 mm	10x8
11	AR-Glass filament	E1	10 mm	10x40
12	AR-Glass filament	E1	10 mm	10x8
13	AR-Glass filament	E2	3 mm	10x40
14	AR-Glass filament	E2	3 mm	10x8
15	AR-Glass filament	E2	5 mm	10x40
16	AR-Glass filament	E2	5 mm	10x8
17	AR-Glass filament	E2	10 mm	10x40
18	AR-Glass filament	E2	10 mm	10x8
19	AR-Glass filament	E3	3 mm	10x40
20	AR-Glass filament	E3	3 mm	10x8
21	AR-Glass filament	E3	5 mm	10x40
22	AR-Glass filament	E3	5 mm	10x8
23	AR-Glass filament	E3	10 mm	10x40
24	AR-Glass filament	E3	10 mm	10x8

Numune No	Takviye Bileşeni	Takviye Türü	Tekstil Yüzeyi Mesafesi	Tekstil Yüzeyi
25	AR-Glass filament	Hibrit	3 mm	10x40
26	AR-Glass filament	Hibrit	3 mm	10x8
27	AR-Glass filament	Hibrit	5 mm	10x40
28	AR-Glass filament	Hibrit	5 mm	10x8
29	AR-Glass filament	Hibrit	10 mm	10x40
30	AR-Glass filament	Hibrit	10 mm	10x8
31	Bazalt filament	Ham	3 mm	10x40
32	Bazalt filament	Ham	3 mm	10x8
33	Bazalt filament	Ham	5 mm	10x40
34	Bazalt filament	Ham	5 mm	10x8
35	Bazalt filament	Ham	10 mm	10x40
36	Bazalt filament	Ham	10 mm	10x8
37	Bazalt filament	E1	3 mm	10x40
38	Bazalt filament	E1	3 mm	10x8
39	Bazalt filament	E1	5 mm	10x40
40	Bazalt filament	E1	5 mm	10x8
41	Bazalt filament	E1	10 mm	10x40
42	Bazalt filament	E1	10 mm	10x8
43	Bazalt filament	E2	3 mm	10x40
44	Bazalt filament	E2	3 mm	10x8
45	Bazalt filament	E2	5 mm	10x40
46	Bazalt filament	E2	5 mm	10x8
47	Bazalt filament	E2	10 mm	10x40
48	Bazalt filament	E2	10 mm	10x8
49	Bazalt filament	E3	3 mm	10x40
50	Bazalt filament	E3	3 mm	10x8
51	Bazalt filament	E3	5 mm	10x40
52	Bazalt filament	E3	5 mm	10x8
53	Bazalt filament	E3	10 mm	10x40

Numune No	Takviye Bileşeni	Takviye Türü	Tekstil Yüzeyi Mesafesi	Tekstil Yüzeyi
54	Bazalt filament	E3	10 mm	10x8
55	Bazalt filament	Hibrit	3 mm	10x40
56	Bazalt filament	Hibrit	3 mm	10x8
57	Bazalt filament	Hibrit	5 mm	10x40
58	Bazalt filament	Hibrit	5 mm	10x8
59	Bazalt filament	Hibrit	10 mm	10x40
60	Bazalt filament	Hibrit	10 mm	10x8
61	Karbon filament	Ham	3 mm	10x40
62	Karbon filament	Ham	3 mm	10x8
63	Karbon filament	Ham	5 mm	10x40
64	Karbon filament	Ham	5 mm	10x8
65	Karbon filament	Ham	10 mm	10x40
66	Karbon filament	Ham	10 mm	10x8
67	Karbon filament	E1	3 mm	10x40
68	Karbon filament	E1	3 mm	10x8
69	Karbon filament	E1	5 mm	10x40
70	Karbon filament	E1	5 mm	10x8
71	Karbon filament	E1	10 mm	10x40
72	Karbon filament	E1	10 mm	10x8
73	Karbon filament	E2	3 mm	10x40
74	Karbon filament	E2	3 mm	10x8
75	Karbon filament	E2	5 mm	10x40
76	Karbon filament	E2	5 mm	10x8
77	Karbon filament	E2	10 mm	10x40
78	Karbon filament	E2	10 mm	10x8
79	Karbon filament	E3	3 mm	10x40
80	Karbon filament	E3	3 mm	10x8
81	Karbon filament	E3	5 mm	10x40
82	Karbon filament	E3	5 mm	10x8

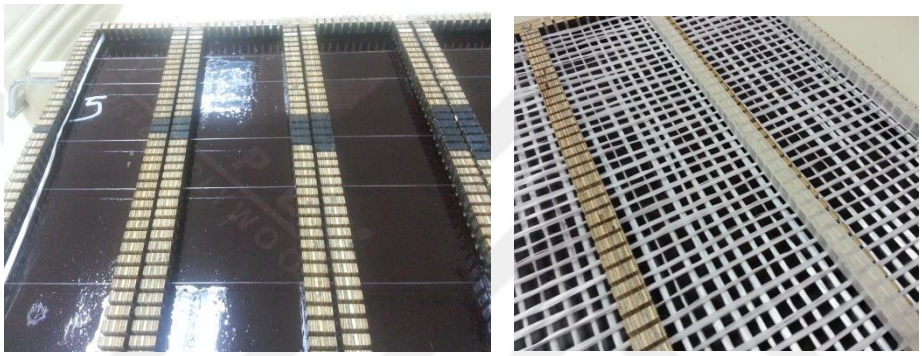
Numune No	Takviye Bileşeni	Takviye Türü	Tekstil Yüzeyi Mesafesi	Tekstil Yüzeyi
83	Karbon filament	E3	10 mm	10x40
84	Karbon filament	E3	10 mm	10x8
85	Karbon filament	Hibrit	3 mm	10x40
86	Karbon filament	Hibrit	3 mm	10x8
87	Karbon filament	Hibrit	5 mm	10x40
88	Karbon filament	Hibrit	5 mm	10x8
89	Karbon filament	Hibrit	10 mm	10x40
90	Karbon filament	Hibrit	10 mm	10x8
91	Takviyesiz	-	-	-

Tekstil takviyeli beton numunesi üretebilmek için öncelikle kalıplarda gerekli hazırlık işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kalıpların hazırlanmasına ipliklerin ham kullanılacağı kalıplardan başlanmıştır. Üretim sırasında kullanılacak kalıplar üretimden 1 gün sonra kalıplardan kolaylıkla sökülebilmesi için fırça yardımıyla kalıp yağı ile yağlanmıştır. Kalıp yağlama işlemleri tamamlandıktan sonra iplik sarım işlemine geçmeden özellikle uzunluk boyunca sarılan ipliklerin beton harcın ağırlığı ile birlikte konumunun değiştirmemesi için misina yardımıyla bir bariyer hazırlanmıştır (Şekil 3.21). Hazırlanan bu bariyer geçici olup, beton harcı dökme işlemi bittikten sonra yapıdan çıkartılmıştır.



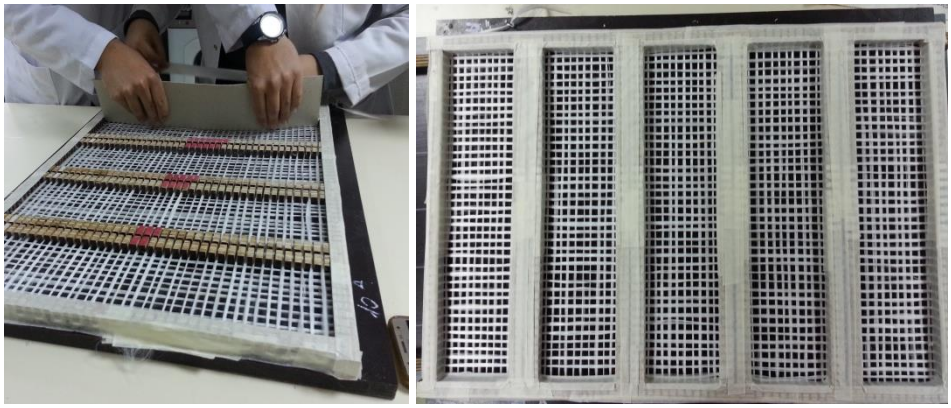
Şekil 3.21. Misinanın yağlı kalıba yerleştirilmesi

Misina ile bariyer oluşturulduktan sonra kullanılacak filament iplikler kalıbın birinci bölmesinden başlanarak her bölmede 10 adet iplik olacak şekilde tüm bölmelere sarılmıştır (Şekil 3.22). Daha sonrasında ise genişlik boyunca ve her bölmede 40 adet iplik olacak şekilde sarıma devam edilmiştir (Şekil 3.24.(a)). Eğer hazırlanacak ürün 10x8 tekstil yüzeyi ise her iplik arası 5 cm olacak şekilde sarım gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.24.(b)).

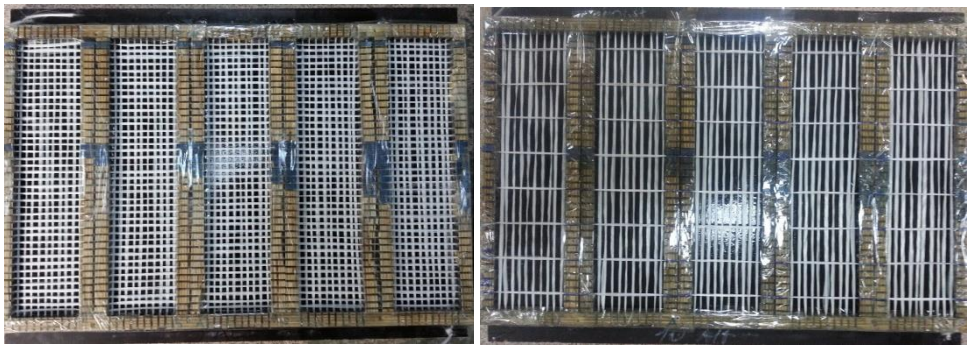


Şekil 3.22. Çentikli kalıplara filamentlerin sarılması

İplik sarım işlemi gerçekleştirildikten sonra beton harcı dökümü sırasında harcın çentikleri tıkamasını önlemek ve istenen boyutlarda numune üretebilmek adına tüm çentikler bant yardımıyla kapatılmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Çentiklerin bant yardımıyla kapatılması



(a) (b)

Şekil 3.24. (a) 10x40 tekstil yüzeyi için bantlanmış çentikli kalıp, (b) 10x8 tekstil yüzeyi için bantlanmış çentikli kalıp

Çentikli kalıpların hazırlanmasından sonra diğer kullanılacak tekstil yüzeyleri için kullanılacak kalıpların hazırlanmasına geçilmiştir. İlk yapılması gereken çentikli kalıplarda olduğu gibi kalıp yağı ile kalıpların yağlanmasıdır. Daha sonra çentikli kalıplarda olduğu gibi yerleştirilen tekstil yüzeylerinin beton harcın ağırlığı ile numunelerin belirlenen konumlarının değişmemesi için misina sistemi uygulanmıştır. Bunun için her ara çıtada daha önce matkap yardımıyla açılmış deliklerden misinalar geçirilerek tekstil yüzeyleri için bir askı düzeneği oluşturulmuştur.

Misina askı düzeneği hazırlandıktan sonra kullanılacak tekstil yüzeyleri yerleştirilmiş ve ikinci bir kat misina da tekstil yüzeyinin üstünden geçirilmiştir (Şekil 3.25). İkinci misina katının kullanılma sebebi beton harcın kalıba döküldükten ve vibrasyon uygulandıktan sonra tekstil yüzeyinin numune yüzeyine çıkmasını önlemektir.



Şekil 3.25. İkinci misina düzeneğinin uygulanışı

İkili misina düzeneği diğer tüm tekstil yüzeyleri için de hazırlandıktan sonra beton harcın hazırlanmasına geçilmiştir. Belirlenmiş olan reçeteye uygun olarak gerekli miktardaki harç hazırlanmış ve dikkatli bir şekilde kalıplara tekstil yüzeyinin hizasını dolduracak kadar dökülmüştür (Şekil 3.26). Vibrasyon makinası veya plastik çekiç yardımıyla dökülen harcın kalıba düzgün bir şekilde yerleşmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.26. Beton harcın kalıplara dökülmesi

İlk dökülen harç düzgün bir şekilde yerleştirildikten sonra kalıbın tamamını dolduracak kadar harç dökülerek vibrasyon yardımıyla yerleşimin düzgün olması sağlanmıştır (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Vibrasyon makinası yardımıyla harcın kalıplara yerleştirilmesi

Beton harç kalıplara tamamen yerleştirildikten sonra tekstil yüzeylerinin numune içerisinde istenilen yükseklikte durmasını sağlayan misinalar kesildikten sonra dikkatli bir şekilde çıkartılmıştır.

Misinalar kalıptan çıkartıldıktan sonra misinanın bıraktığı boşlukların doldurulması için çok kısa bir süre titreşim uygulanmış ve düzgün yüzeyli numuneler elde etmek için bir spatula veya mala yardımıyla numunelerin üstleri düzeltilmiştir.

Eğilme deneyi numuneleri hazırlandıktan sonra kullanılan beton harcın küp basınç dayanımına bakmak için 150x150x150 mm ebatlarında 3 adet numune alınmıştır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Basınç dayanımı testi için alınan numuneler

Eğilme deneyi ve basınç dayanımı testi için numuneler hazırlandıktan sonra numuneler kalıptan çıkarılması için 24 saat kurumaya bırakılmıştır. Kuruma gerçekleştikten sonra kalıplardan çıkartılmadan önce numunelerin karışmasını önlemek amacıyla suya dayanıklı çıkmaz kalem ile numuneler kodlanmıştır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Numunelerin kodlanması

Numunelerin kodlanması tamamlandıktan sonra kalıplar vidalanan yerlerinden matkap yardımıyla sökülmüş ve numuneler dikkatli bir şekilde kalıplardan çıkartılmıştır (Şekil 3.30). Kalıplardan çıkartılan numuneler gruplar haline kür havuzuna konulmak üzere gerekli düzenleme yapılmıştır.



Şekil 3.30. Numunelerin kalıptan çıkartılması

Tüm numunelerin kalıplardan sökümü tamamlandıktan sonra numuneler test gününe kadar bekleyeceği kür havuzuna dikkatli bir şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Kür havuzu içindeki numuneler

3.2.6. Tekstil Takviyeli Beton Numunelerine Eğilme Deneyinin Uygulanması

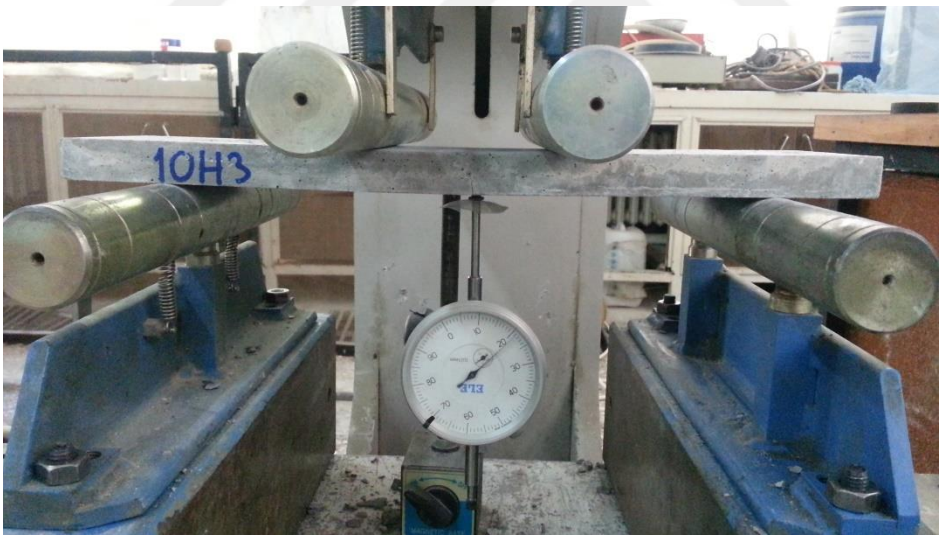
Hazırlanmış olan numunelere TS EN 12390-5 nolu beton standardına göre dört nokta eğilme deneyi uygulanmıştır. Deney uygulanmadan önce net eğilme dayanımının hesaplanabilmesi için tüm test numunelerin ayrıtlarının uzunluk ölçümleri kumpas yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. Kumpas yardımıyla numunelerin ayrıt ölçümü

Ayrıt ölçümleri gerçekleştirilen numunelere eğilme deneyi uygulanması sırasında kamera ile kayıt alınırken numunelerin karıştırılmaması için kameraya bakan yüzeyine daha önce numunelerin üst yüzeyine yazılan kodlar tekrardan yazılmıştır (Şekil 3.33). Kodlama işleminin tamamlanmasının ardından numunelerin dört yüzeyinin de resmi çekilmiştir. Eğilme deneyi sonrası numunelere yüzey resimlerinin çekilmesi işlemi tekrarlanmış ve bu resimler deney sonrası yüzey değişimleri incelenmesinde kullanılmıştır.

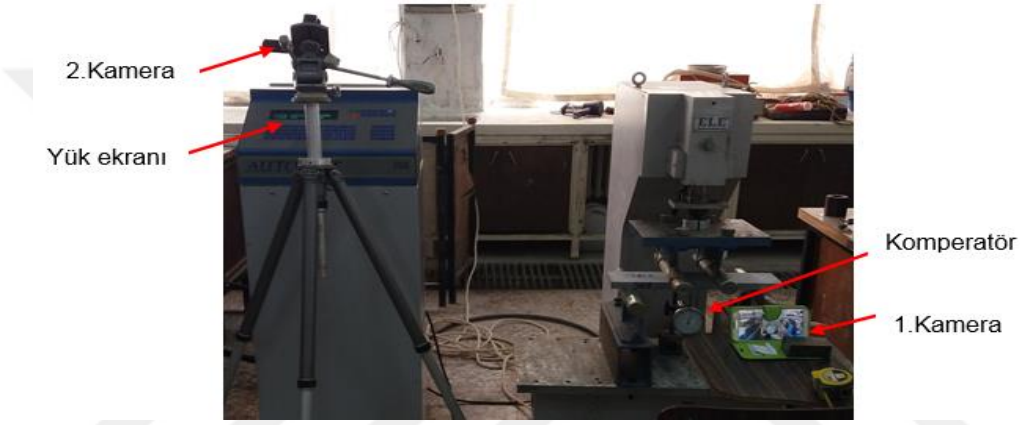
Eğilme dayanımı deneyinde numunelere ait yük-deplasman grafiklerin oluşturulması amacıyla 0,01 mm hassasiyetli komperatör kullanılmıştır (Şekil 3.33). Kullanılan komperatörün 1 turu 1 mm'lik yer değişimine karşılık gelmekte olup, 1 tur 100 eşit parçaya bölündüğünden her bölme 0,01 mm'ye karşılık gelmektedir.



Şekil 3.33. Dört nokta eğilme deneyinde komperatör kullanımı

Yapılan deneyin kayıt altına alınabilmesi ve kuvvet uygulanması süresince numunede meydana gelen değişimleri gözleyebilmek adına deney düzeneği iki kamera ile kayıt altına alınmıştır. Deney sırasında numune ile komperatör bir

kamerayla, eğilme dayanımı deneyinde uygulanan yük değerini gösteren ekran ise farklı bir kamera ile kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.34). Elde edilen görüntülerdeki yük değeri ve komperatördeki yer değiştirme değerleri başlangıç zamanları çakıştırılacak şekilde bir tabloda birleştirilmiştir. Hazırlanan bu tablolardan ise her bir numune için yük-deplasman grafikleri çizilerek kullanılan takviye malzemesine göre numunelerin gösterdiği davranışlar incelenmiştir.



Şekil 3.34. Dört nokta eğilme deneyi kayıt düzeneği

Üretilmiş olan numunelerin her birine eğilme deneyi uygulandıktan sonra numunelerin kırılma yükleri kaydedilerek her bir numunenin eğilme dayanımları hesaplanmıştır. Kameralardan elde edilen bilgiler yardımıyla oluşturulan yük-deplasman grafikleriyle de numunelerin yük altındaki davranışları hakkında bilgi edinilmiştir. Yük-deplasman grafiklerinden de yararlanarak numunelerin özgül kırılma enerjileri hesaplanmıştır. Deney sonrası numunelerin yüzey resimleri çekilmiş ve kullanılan materyalin numune üzerindeki etkisi ve kırılma davranışları incelenmiştir. Son olarak üretilen numunelerin maliyetleri hesaplanmış ve birim eğilme dayanıma denk gelen maliyetler belirlenerek parametrelerin maliyet üzerindeki etkisi incelenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında numune üretiminde kullanılan tekstil bileşenlerinin mekanik özelliklerine, beton harcın basınç dayanımına, üretilen numunelere uygulanan dört nokta eğilme deneyi sonucunda elde edilen verilere ve üretilen numunelerin maliyet-performans analizlerine bu bölümde yer verilmiştir.

4.1. Takviye Amaçlı Kullanılan Tekstil Materyallerinin Mekanik Özellikleri

Numune üretiminde tekstil takviyesi için AR-Glass filament, bazalt filament ve karbon filament olmak üzere üç ana bileşen kullanılmıştır. Bu üç bileşene doğrusal yoğunluk ve kopma mukavemeti testleri uygulanmıştır.

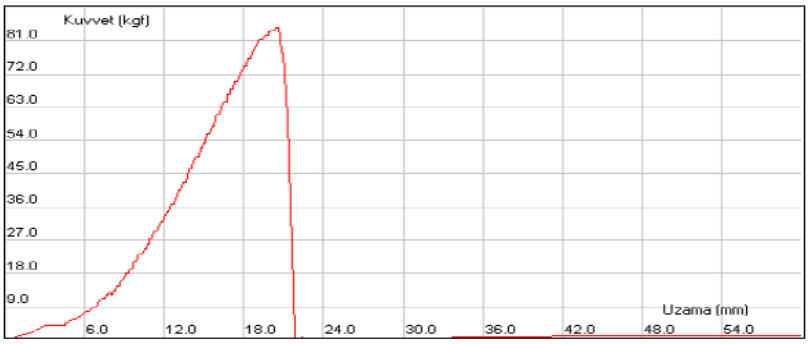
4.1.1. Doğrusal Yoğunluk Test Sonuçları

Takviye bileşeni olarak kullanılacak bileşenlere TS EN ISO 1889 standardına göre doğrusal yoğunluk testi uygulanmış olup AR-Glass filamentin 2400 tex, bazalt filamentin 2400 tex ve karbon filamentin 1600 tex doğrusal yoğunluğa sahip olduğu hesaplanmıştır.

4.1.2. Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

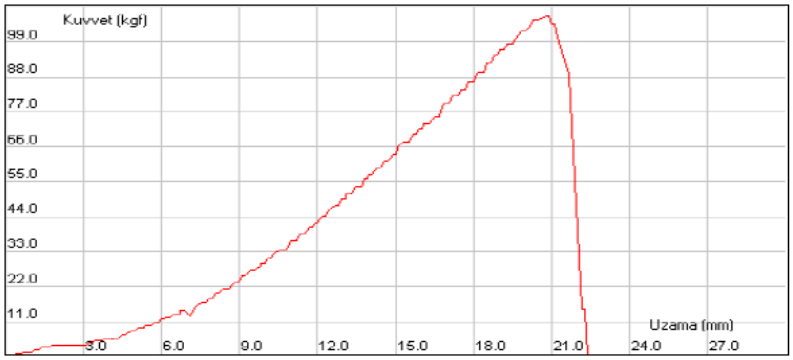
Takviye bileşeni olarak kullanılacak tekstil materyallerine Kord Endüstriyel İp ve İplik Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de TS EN ISO 2307 standartlarına göre kopma dayanımı testi uygulanmış ve ortalamaları AR-Glass filament için Şekil 4.1'de, bazalt filament için Şekil 4.2’de ve karbon filament için Şekil 4.3’de verilmiştir.

	Sample No	Maximum Force Fmax (kgf)	Elongation at Fmax (mm)	Lo (mm)	Elongation at Fmax (%)	Elongation at Fmax/2 (%)	Maximum Force At Failure (kgf)
●	1	84.7	20.400	1400	1.46	0.96	1.2
AVERAGE		84.7	20.400	1400.0	1.46	0.96	1.2
ST.DEVIATION		0.0	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0
%Cv VALUE		0.0	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0



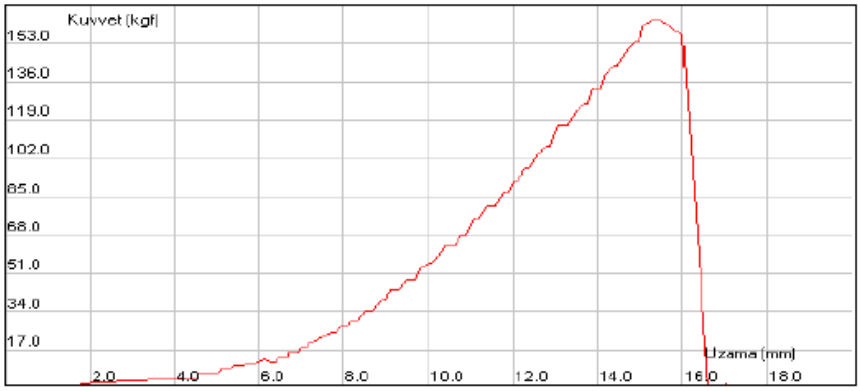
Şekil 4.1. AR-Glass filament kopma dayanımı test değerleri

	Sample No	Maximum Force Fmax (kgf)	Elongation at Fmax (mm)	Lo (mm)	Elongation at Fmax (%)	Elongation at Fmax/2 (%)	Maximum Force At Failure (kgf)
●	1	107.1	20.900	1400	1.49	0.99	104.5
AVERAGE		107.1	20.900	1400.0	1.49	0.99	104.5
ST.DEVIATION		0.0	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0
%Cv VALUE		0.0	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0



Şekil 4.2. Bazalt filament kopma dayanımı test değerleri

	Sample No	Maximum Force Fmax (kgf)	Elongation at Fmax (mm)	Lo (mm)	Elongation at Fmax (%)	Elongation at Fmax/2 (%)	Maximum Force At Failure (kgf)
●	1	163.4	15.300	1400	1.09	0.84	163.4
AVERAGE		163.4	15.300	1400.0	1.09	0.84	163.4
ST.DEVIATION		0.0	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0
%CV VALUE		0.0	0.000	0.0	0.00	0.00	0.0

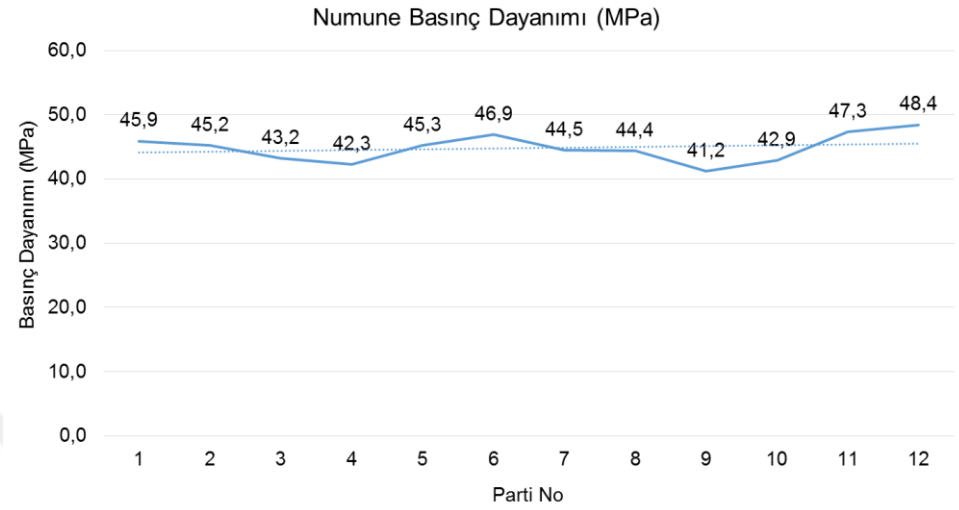


Şekil 4.3. Karbon filament kopma dayanımı test değerleri

Grafiklerde de görüldüğü gibi liner yoğunluğu küçük olmasına rağmen en yüksek kopma dayanımını karbon filamentler verirken, en düşük kopma dayanımını ise AR-Glass filamentler vermiştir.

4.2. Beton Basınç Deneyi Sonuçları

Numune üretimi için hazırlanan beton harcından her parti için 150x150x150 mm ebatlarında küp numuneler alınmış ve TS EN 12390-3'e uygun olarak basınç deneyi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.4'de verilmiştir. Çizelge 4.1'de verilen TS EN 206: 2013+A1 standardına göre numune üretimi için kullanılan betonun C30 ve C35 sınıfına girdiği görülmektedir.



Şekil 4.4. Basınç dayanımı sonuçları

Çizelge 4.1. Beton Sınıfları ve Dayanımları (TS EN 206: 2013+A1)

Beton Sınıfı	Karakteristik Silindir Basınç Dayanımı (MPa)	Eşdeğer Küp Basınç Dayanımı (MPa)	Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı (MPa)	28 Günlük Elastisite Modülü (MPa)
C16	16	20	1,4	27000
C18	18	22	1,5	27500
C20	20	25	1,6	28000
C25	25	30	1,8	30000
C30	30	37	1,9	32000
C35	35	45	2,1	33000
C40	40	50	2,2	34000
C45	45	55	2,3	36000
C50	50	60	2,5	37000

4.3. Tekstil Takviyeli Beton Eğilme Deneyi Sonuçları

Üretilen numuneler dört nokta eğilme deneyine tabi tutulmuş ve eğilme davranışları incelenmiştir. Deney sonucunda hesaplanan eğilme dayanımı kuvveti

kullanılan takviye bileşeninin eğilme dayanımına etkisini gösterirken deney sırasında elde edilen verilerden oluşturulan yük-deplasman grafikleri ise numunelerin yük altında göstermiş olduğu davranışlar hakkında bilgi vermektedir.

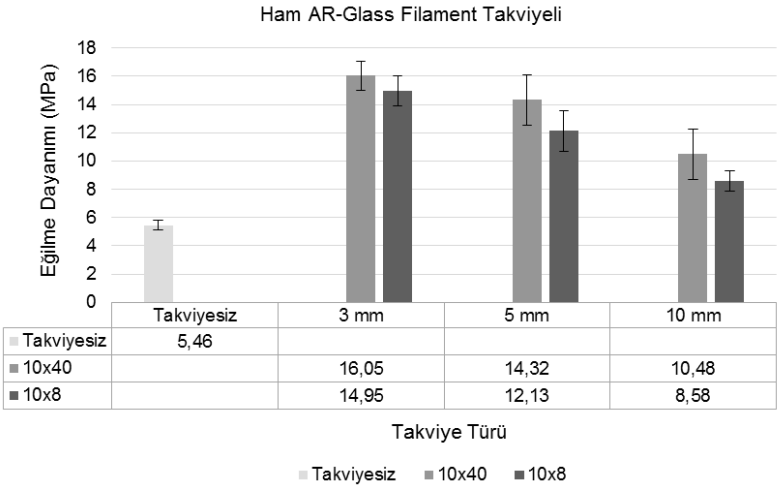
4.3.1. Tekstil Takviyeli Beton Numunelerin Eğilme Dayanımı Sonuçları

Eğilme dayanımı sonuçları ana takviye bileşen olarak kullanılan AR-Glass, bazalt ve karbon filament için olmak üzere üç ayrı bölümde incelenmiştir. Bu bölümlerde her bir tekstil takviye bileşeni sırasıyla ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplik formundaki ürünlerin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilip kullanılması sonucu elde edilen ürünlerin eğilme dayanımı sonuçları grafiklerde verilmiştir. Sonrasında da tüm takviye bileşenlerinin sırasıyla 3, 5 ve 10 mm'deki yerleştirilmesi sonucu elde edilen eğilme dayanımları sonuçlarına yer verilmiştir. Bu kısımda epoksi ve hibrit iplik formunun etkisinin gözlemlenmesi adına ham kullanımdaki değerlere de yer verilmiştir. Bölümlerin sonunda ise tüm parametrelerin etkilerini aynı grafikte görmek adına her bir takviye bileşenlerinin tüm numunelerine ait olan eğilme dayanımları tek grafikte gösterilmiştir. Son bölümde de bu üç farklı materyal birbirleriyle kıyaslanmış olup her bir tekstil takviye bileşenin 3, 5 ve 10 mm'deki yerleşimleri sonucu ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplik kullanım halindeki eğilme dayanımlarına yer verilmiştir. Kıyaslama yapmak amacıyla takviyesiz numunelerin eğilme dayanımı da grafiklerde gösterilmiştir. Takviye bileşeni için kullanılan alkali dayanımlı cam filament AR-Glass olarak kodlanırken, hibrit iplikli numuneler ise HY olarak kodlanmıştır.

4.3.1.1. AR-Glass Filament Takviyeli Beton Numunelerin Eğilme Dayanımı Sonuçları

Şekil 4.5'de ham AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.5

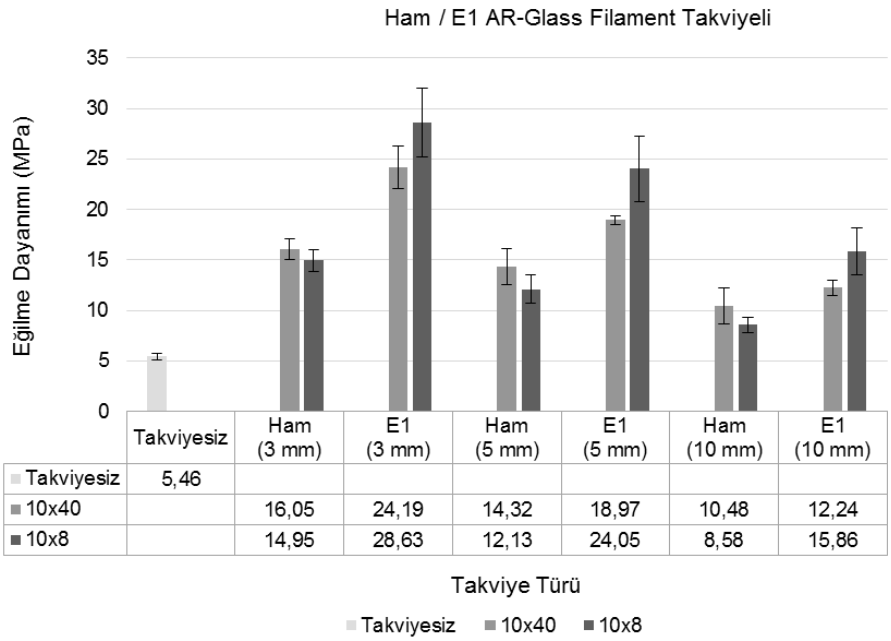
incelendiğinde ham AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine (numune tabanına) yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Takviye tekstil yüzeyleri eğilme yüzeyine yaklaştıkça eğilme esnasında etki eden kuvvetlerle daha erken karşılaşıp ortaya çıkan gerilimleri karşılamakta ve eğilme dayanıma daha büyük katkı sağladığı düşünülmektedir. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %36,6, 10x8 tekstil yüzeyi için %41,4'lük bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %12,1, 10x8 tekstil yüzeyi için %23,2'lik bir artış elde edilmiştir. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış 3 mm'de %7,3, 5 mm'de %18, 10 mm'de ise %22,1'dir. Takviye için kullanılan 10x40 tekstil yüzeyleri 10x8 tekstil yüzeylerine göre daha fazla temas yüzeyi oluşturmaktadır. Bu yapılarda kullanılan ham filamentler multifilament yapıda olduklarından beton içerinde daha iyi konumlanmakta ve her bir filament dayanıma katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, ham filament takviyesinde 10x40 tekstil yüzeylerin 10x8 tekstil yüzeylerine göre daha iyi eğilme dayanımı gösterdiği düşünülmektedir.



Şekil 4.5. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.6'da ham ve E1 epoksili AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.6 incelendiğinde E1 epoksili AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %55, 10x8 tekstil yüzeyi için %51,6'lık bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %27,5, 10x8 tekstil yüzeyi için %19'lu3k bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E1 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E1 epoksili numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış 3 mm'de %18,4, 5 mm'de %26,8, 10 mm'de ise %29,6'dır. Epoksi kaplaması sonucunda filament yapıların kalınlığı artmaktadır. Bu nedenle 10x40 tekstil yüzeylerinde betonların geçişine olanak sağlayan gözenekler azalmakta bunun sonucunda da oluşan ara yüzeylerin eğilme

dayanımında düşüşlere neden olduğu düşünülmektedir. E1 epoksili AR-Glass filament kullanımı ham AR-Glass filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %50,7, 5 mm'de %32,5 ve 10 mm'de %16,8 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %91,5, 5 mm'de %98,3 ve 10 mm'de %84,8'lik katkı sağlamıştır. Epoksi kullanımı, fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle takviye amacıyla kullanılan tekstil yüzeylerin eğilme dayanımına olan katkısını kayda değer oranlarda artırmıştır.

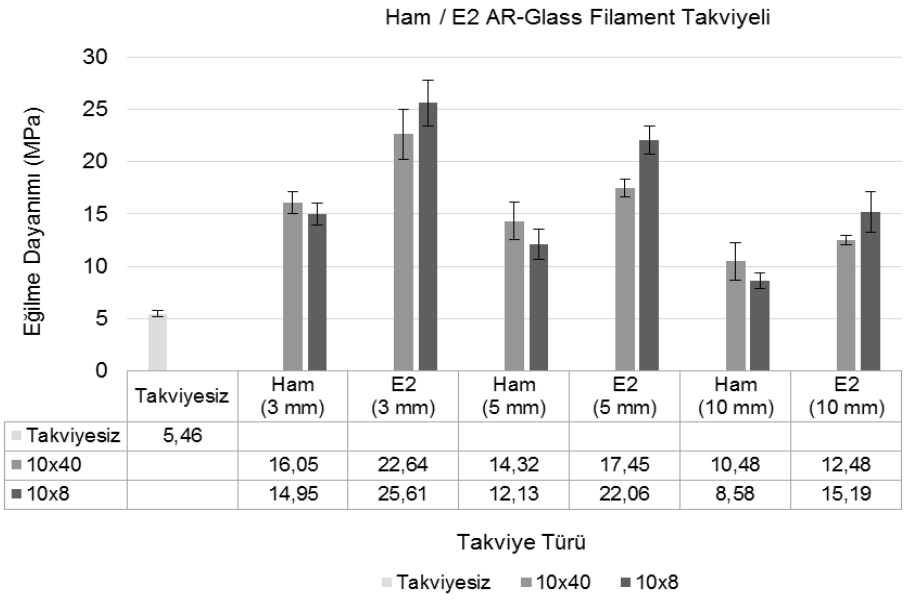


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E1 (3 mm)	Ham (5 mm)	E1 (5 mm)	Ham (10 mm)	E1 (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
10x40		16,05	24,19	14,32	18,97	10,48	12,24
10x8		14,95	28,63	12,13	24,05	8,58	15,86

Şekil 4.6. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.7'de ham ve E2 epoksili AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.7 incelendiğinde E2 epoksili AR-Glass filament kullanılarak

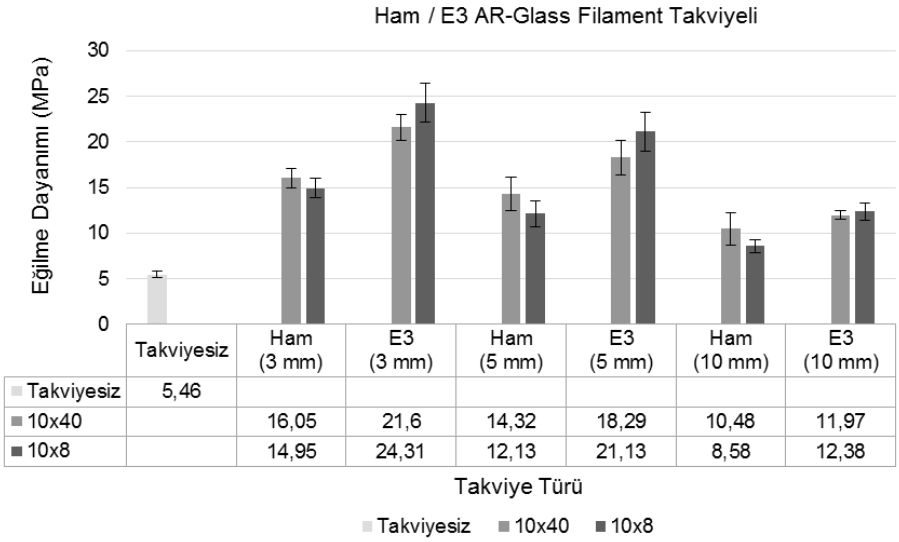
üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %39,8, 10x8 tekstil yüzeyi için %45,2'lik bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %29,7, 10x8 tekstil yüzeyi için %16'lık bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış 3 mm'de %13,1, 5 mm'de %26,4, 10 mm'de ise %21,7'dir. E2 epoksili AR-Glass filament kullanımı ham AR-Glass filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %41,1, 5 mm'de %21,8 ve 10 mm'de %19 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %71,3, 5 mm'de %81,8 ve 10 mm'de %77'lik katkı sağlamıştır.



	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E2 (3 mm)	Ham (5 mm)	E2 (5 mm)	Ham (10 mm)	E2 (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
10x40		16,05	22,64	14,32	17,45	10,48	12,48
10x8		14,95	25,61	12,13	22,06	8,58	15,19

Şekil 4.7. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.8'de ham ve E3 epoksili AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.8 incelendiğinde E3 epoksili AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %52,8, 10x8 tekstil yüzeyi için %70,7'lik bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %18,1, 10x8 tekstil yüzeyi için %15'lik bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış 3 mm'de %12,5, 5 mm'de %15,6, 10 mm'de ise %3,4'tür. E3 epoksili AR-Glass filament kullanımı ham AR-Glass filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %34,6, 5 mm'de %27,7 ve 10 mm'de %14,2 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %62,6, 5 mm'de %74,2 ve 10 mm'de %44,3'lük katkı sağlamıştır.

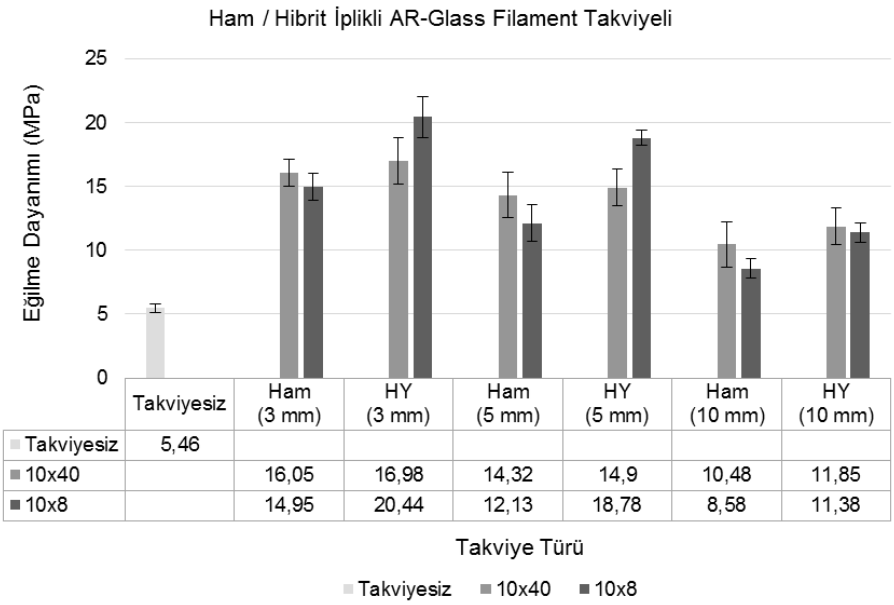


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E3 (3 mm)	Ham (5 mm)	E3 (5 mm)	Ham (10 mm)	E3 (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
10x40		16,05	21,6	14,32	18,29	10,48	11,97
10x8		14,95	24,31	12,13	21,13	8,58	12,38

Şekil 4.8. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.9' da ham ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.9 incelendiğinde hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %25,7, 10x8 tekstil yüzeyi için %65'lik bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %14, 10x8 tekstil yüzeyi için %8,8'lik bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre 3 ve 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış 3 mm'de %20,3, 5 mm'de %26'dır. 10 mm'de ise 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numunelere

göre %4.1 daha iyi eğilme dayanımı göstermiştir. Takviye yüzeyinin eğilme yüzeyinden uzak olması nedeniyle bu farklılığın oluştuğu öngörülmektedir. Hibrit iplikli AR-Glass filament kullanımı ham AR-Glass filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %5,8, 5 mm'de %4 ve 10 mm'de %13 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %36,7, 5 mm'de %54,8 ve 10 mm'de %32,6'lık katkı sağlamıştır. Hibrit iplik dış yüzeyinde bulunan termoplastik yapı eriyip merkezdeki takviye filament ile bütünleşerek daha stabil bir yapı oluşturmakta ve eğilme dayanımına katkı sağlamaktadır.

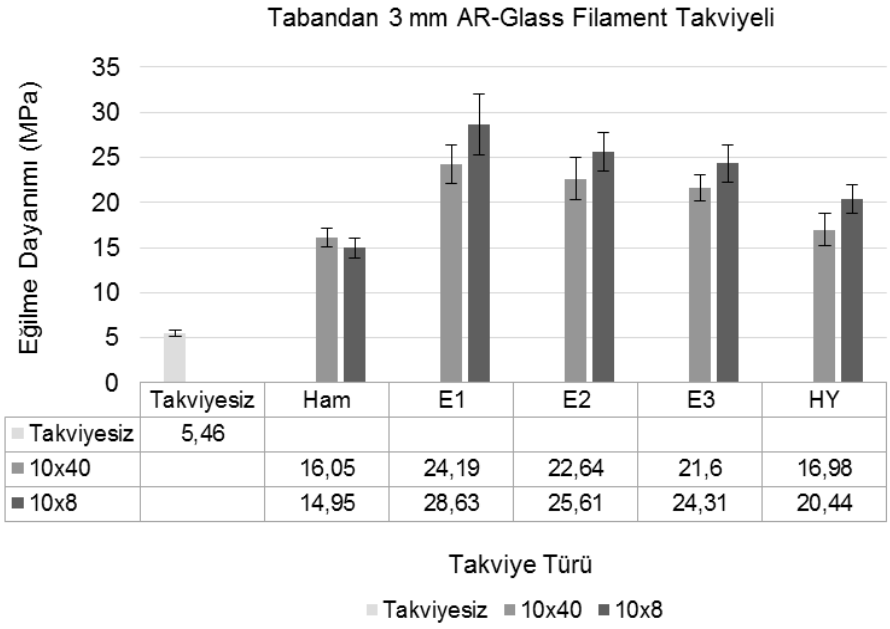


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	HY (3 mm)	Ham (5 mm)	HY (5 mm)	Ham (10 mm)	HY (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
10x40		16,05	16,98	14,32	14,9	10,48	11,85
10x8		14,95	20,44	12,13	18,78	8,58	11,38

Şekil 4.9. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.10'da ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.10 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli

AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham AR-Glass filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %50,7, E2 epoksili numuneler %41, E3 epoksili numuneler %34,6, hibrit iplikli numuneler %5,8 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham AR-Glass filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %91,5, E2 epoksili numuneler %71,3, E3 epoksili numuneler %62,6, hibrit iplikli numuneler %36,7 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir.

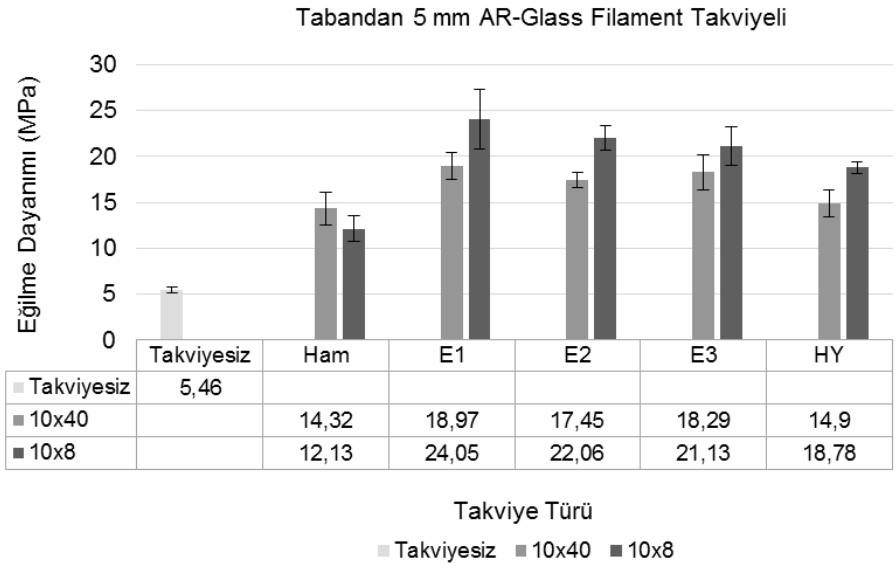


	Takviyesiz	Ham	E1	E2	E3	HY
Takviyesiz	5,46					
10x40		16,05	24,19	22,64	21,6	16,98
10x8		14,95	28,63	25,61	24,31	20,44

Şekil 4.10. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

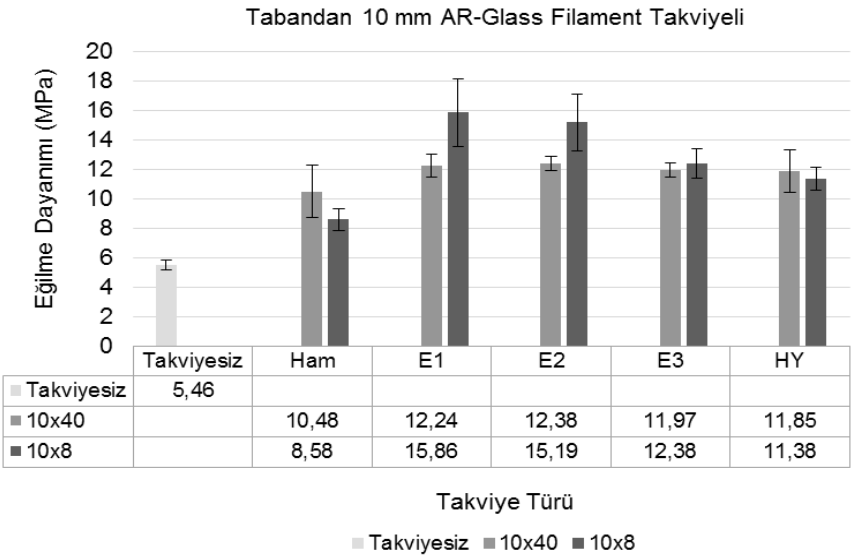
Şekil 4.11'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan

5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.11 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham AR-Glass filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %32,5, E2 epoksili numuneler %21,9, E3 epoksili numuneler %27,7, hibrit iplikli numuneler %4 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham AR-Glass filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %98,3, E2 epoksili numuneler %81,9, E3 epoksili numuneler %74,2, hibrit iplikli numuneler %54,8 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir.



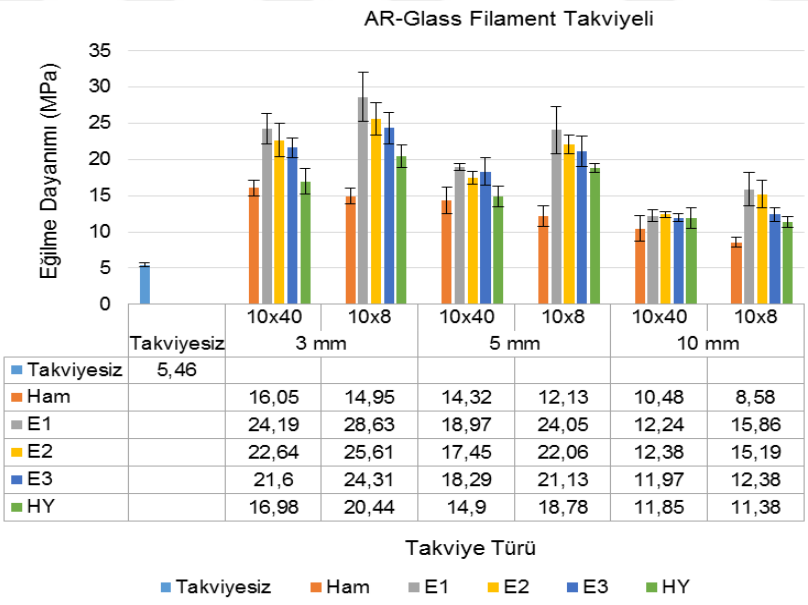
Şekil 4.11. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.12'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.12 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham AR-Glass filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %16,8, E2 epoksili numuneler %18,1, E3 epoksili numuneler %14,2, hibrit iplikli numuneler %13 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham AR-Glass filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %84,8, E2 epoksili numuneler %77, E3 epoksili numuneler %44,3, hibrit iplikli numuneler %32,6 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir.



Şekil 4.12. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.13'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.13 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek değerler vermekte olup en yüksek katkıyı E1 epoksili ürünler sağlarken en düşük katkıyı ise hibrit iplikli ürünler sağlamıştır. E1 epoksili numune üretim şartlarının AR-Glass filament kullanımı için daha uygun olduğu düşünülmektedir. Takviye bileşeni kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı epoksili ve hibrit iplikli numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı epoksili ve hibrit iplikli numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiştir.

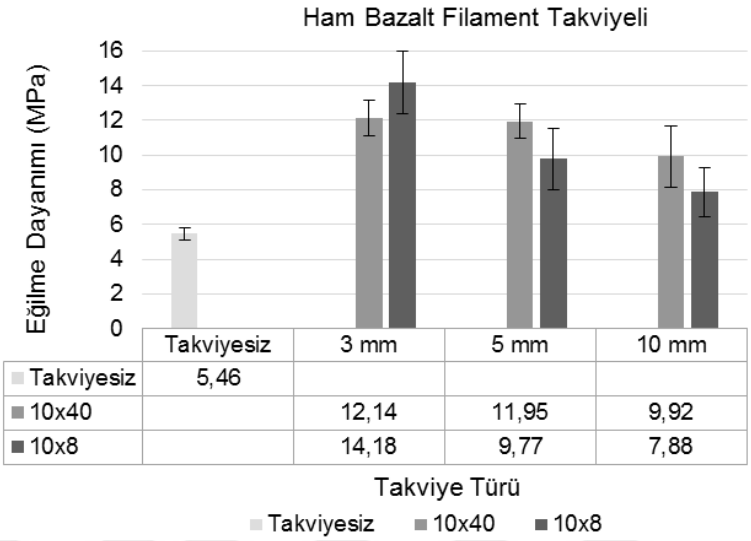


	Takviyesiz	10x40 (3 mm)	10x8 (3 mm)	10x40 (5 mm)	10x8 (5 mm)	10x40 (10 mm)	10x8 (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
Ham		16,05	14,95	14,32	12,13	10,48	8,58
E1		24,19	28,63	18,97	24,05	12,24	15,86
E2		22,64	25,61	17,45	22,06	12,38	15,19
E3		21,6	24,31	18,29	21,13	11,97	12,38
HY		16,98	20,44	14,9	18,78	11,85	11,38

Şekil 4.13. AR-Glass filament takviyeli tüm beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

4.3.1.2. Bazalt Filament Takviyeli Beton Numunelerin Eğilme Dayanımı Sonuçları

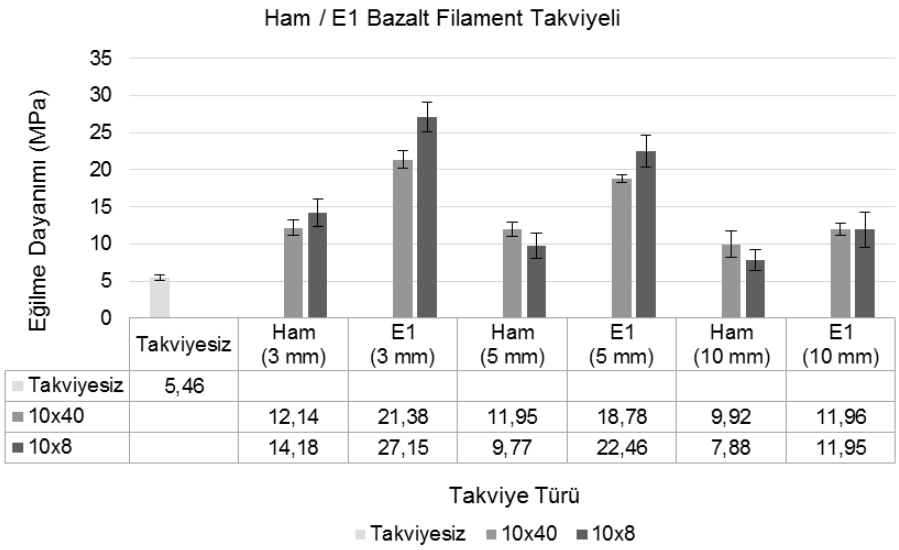
Şekil 4.14'de ham bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.14 incelendiğinde ham bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %20,5, 10x8 tekstil yüzeyi için %24'lük bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %2, 10x8 tekstil yüzeyi için %45,1'lik bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelere göre 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış %16,8'dır. Takviye yüzeyinin tabana yakın olması ve ham bazalt filamentin saçaklı yapısı nedeniyle takviye bileşenin konumlanmasında meydana gelen düzgünsüzlüğün 10x8 tekstil yüzeylerin daha iyi eğilme dayanımı değeri vermesine neden olduğu düşünülmektedir. 5 mm ve 10 mm'de ise 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelere göre; 5 mm'de %22,3, 10 mm'de %25,9 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir.



Şekil 4.14. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.15'de ham ve E1 epoksili bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.15 incelendiğinde E1 epoksili bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %57, 10x8 tekstil yüzeyi için %88'lik bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %13,8, 10x8 tekstil yüzeyi için %20,9'luk bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E1 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E1 epoksili numunelere göre 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup 10 mm mesafeye yerleştirildiğinde aynı eğilme dayanımı değerini vermiştir. Gerçekleşen artış 3 mm'de %27, 5 mm'de %19,6'dır. E1 epoksili bazalt filament kullanımı ham

bazalt filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %76,1, 5 mm'de %57,1 ve 10 mm'de %20,6 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %91,5, 5 mm'de %130 ve 10 mm'de %51,6'lık katkı sağlamıştır.

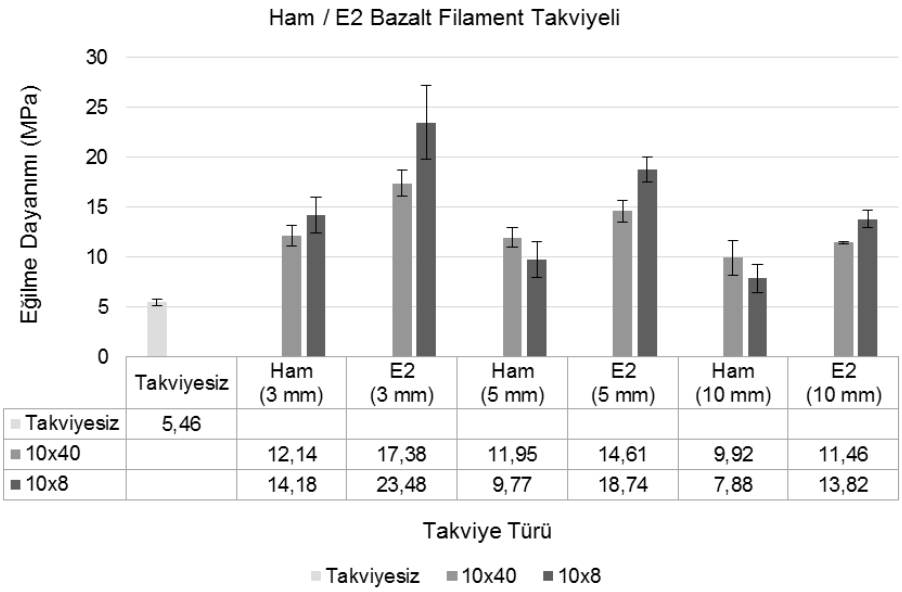


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E1 (3 mm)	Ham (5 mm)	E1 (5 mm)	Ham (10 mm)	E1 (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
10x40		12,14	21,38	11,95	18,78	9,92	11,96
10x8		14,18	27,15	9,77	22,46	7,88	11,95

Şekil 4.15. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.16'da ham ve E2 epoksili bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.16 incelendiğinde E2 epoksili bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %27,5, 10x8 tekstil yüzeyi için %35,6'lık bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %19, 10x8 tekstil yüzeyi için %25,3'lük bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili numuneler 10x40

tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış 3 mm'de %35,1, 5 mm'de %28,3, 10 mm'de ise %20,6'dır. E2 epoksili bazalt filament kullanımı ham bazalt filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %43,2, 5 mm'de %22,3 ve 10 mm'de %15,6 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %65,6, 5 mm'de %91,8 ve 10 mm'de %75,4'lük katkı sağlamıştır.

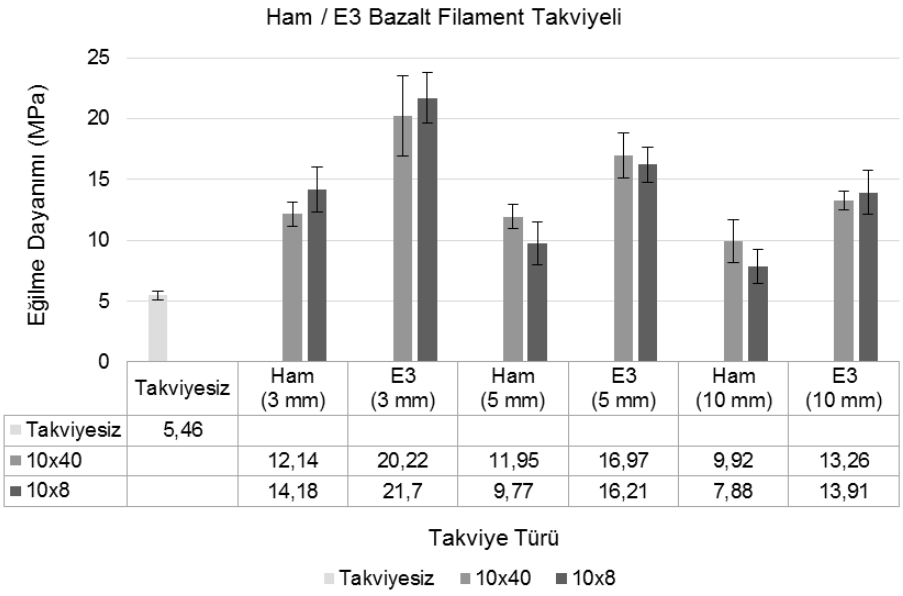


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E2 (3 mm)	Ham (5 mm)	E2 (5 mm)	Ham (10 mm)	E2 (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
10x40		12,14	17,38	11,95	14,61	9,92	11,46
10x8		14,18	23,48	9,77	18,74	7,88	13,82

Şekil 4.16. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.17'de ham ve E3 epoksili bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.17 incelendiğinde E3 epoksili bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü

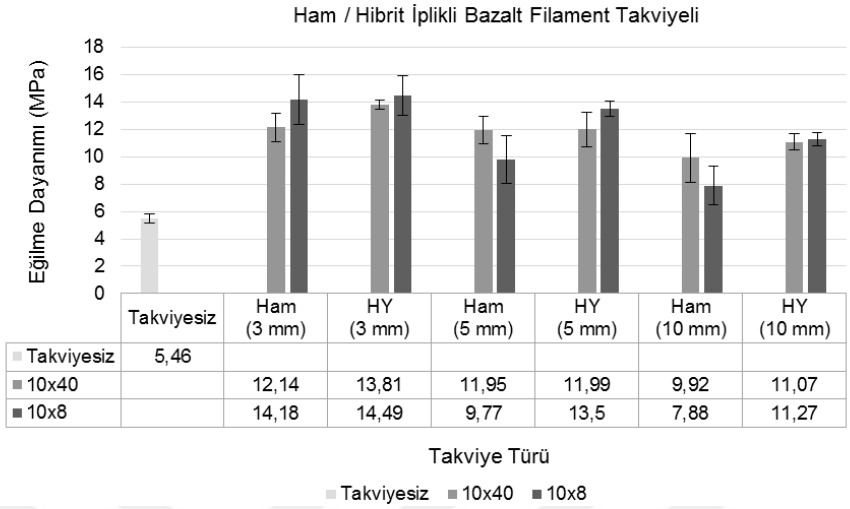
için %28, 10x8 tekstil yüzeyi için %16,5'lik bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %19,2, 10x8 tekstil yüzeyi için %33,9'luk bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre 3 ve 10 mm mesafeye yerleştirildiğinde daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış 3 mm'de %7,3, 10 mm'de %4,9'dur. 5 mm'de ise 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre %4.7 daha iyi eğilme dayanımı göstermiştir. E3 epoksili bazalt filament kullanımı ham bazalt filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %66,6, 5 mm'de %42 ve 10 mm'de %33,7 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %53, 5 mm'de %65,9 ve 10 mm'de %76,5'lik katkı sağlamıştır.



	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E3 (3 mm)	Ham (5 mm)	E3 (5 mm)	Ham (10 mm)	E3 (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
10x40		12,14	20,22	11,95	16,97	9,92	13,26
10x8		14,18	21,7	9,77	16,21	7,88	13,91

Şekil 4.17. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

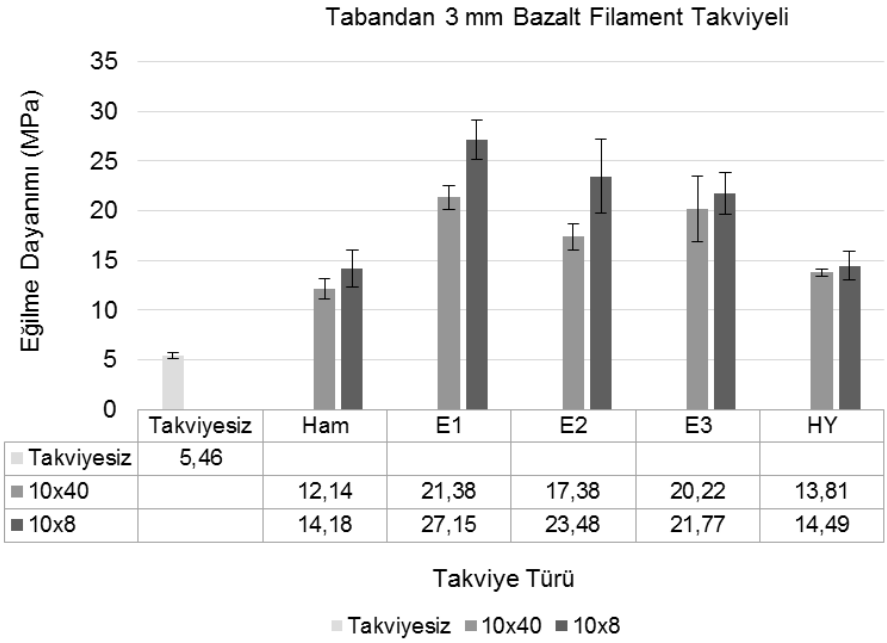
Şekil 4.18'de ham ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.18 incelendiğinde hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %8,3, 10x8 tekstil yüzeyi için %19,8'lik bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %15,2, 10x8 tekstil yüzeyi için %7,3'lük bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış 3 mm'de %4,9, 5 mm'de %12,6, 10 mm'de ise %1,8'dir. Hibrit iplikli bazalt filament kullanımı ham bazalt filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %13,7, 10 mm'de %11,6 katkı sağlarken 5 mm'de aynı kalıp, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %2,2, 5 mm'de %38,2 ve 10 mm'de %43'lük katkı sağlamıştır.



	Takviyesiz	Ham (3 mm)	HY (3 mm)	Ham (5 mm)	HY (5 mm)	Ham (10 mm)	HY (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
10x40		12,14	13,81	11,95	11,99	9,92	11,07
10x8		14,18	14,49	9,77	13,5	7,88	11,27

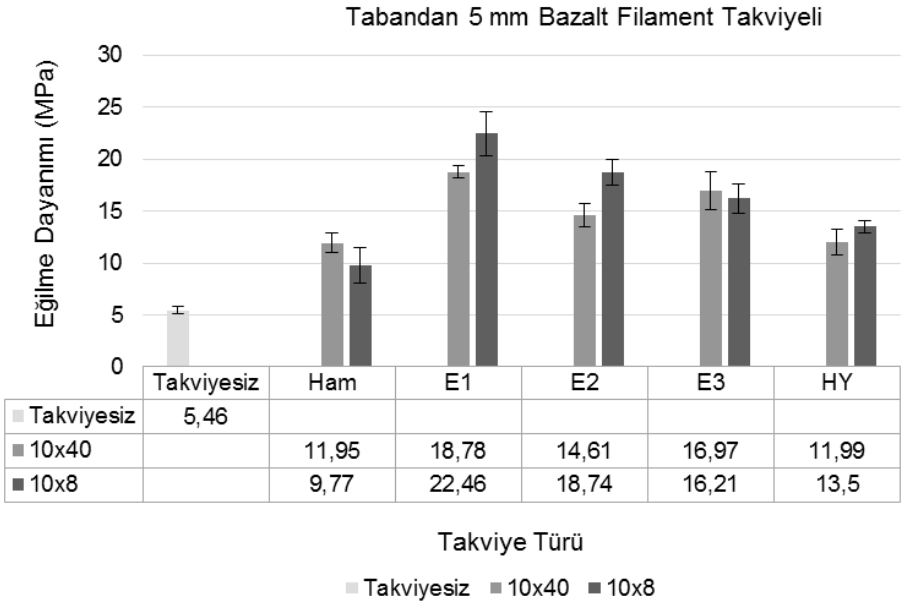
Şekil 4.18. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.19'da ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.19 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham bazalt filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %76,1, E2 epoksili numuneler %43,2, E3 epoksili numuneler %66,6, hibrit iplikli numuneler %13,8 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham bazalt filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %91,5, E2 epoksili numuneler %65,6, E3 epoksili numuneler %53,6, hibrit iplikli numuneler %2,2 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir.



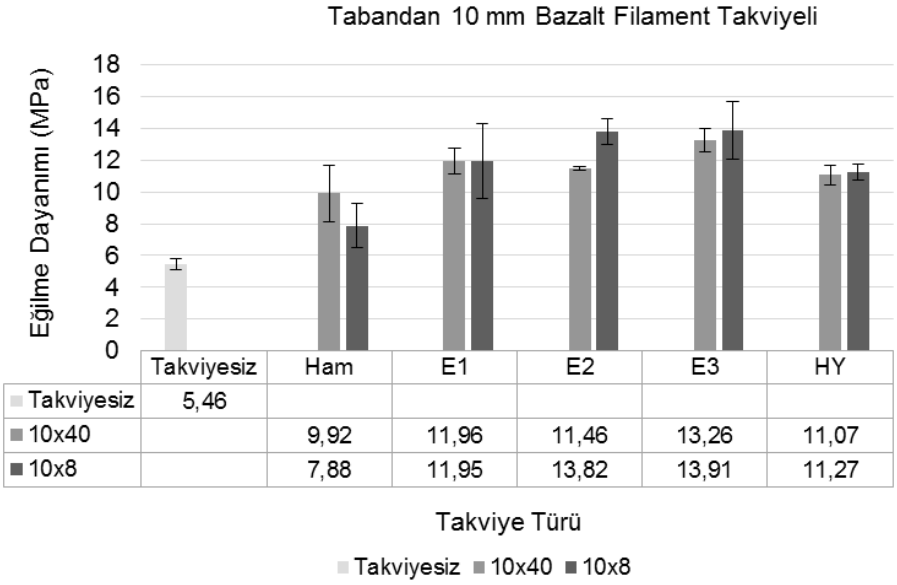
Şekil 4.19. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.20'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.20 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham bazalt kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham bazalt filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %57,2, E2 epoksili numuneler %22,3, E3 epoksili numuneler %42 daha yüksek eğilme dayanımı gösterirken hibrit iplikli numunelerde aynı kalmıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham bazalt filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %130, E2 epoksili numuneler %91,8, E3 epoksili numuneler %65,9, hibrit iplikli numuneler %38,2 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir.



Şekil 4.20. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

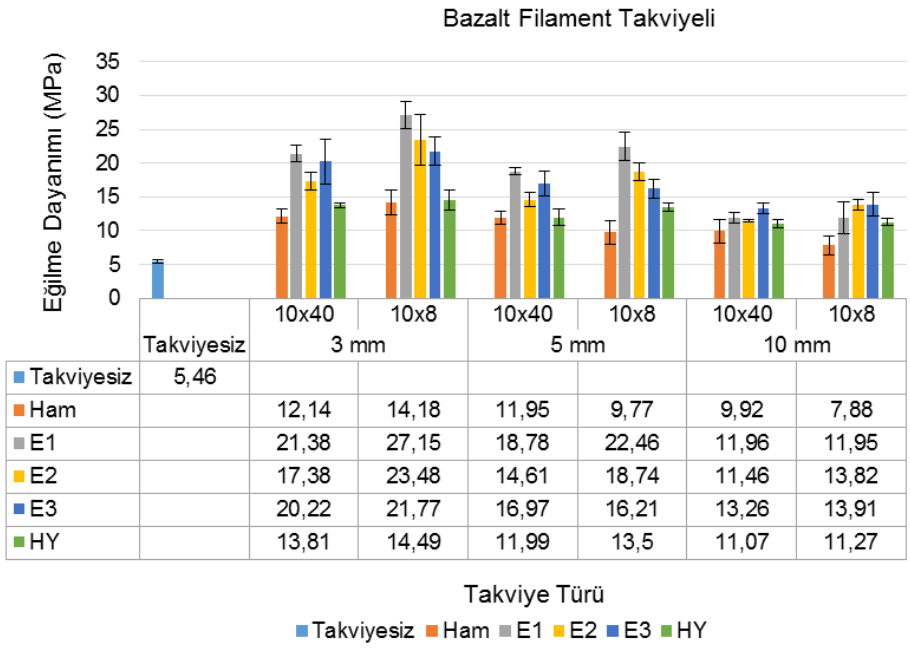
Şekil 4.21'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.21 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham bazalt filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %20,6, E2 epoksili numuneler %15,6, E3 epoksili numuneler %33,7, hibrit iplikli numuneler %11,6 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham bazalt filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %51,6, E2 epoksili numuneler %75,4, E3 epoksili numuneler %76,6, hibrit iplikli numuneler %43 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir.



Şekil 4.21. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.22'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.22 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek değerler vermekte olup en yüksek katkıyı 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde E1 epoksili ürünler, 10 mm mesafeye yerleştirildiğinde E3 epoksili ürünler sağlarken en düşük katkıyı ise hibrit iplikli ürünler sağlamıştır. E1 epoksili numune üretim şartlarının bazalt filament kullanımı için daha uygun olduğu düşünülmektedir. Takviye bileşeni kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı epoksili ve hibrit iplikli numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı epoksili ve hibrit iplikli numunelere

göre; 5 mm mesafe kullanımında E3 epoksili ürünler ve 10 mm mesafe kullanımında E1 epoksili ürünler haricinde hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiştir.



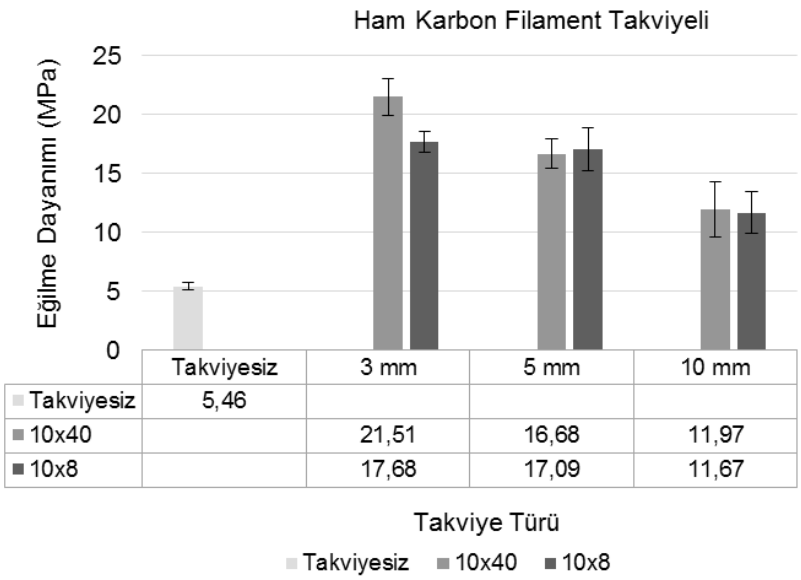
	Takviyesiz	10x40 (3 mm)	10x8 (3 mm)	10x40 (5 mm)	10x8 (5 mm)	10x40 (10 mm)	10x8 (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
Ham		12,14	14,18	11,95	9,77	9,92	7,88
E1		21,38	27,15	18,78	22,46	11,96	11,95
E2		17,38	23,48	14,61	18,74	11,46	13,82
E3		20,22	21,77	16,97	16,21	13,26	13,91
HY		13,81	14,49	11,99	13,5	11,07	11,27

Şekil 4.22. Bazalt filament takviyeli tüm beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

4.3.1.3. Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Eğilme Dayanımı Sonuçları

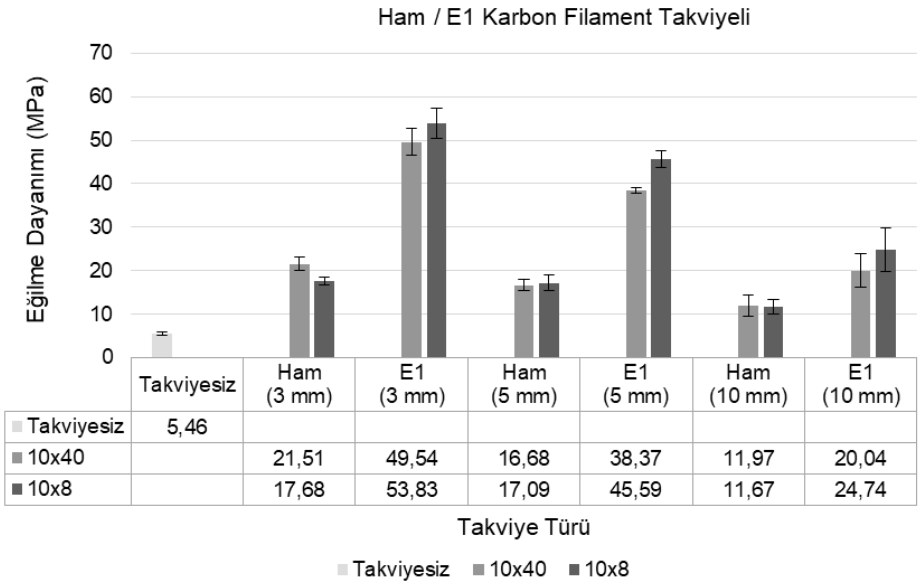
Şekil 4.23'de ham karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.23 incelendiğinde ham karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %39,3, 10x8 tekstil yüzeyi için %46,4'lük bir

artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %29, 10x8 tekstil yüzeyi için %3,5'lik bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelere göre 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde %2,5 daha yüksek eğilme dayanımı vermiştir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelere göre; 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde %21,7, 10 mm mesafeye yerleştirildiğinde %2,6 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir. Kullanılan takviye filamentler içerisinde en yüksek kopma dayanımına sahip olan karbon filamentler eğilme yüzeyine en yakın olan 3 mm mesafede konumlandırıldıklarında temas yüzeylerinin en fazla olduğu 10x40 tekstil yüzeyinde belirgin bir eğilme dayanımı artışı göstermiştir. 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirme durumlarında ise eğilme yüzeyinden uzaklaşmaları nedeniyle belirgin bir fark oluşturmadığı düşünülmektedir.



Şekil 4.23. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

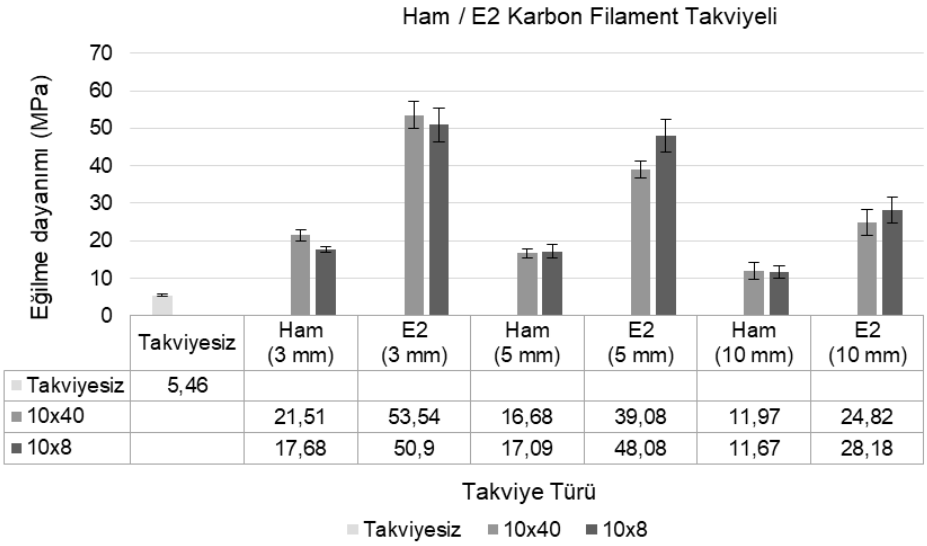
Şekil 4.24'de ham ve E1 epoksili karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.24 incelendiğinde E1 epoksili karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %91,5, 10x8 tekstil yüzeyi için %84,3'lük bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %29,11, 10x8 tekstil yüzeyi için %18'lik bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E1 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E1 epoksili numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış 3 mm'de %36,8, 5 mm'de %18,8, 10 mm'de ise %23,5'tir. E1 epoksili karbon filament kullanımı ham karbon filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %130, 5 mm'de %130 ve 10 mm'de %67,4 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %204, 5 mm'de %166,8 ve 10 mm'de %112'lik katkı sağlamıştır.



Şekil 4.24. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.25'de ham ve E2 epoksili karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.25 incelendiğinde E2 epoksili karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %57,5, 10x8 tekstil yüzeyi için %70,6'lık bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %37, 10x8 tekstil yüzeyi için %5,9'luk bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirildiğinde daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış 5 mm'de %23, 10 mm'de %13,5'tir. 3 mm'de ise 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili

numuneler 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre %5,2 daha iyi eğilme dayanımı göstermiş olup iki numune de yüksek eğilme dayanımı değeri vermiştir. E2 epoksili karbon filament kullanımı ham karbon filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %149, 5 mm'de %134,3 ve 10 mm'de %107,4 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %187,9, 5 mm'de %181,3 ve 10 mm'de %141,5'lik katkı sağlamıştır.

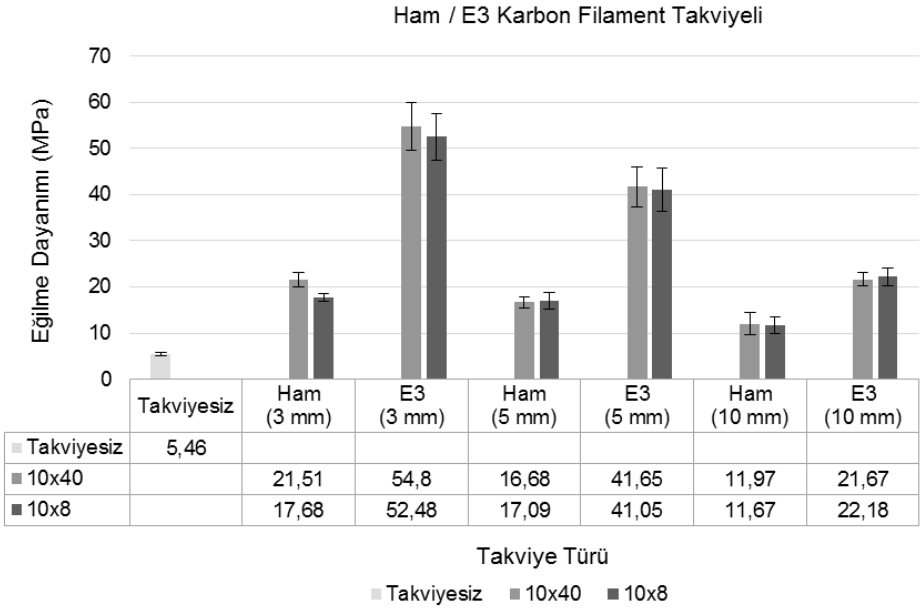


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E2 (3 mm)	Ham (5 mm)	E2 (5 mm)	Ham (10 mm)	E2 (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
10x40		21,51	53,54	16,68	39,08	11,97	24,82
10x8		17,68	50,9	17,09	48,08	11,67	28,18

Şekil 4.25. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.26'da ham ve E3 epoksili karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.26 incelendiğinde E3 epoksili karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %92,2, 10x8 tekstil yüzeyi için %85,1'lik bir artış elde edilmiştir. Tekstil

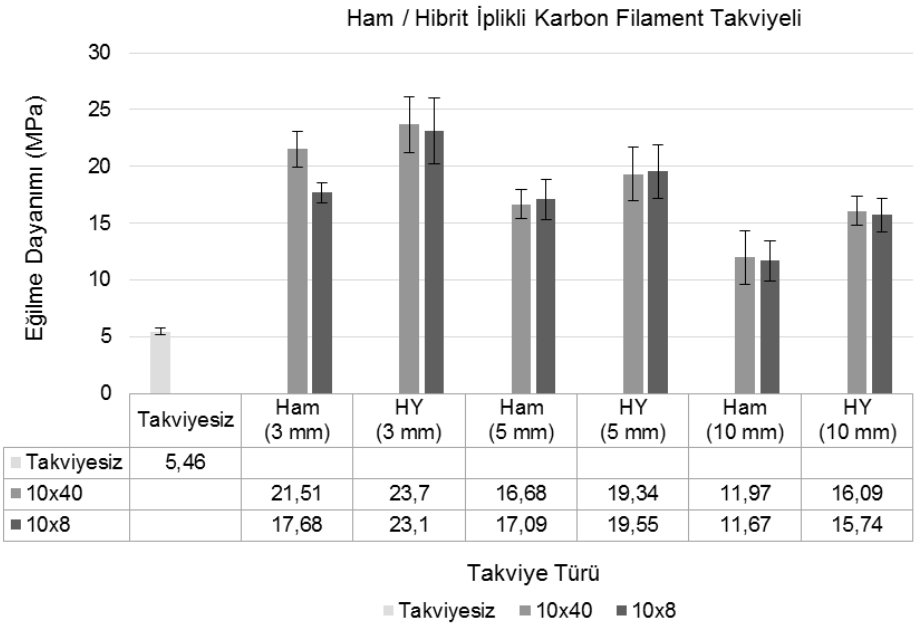
yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %31,6, 10x8 tekstil yüzeyi için %27,8'lik bir artış elde edilmiştir. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre 3 ve 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış 3 mm'de %4,4, 5 mm'de %1,5'tur. 10 mm'de ise 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre %2,4 daha iyi eğilme dayanımı göstermiştir. E3 epoksili karbon filament kullanımı ham karbon filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %154,8, 5 mm'de %149,7 ve 10 mm'de %81 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %196,8, 5 mm'de %140,2 ve 10 mm'de %90'lık katkı sağlamıştır.



	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E3 (3 mm)	Ham (5 mm)	E3 (5 mm)	Ham (10 mm)	E3 (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
10x40		21,51	54,8	16,68	41,65	11,97	21,67
10x8		17,68	52,48	17,09	41,05	11,67	22,18

Şekil 4.26. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.27'de ham ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.27 incelendiğinde hibrit iplikli karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %20,2, 10x8 tekstil yüzeyi için %24,2'lik bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %22,5, 10x8 tekstil yüzeyi için %18,2'lik bir artış elde edilmiştir. Hibrit iplik kullanımında elde edilen eğilme değerleri tekstil yüzeylerine göre çok fark göstermemektedir. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre 3 ve 10 mm mesafeye yerleştirildiğinde daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış 3 mm'de %2,6, 10 mm'de %2,2'dir. 5 mm'de ise 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre %1 daha iyi eğilme dayanımı göstermiştir. Hibrit iplikli karbon filament kullanımı ham karbon filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %10,2, 5 mm'de %16, 10 mm'de %34,4 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %30,7, 5 mm'de %14,4 ve 10 mm'de %34,9'luk katkı sağlamıştır.

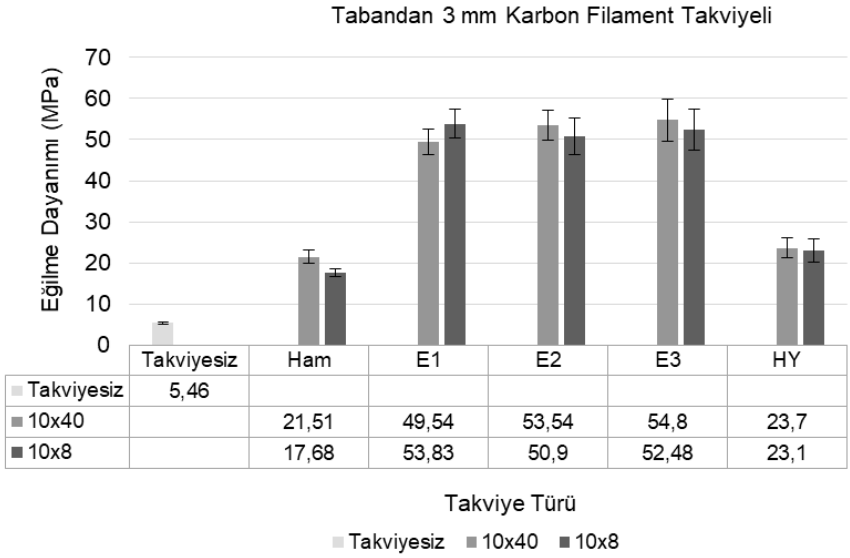


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	HY (3 mm)	Ham (5 mm)	HY (5 mm)	Ham (10 mm)	HY (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
10x40		21,51	23,7	16,68	19,34	11,97	16,09
10x8		17,68	23,1	17,09	19,55	11,67	15,74

Şekil 4.27. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham/hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.28'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.28 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek çıkmaktadır. Epoksili numuneler eğilme dayanımında birbirine yakın değerler vermiştir. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham karbon filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %82,9, E2 epoksili numuneler %149, E3 epoksili numuneler %154,8, hibrit iplikli numuneler %10,2 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham karbon filament kullanımıyla oluşturulan

yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %204,5, E2 epoksili numuneler %187,9, E3 epoksili numuneler %196,8, hibrit iplikli numuneler %30,7 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir.

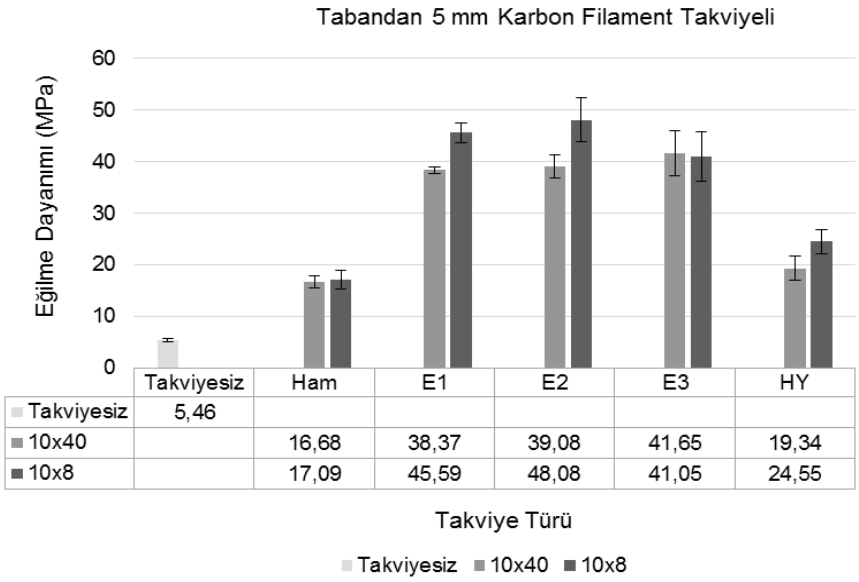


	Takviyesiz	Ham	E1	E2	E3	HY
Takviyesiz	5,46					
10x40		21,51	49,54	53,54	54,8	23,7
10x8		17,68	53,83	50,9	52,48	23,1

Şekil 4.28. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.29'da ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.29 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham karbon filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %130, E2 epoksili numuneler %134,3, E3 epoksili numuneler %149,7, hibrit iplikli numuneler %15,9 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham karbon filament kullanımıyla oluşturulan

yüzeylere göre E1 epoksili numuneler %166,8, E2 epoksili numuneler %181,3, E3 epoksili numuneler %140,2, hibrit iplikli numuneler %43,7 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir.

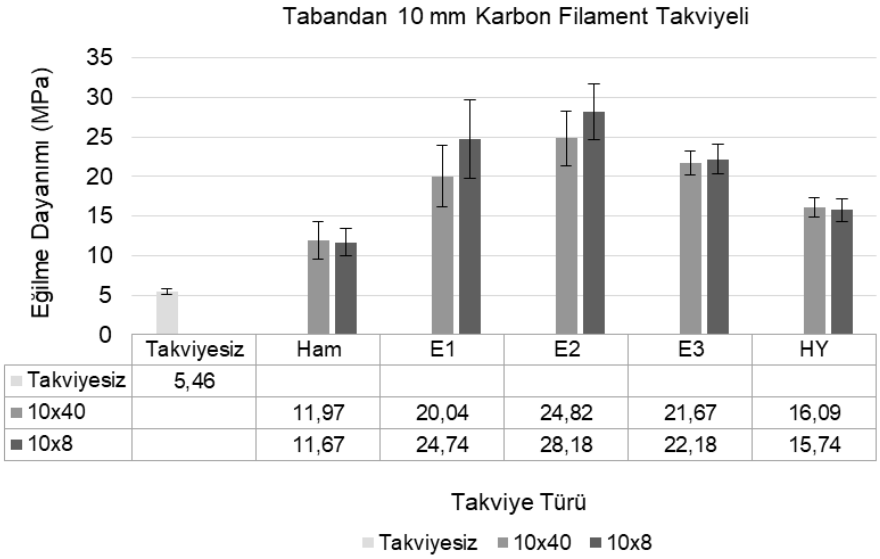


	Takviyesiz	Ham	E1	E2	E3	HY
Takviyesiz	5,46					
10x40		16,68	38,37	39,08	41,65	19,34
10x8		17,09	45,59	48,08	41,05	24,55

Şekil 4.29. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.30'da ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.30 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham karbon filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %67,4, E2 epoksili numuneler %149,1, E3 epoksili numuneler %81, hibrit iplikli numuneler %34,4 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi

türünün kullanıldığı numunelerde ise ham karbon filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %112, E2 epoksili numuneler %184,3, E3 epoksili numuneler %90, hibrit iplikli numuneler %34,9 daha yüksek eğilme dayanımı göstermiştir.

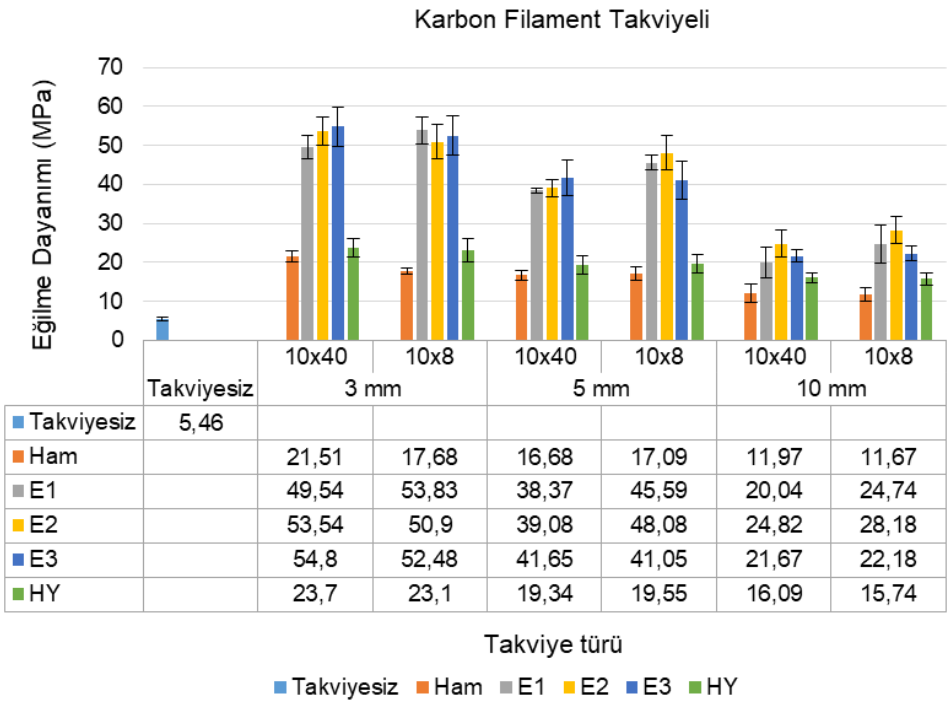


	Takviyesiz	Ham	E1	E2	E3	HY
Takviyesiz	5,46					
10x40		11,97	20,04	24,82	21,67	16,09
10x8		11,67	24,74	28,18	22,18	15,74

Şekil 4.30. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.31'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.31 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek değerler vermekte olup en yüksek katkıyı 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler için 3 mm ve 5 mm'de E3, 10 mm'de E2, 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise 3 mm'de E1, 5 mm ve 10 mm'de E2

epoksili ürünler sağlarken en düşük katkıyı ise her iki tekstil yüzeyi için de hibrit iplikli ürünler sağlamıştır. Takviye bileşeni kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı epoksili ve hibrit iplikli numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı epoksili ve hibrit iplikli numunelere göre; 3 mm mesafe kullanımında E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli ürünler, 5 mm mesafe kullanımında E3 epoksili ürünler ve 10 mm mesafe kullanımında hibrit iplikli ürünler haricinde hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiştir.



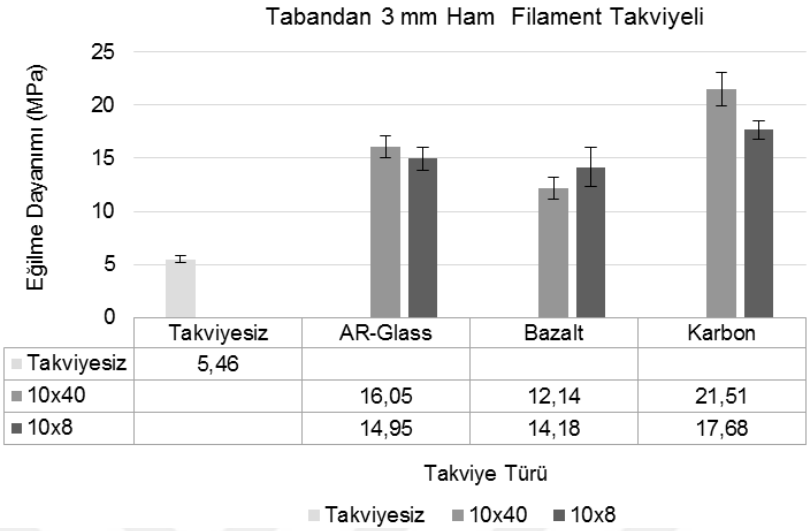
	Takviyesiz	10x40 (3 mm)	10x8 (3 mm)	10x40 (5 mm)	10x8 (5 mm)	10x40 (10 mm)	10x8 (10 mm)
Takviyesiz	5,46						
Ham		21,51	17,68	16,68	17,09	11,97	11,67
E1		49,54	53,83	38,37	45,59	20,04	24,74
E2		53,54	50,9	39,08	48,08	24,82	28,18
E3		54,8	52,48	41,65	41,05	21,67	22,18
HY		23,7	23,1	19,34	19,55	16,09	15,74

Şekil 4.31. Karbon filament takviyeli tüm beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

4.3.1.4. AR-Glass, Bazalt ve Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Eğilme Dayanımı Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde AR-Glass, bazalt ve karbon filamentlerin ham, E1-E2-E3 epoksili ve hibrit iplik formlarının tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafede kullanımı ile elde edilen numunelerin eğilme dayanımlarına yer verilmiştir. Kıyaslama yapmak amacıyla filamentlerin ham kullanım sonucu elde edilen değerler de grafiklerde gösterilmiştir. Son bölümde ise takviye bileşenlerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilerek elde edilen numunelerin eğilme dayanımı sonuçları toplu olarak verilmiştir.

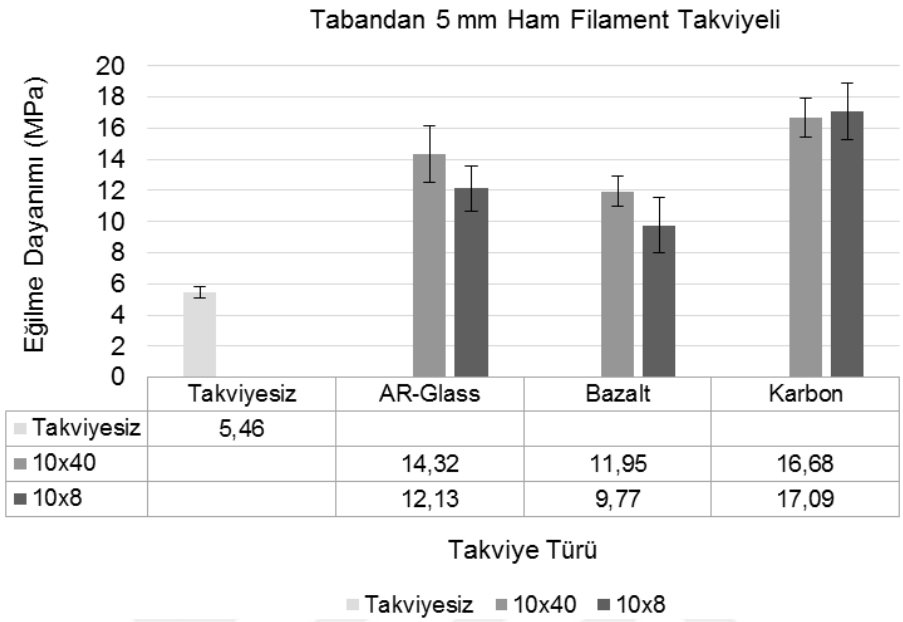
Şekil 4.32'de ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.32 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise bazalt filament sağlamıştır. Karbon filament sahip olduğu dayanımı eğilme dayanımı aktarırken, bazalt filamentte bu gerçekleşmemiştir. AR-Glass filamentin bazalt filamente göre beton içerisinde daha iyi performans değeri gösterdiği düşünülmektedir. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı AR-Glass ve karbon filamentli numunelerde 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelere göre daha yüksek eğilme dayanımı verirken, bazalt filament kullanıldığı durumda 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler daha yüksek eğilme dayanımı vermiştir. Bazalt filamentin saçaklı yapısı ve yerleşim yerinin tabana yakın olmasının bu sonuca neden olduğu düşünülmektedir.



	Takviyesiz	AR-Glass	Bazalt	Karbon
Takviyesiz	5,46			
10x40		16,05	12,14	21,51
10x8		14,95	14,18	17,68

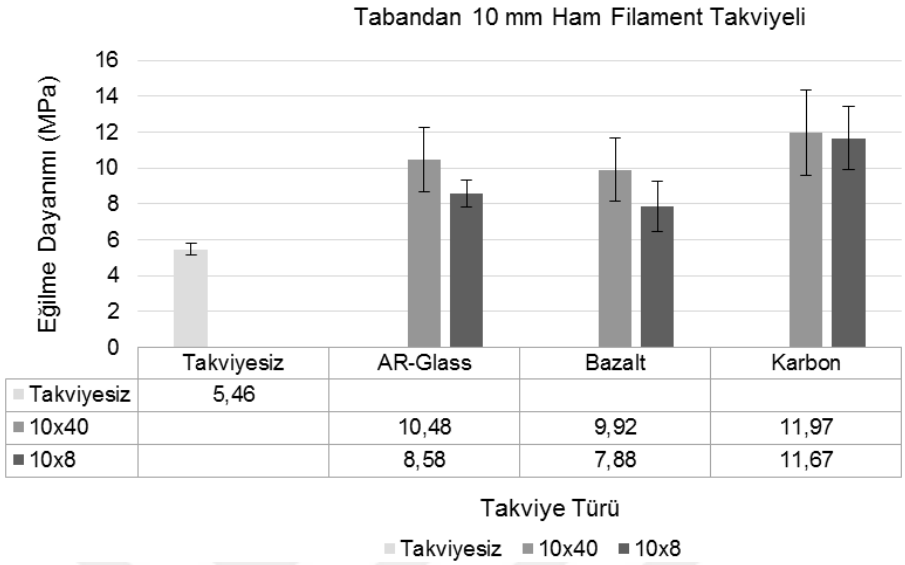
Şekil 4.32. Tabandan 3 mm ham filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.33'de ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.33 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise bazalt filament sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı AR-Glass ve bazalt filamentli numunelerde 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelere göre daha yüksek eğilme dayanımı verirken karbon filament kullanıldığı durumda 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler daha yüksek eğilme dayanımı vermiştir.



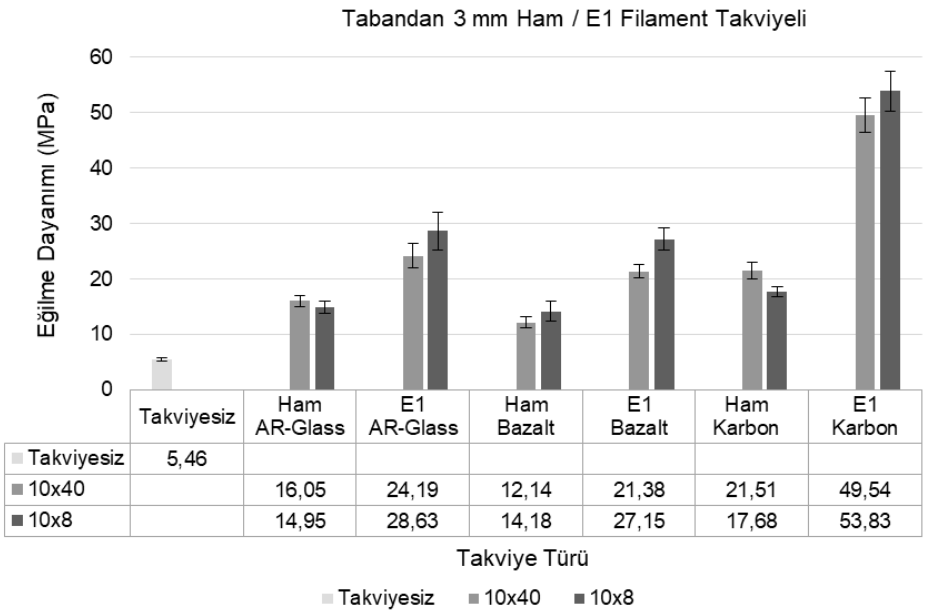
Şekil 4.33. Tabandan 5 mm ham filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.34'de ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.34 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise bazalt filament sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı tüm numuneler 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelere göre daha yüksek eğilme dayanımı verirmiştir.



Şekil 4.34. Tabandan 10 mm ham filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

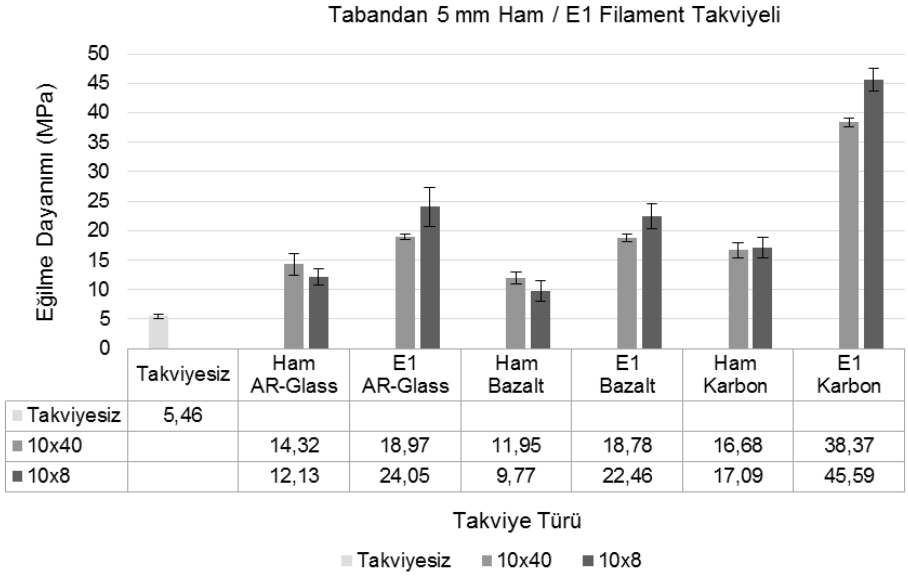
Şekil 4.35'de ham ve E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.35 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı E1 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E1 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E1 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E1 epoksili numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %18,3, bazalt filament kullanımında %27, karbon filament kullanımında ise %8,7'dir. E1 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre; eğilme dayanımında 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %130,3, bazalt filamentte %76,1, karbon filamentte %82,9 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %91,5, bazalt filamentte %91,5, karbon filamentte %204,5 katkı sağlamıştır.



Şekil 4.35. Tabandan 3 mm ham/E1 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.36'da ham ve E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.36 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı E1 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E1 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E1 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E1 epoksili numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %26,8, bazalt filament kullanımında %19,6, karbon filament kullanımında ise %18,8'dir. E1 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre; eğilme dayanımında 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %32,5, bazalt filamentte %57,2, karbon filamentte %130 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi

türünde ise AR-Glass filamentte %98,3, bazalt filamentte %130, karbon filamentte %166,8 katkı sağlamıştır.

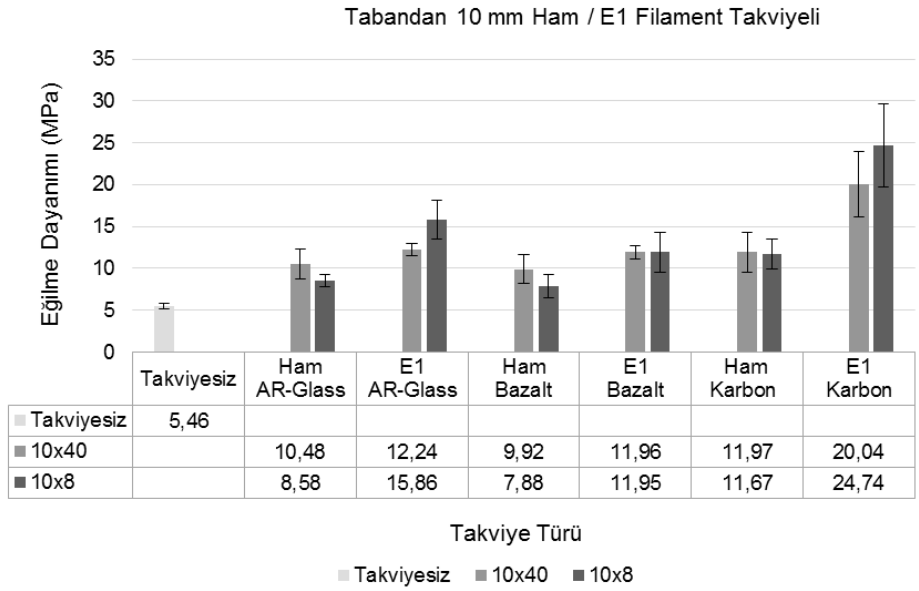


	Takviyesiz	Ham AR-Glass	E1 AR-Glass	Ham Bazalt	E1 Bazalt	Ham Karbon	E1 Karbon
Takviyesiz	5,46						
10x40		14,32	18,97	11,95	18,78	16,68	38,37
10x8		12,13	24,05	9,77	22,46	17,09	45,59

Şekil 4.36. Tabandan 5 mm ham/E1 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.37'de ham ve E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.37 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı E1 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E1 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E1 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E1 epoksili numunelere göre bazalt filament kullanımı haricinde hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %29,6, karbon filament kullanımında %23,5 iken bazalt filament kullanımında kayda değer bir değişme olmamıştır. E1 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre; eğilme dayanımında 10x40

tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %16,8, bazalt filamentte %20,6, karbon filamentte %67,4 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %84,8, bazalt filamentte %51,6, karbon filamentte %112 katkı sağlamıştır.

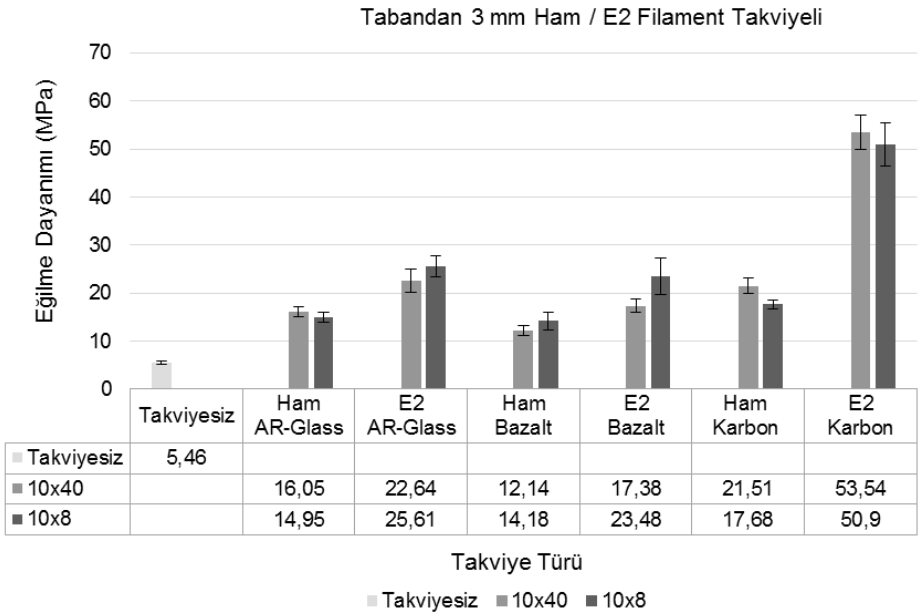


	Takviyesiz	Ham AR-Glass	E1 AR-Glass	Ham Bazalt	E1 Bazalt	Ham Karbon	E1 Karbon
Takviyesiz	5,46						
10x40		10,48	12,24	9,92	11,96	11,97	20,04
10x8		8,58	15,86	7,88	11,95	11,67	24,74

Şekil 4.37. Tabandan 10 mm ham/E1 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.38'de ham ve E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.38 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı E2 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E2 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre karbon filament kullanımı haricinde hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %13,1 iken bazalt filament kullanımında

%35,1'dir. Karbon filament kullanımında ise 10x40 tekstil yüzeyi türü 10x8 tekstil yüzeyi türüne göre %5,2 daha yüksek eğilme dayanımı sağlamıştır. E2 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre; eğilme dayanımında 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %41,1, bazalt filamentte %43,2, karbon filamentte %148,9 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %71,3, bazalt filamentte %65,6, karbon filamentte %187,9 katkı sağlamıştır.

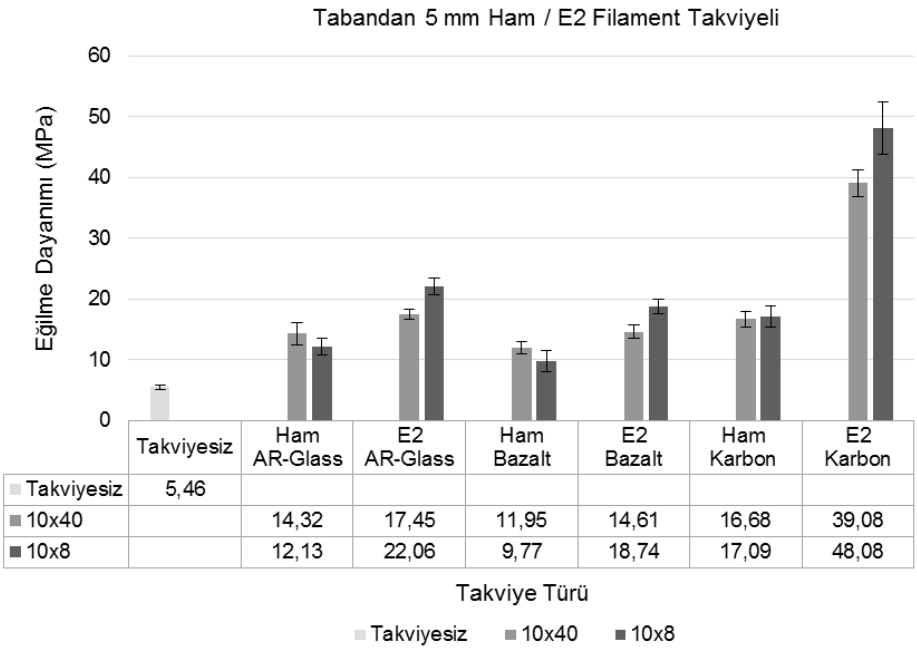


	Takviyesiz	Ham AR-Glass	E2 AR-Glass	Ham Bazalt	E2 Bazalt	Ham Karbon	E2 Karbon
Takviyesiz	5,46						
10x40		16,05	22,64	12,14	17,38	21,51	53,54
10x8		14,95	25,61	14,18	23,48	17,68	50,9

Şekil 4.38. Tabandan 3 mm ham/E2 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.39'da ham ve E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.39 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı E2 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E2 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili

numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %26,4, bazalt filament kullanımında %28,3, karbon filament kullanımında ise %23'dür. E2 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre; eğilme dayanımında 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %21,9, bazalt filamentte %22,2, karbon filamentte %134,3 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %81,9, bazalt filamentte %91,8, karbon filamentte %181,3 katkı sağlamıştır.

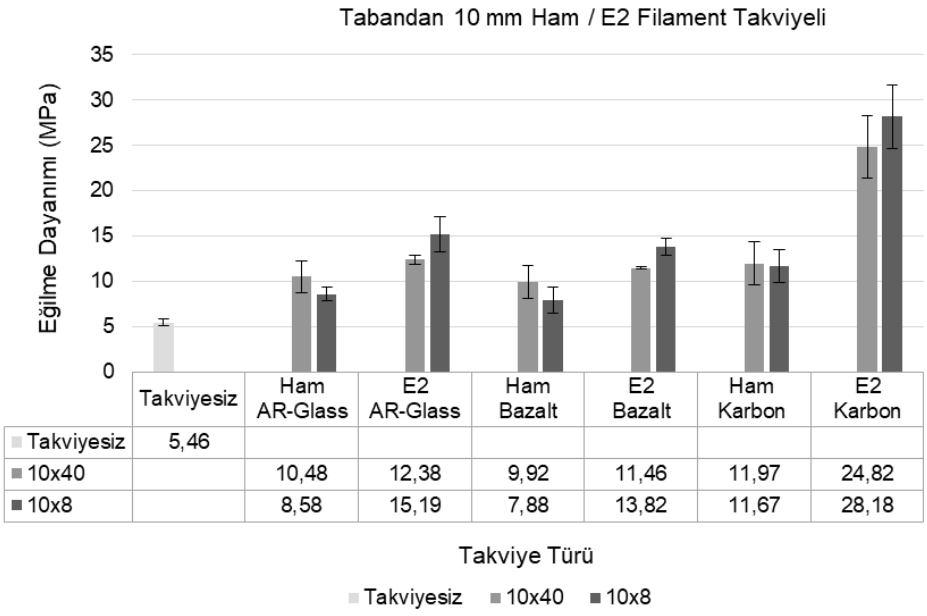


	Takviyesiz	Ham AR-Glass	E2 AR-Glass	Ham Bazalt	E2 Bazalt	Ham Karbon	E2 Karbon
Takviyesiz	5,46						
10x40		14,32	17,45	11,95	14,61	16,68	39,08
10x8		12,13	22,06	9,77	18,74	17,09	48,08

Şekil 4.39. Tabandan 5 mm ham/E2 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.40'da ham ve E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.40 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı

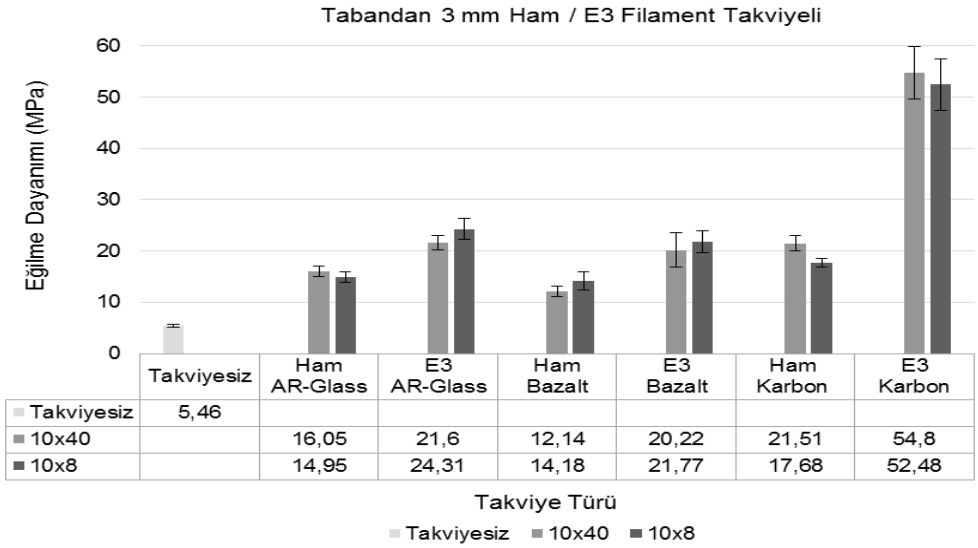
E2 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E2 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %22,7, bazalt filament kullanımında %20,6, karbon filament kullanımında ise %15,5'tir. E2 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre; eğilme dayanımında 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %18,1, bazalt filamentte %15,5, karbon filamentte %107,4 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %77, bazalt filamentte %75,4, karbon filamentte %141,5 katkı sağlamıştır.



	Takviyesiz	Ham AR-Glass	E2 AR-Glass	Ham Bazalt	E2 Bazalt	Ham Karbon	E2 Karbon
Takviyesiz	5,46						
10x40		10,48	12,38	9,92	11,46	11,97	24,82
10x8		8,58	15,19	7,88	13,82	11,67	28,18

Şekil 4.40. Tabandan 10 mm ham/E2 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

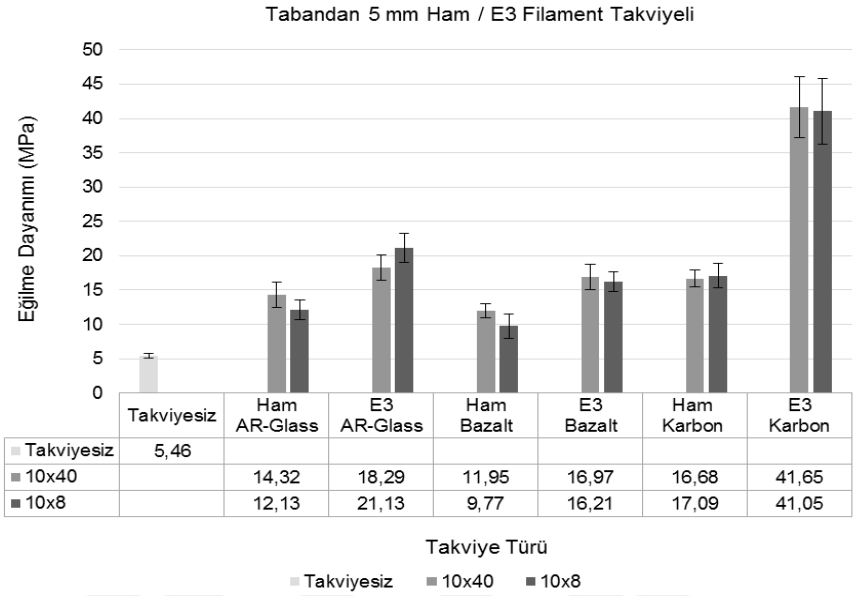
Şekil 4.41'de ham ve E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.41 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı E3 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E3 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre karbon filament kullanımı dışında hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %12,6, bazalt filament kullanımında %7,7'dir. Karbon filament kullanımında ise 10x40 tekstil yüzeyi kullanımı 10x8 tekstil yüzeyi kullanımına göre %4,4 daha yüksek eğilme dayanımı vermiştir. E3 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre; eğilme dayanımında 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %34,6, bazalt filamentte %66,6, karbon filamentte %154,8 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %62,6, bazalt filamentte %53,5, karbon filamentte %196,8 katkı sağlamıştır.



	Takviyesiz	Ham AR-Glass	E3 AR-Glass	Ham Bazalt	E3 Bazalt	Ham Karbon	E3 Karbon
Takviyesiz	5,46						
10x40		16,05	21,6	12,14	20,22	21,51	54,8
10x8		14,95	24,31	14,18	21,77	17,68	52,48

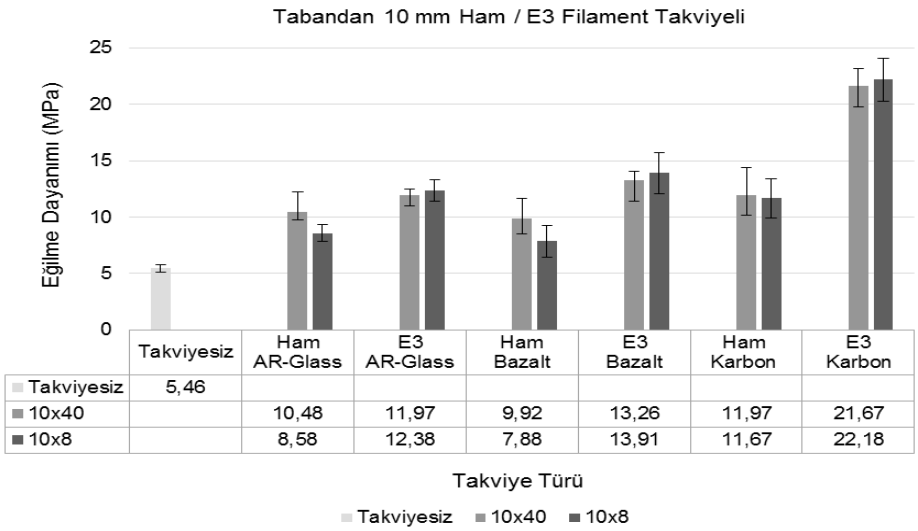
Şekil 4.41. Tabandan 3 mm ham/E3 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.42'de ham ve E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.42 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı E3 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E3 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre AR-Glass filament kullanımı dışında hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış bazalt filament kullanımında %4,7, karbon filament kullanımında %1,5'dur. AR-Glass filament kullanımında ise 10x8 tekstil yüzeyi kullanımı 10x40 tekstil yüzeyi kullanımına göre %15,5 daha yüksek eğilme dayanımı vermiştir. E3 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre; eğilme dayanımında 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %27,7, bazalt filamentte %42, karbon filamentte %149,7 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %74,2, bazalt filamentte %65,9, karbon filamentte %140,2 katkı sağlamıştır.



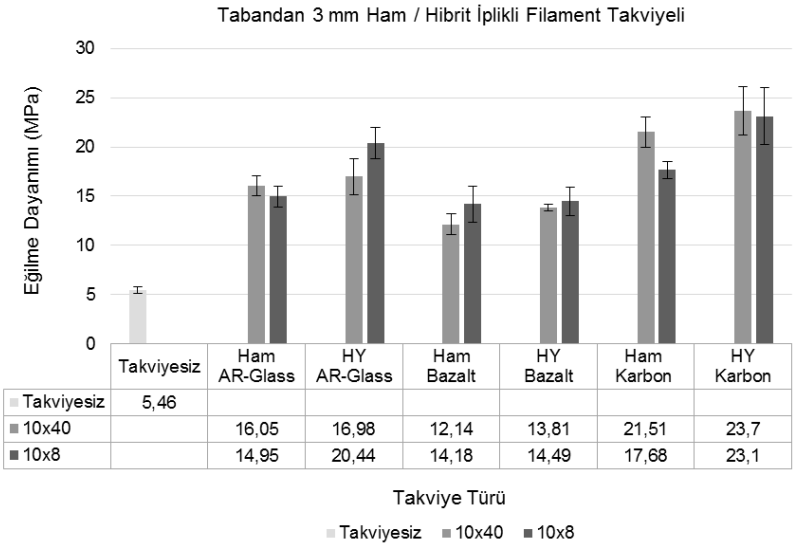
Şekil 4.42. Tabandan 5 mm ham/E3 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.43'de ham ve E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.43 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı E3 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E3 epoksili AR-Glass filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %3,4, bazalt filament kullanımında %4,9, karbon filament kullanımında ise %2,4'tür. E3 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre; eğilme dayanımında 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %14,2, bazalt filamentte %33,7, karbon filamentte %81 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %44,3, bazalt filamentte %76,5, karbon filamentte %90,1 katkı sağlamıştır.



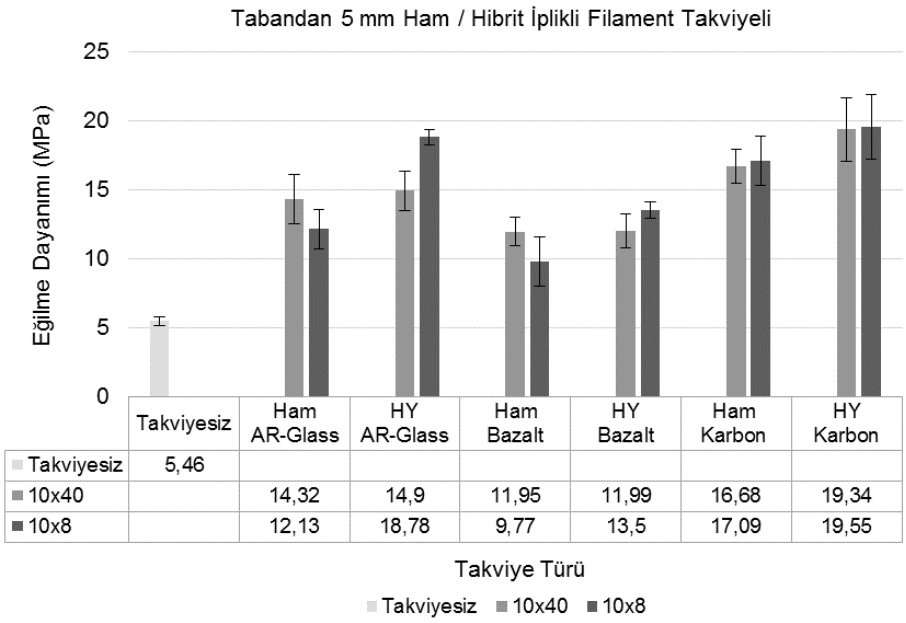
Şekil 4.43. Tabandan 10 mm ham/E3 epoksili filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.44'de ham ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.44 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı hibrit iplikli karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise hibrit iplikli bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre karbon filament kullanımı dışında hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %20,4, bazalt filament kullanımında %4,9'dur. Karbon filament kullanımında ise 10x40 tekstil yüzeyi kullanımı 10x8 tekstil yüzeyi kullanımına göre %2,6 daha yüksek eğilme dayanımı vermiştir. Hibrit iplikli filament kullanımı ham filament kullanımına göre; eğilme dayanımında 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %5,8, bazalt filamentte %13,8, karbon filamentte %10,2 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %36,7, bazalt filamentte %2,2, karbon filamentte %30,7 katkı sağlamıştır.



Şekil 4.44. Tabandan 3 mm ham/hibrit iplikli filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

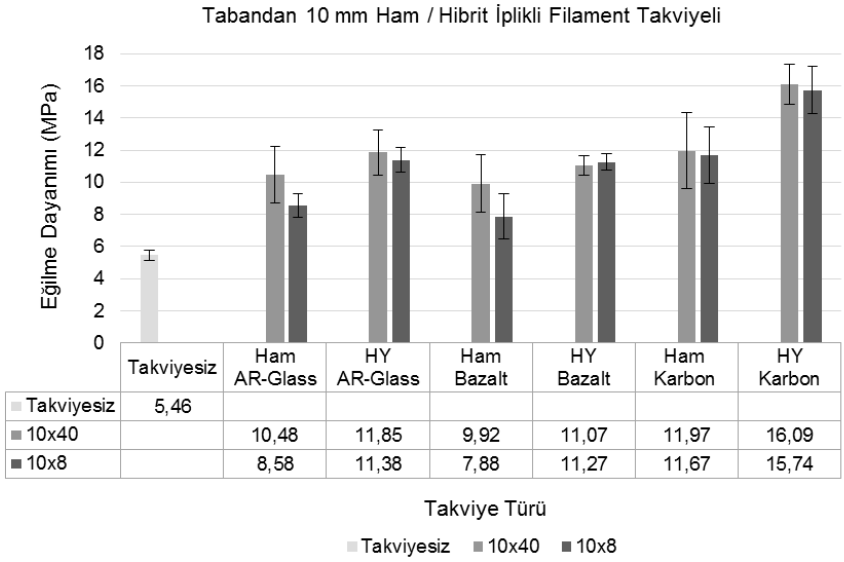
Şekil 4.45'de ham ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.45 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı hibrit iplikli karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise hibrit iplikli bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %26, bazalt filament kullanımında %12,6, karbon filament kullanımında ise %1'dir. Hibrit iplikli filament kullanımı ham filament kullanımına göre; eğilme dayanımında 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %4,1, bazalt filamentte %0,3, karbon filamentte %15,9 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %54,8, bazalt filamentte %38,2, karbon filamentte %14,4 katkı sağlamıştır.



Şekil 4.45. Tabandan 5 mm ham/hibrit iplikli filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.46'da ham ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.46 incelendiğinde eğilme dayanımına en fazla katkıyı hibrit iplikli karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise hibrit iplikli bazalt filament sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre bazalt filament kullanımı dışında hep daha yüksek eğilme dayanımı vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %4,1, karbon filament kullanımında %2,2'dir. Bazalt filament kullanımında ise 10x8 tekstil yüzeyi kullanımı 10x40 tekstil yüzeyi kullanımına göre %1,8 daha yüksek eğilme dayanımı vermiştir. Hibrit iplikli filament kullanımı ham filament kullanımına göre; eğilme dayanımında 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %13,1, bazalt filamentte %11,6, karbon

filamentte %34,4 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %32,6, bazalt filamentte %43, karbon filamentte %34,9 katkı sağlamıştır.

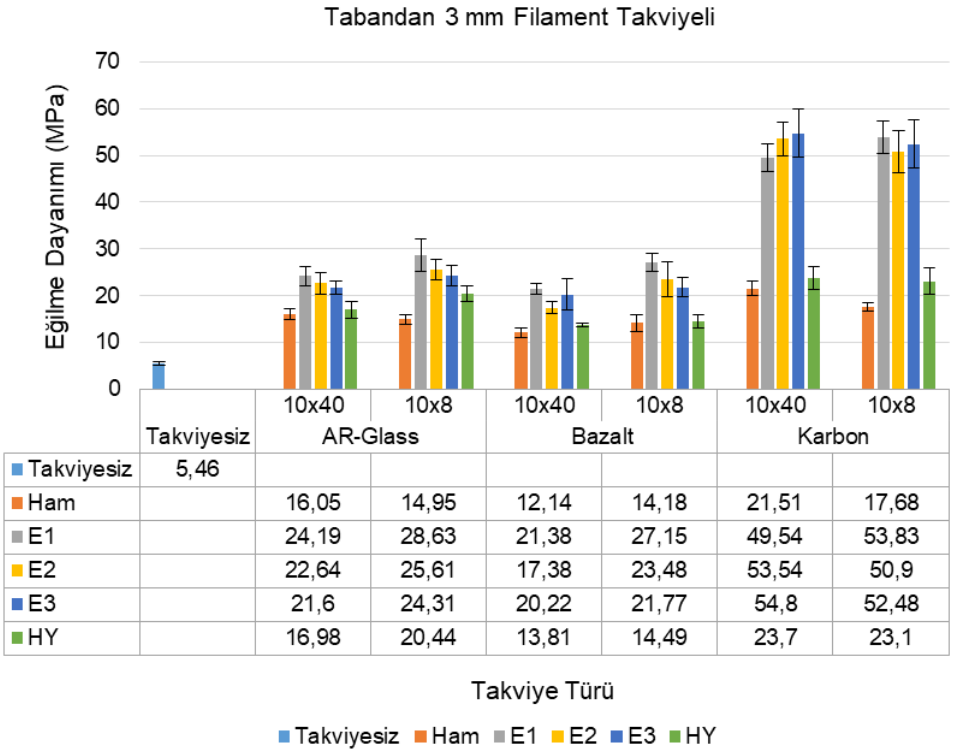


	Takviyesiz	Ham AR-Glass	HY AR-Glass	Ham Bazalt	HY Bazalt	Ham Karbon	HY Karbon
Takviyesiz	5,46						
10x40		10,48	11,85	9,92	11,07	11,97	16,09
10x8		8,58	11,38	7,88	11,27	11,67	15,74

Şekil 4.46. Tabandan 10 mm ham/hibrit iplikli filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.47'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.47 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli AR-Galss, bazalt ve karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek değerler vermekte olup en yüksek katkıyı 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı karbon filament numuneler için E3 epoksili numuneler verirken diğer tüm numunelerde E1 epoksili numuneler en iyi değeri vermiştir. En düşük katkıyı ise her iki tekstil yüzeyi için de hibrit iplikli ürünler sağlamıştır. Benzer tekstil yüzeyi ve epoksi türü

kullanımında eğilme dayanımı için en iyi değeri karbon filamentin kullanıldığı numuneler verirken en düşük değeri ise bazalt filamentin kullanıldığı numuneler vermiştir. Karbon filamentler başlangıçta sahip olduğu dayanımı eğilme dayanımına aktarırken, bazalt filamentli numuneler AR-Glass filament kullanılan numunelere göre daha düşük eğilme dayanımı vermiştir. Epoksi türünün AR-Glass ile daha iyi uyum sağladığı düşünülmektedir.

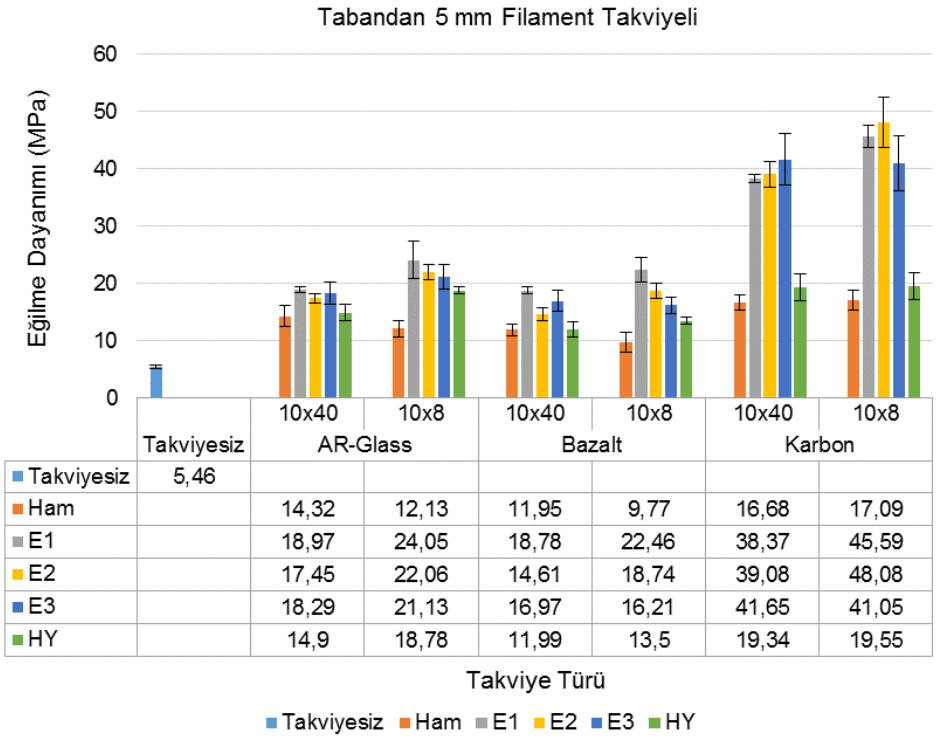


	Takviyesiz	AR-Glass 10x40	AR-Glass 10x8	Bazalt 10x40	Bazalt 10x8	Karbon 10x40	Karbon 10x8
Takviyesiz	5,46						
Ham		16,05	14,95	12,14	14,18	21,51	17,68
E1		24,19	28,63	21,38	27,15	49,54	53,83
E2		22,64	25,61	17,38	23,48	53,54	50,9
E3		21,6	24,31	20,22	21,77	54,8	52,48
HY		16,98	20,44	13,81	14,49	23,7	23,1

Şekil 4.47. Tabandan 3 mm AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.48'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton

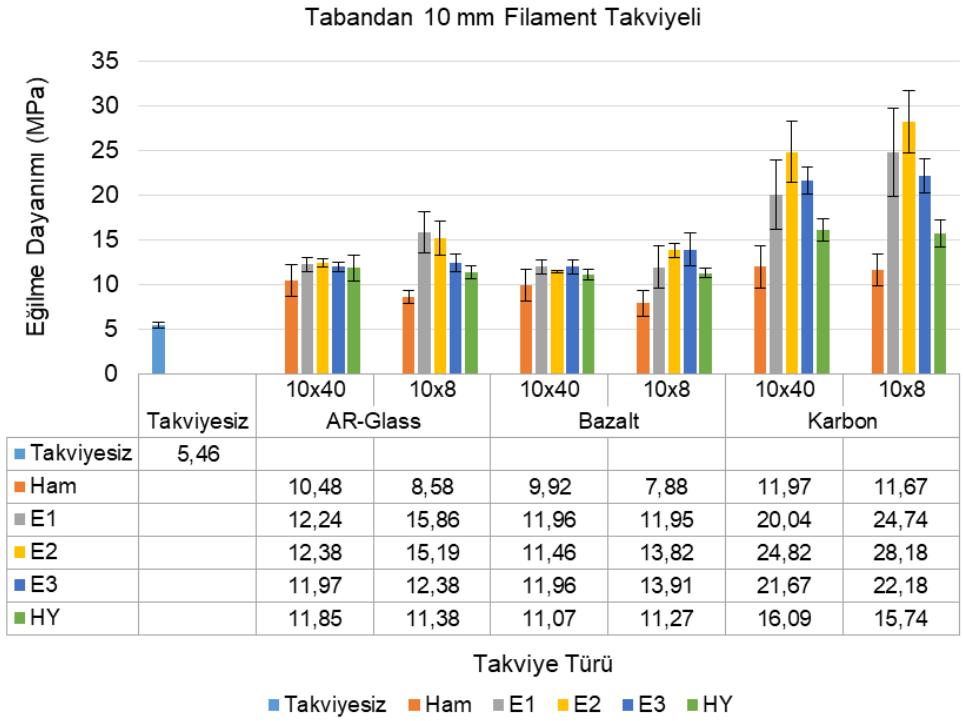
numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.48 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli AR-Galss, bazalt ve karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek değerler vermekte olup en yüksek katkıyı 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı karbon filament numuneler için E3, 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı karbon filament numuneler için E2 epoksili numuneler verirken diğer tüm numunelerde E1 epoksili numuneler en iyi değeri vermiştir. En düşük katkıyı ise her iki tekstil yüzeyi için de hibrit iplikli ürünler sağlamıştır. Benzer tekstil yüzeyi ve epoksi türü kullanımında eğilme dayanımı için en iyi değeri karbon filamentin kullanıldığı numuneler verirken en düşük değeri ise bazalt filamentin kullanıldığı numuneler vermiştir.



	Takviyesiz	AR-Glass 10x40	AR-Glass 10x8	Bazalt 10x40	Bazalt 10x8	Karbon 10x40	Karbon 10x8
Takviyesiz	5,46						
Ham		14,32	12,13	11,95	9,77	16,68	17,09
E1		18,97	24,05	18,78	22,46	38,37	45,59
E2		17,45	22,06	14,61	18,74	39,08	48,08
E3		18,29	21,13	16,97	16,21	41,65	41,05
HY		14,9	18,78	11,99	13,5	19,34	19,55

Şekil 4.48. Tabandan 5 mm AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

Şekil 4.49'da ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin eğilme dayanımı sonuçları verilmiştir. Şekil 4.49 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli AR-Galss, bazalt ve karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımları ham AR-Glass, bazalt ve karbon kullanılarak üretilen numunelerin eğilme dayanımlarından daha yüksek değerler vermekte olup en yüksek katkıyı AR-Glass filament kullanımında 10x40 tekstil yüzeyi türü için E2, 10x8 tekstil yüzeyi türü için E1, bazalt filament kullanımında her iki tekstil yüzeyi türü için de E3 ve karbon filament kullanımında ise her iki tekstil yüzeyi türü için de E2 epoksili numuneler en iyi değeri vermiştir. En düşük katkıyı ise her iki tekstil yüzeyi için de hibrit iplikli ürünler sağlamıştır. Benzer tekstil yüzeyi ve epoksi türü kullanımında eğilme dayanımı için en iyi değeri karbon filamentin kullanıldığı numuneler verirken en düşük değeri ise bazalt filamentin kullanıldığı numuneler vermiştir.

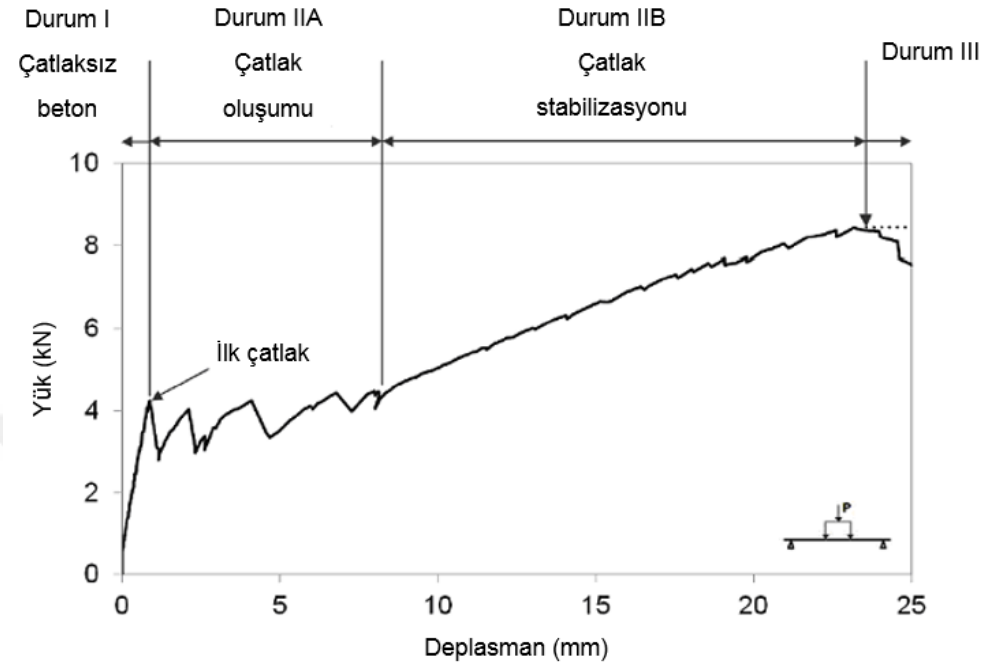


	Takviyesiz	10x40 AR-Glass	10x8 AR-Glass	10x40 Bazalt	10x8 Bazalt	10x40 Karbon	10x8 Karbon
Takviyesiz	5,46						
Ham		10,48	8,58	9,92	7,88	11,97	11,67
E1		12,24	15,86	11,96	11,95	20,04	24,74
E2		12,38	15,19	11,46	13,82	24,82	28,18
E3		11,97	12,38	11,96	13,91	21,67	22,18
HY		11,85	11,38	11,07	11,27	16,09	15,74

Şekil 4.49. Tabandan 10 mm AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme dayanımı değerleri

4.3.2. Tekstil Takviyeli Beton Numunelerin Yük-Deplasman Grafikleri

Takviyeli betonların davranışını basit bir şekilde tanımlamak mümkün olmayıp, bu davranışı açıklamak için kompozit yapıların durumu incelenmelidir. Kompozit davranışı tartışmak için dört noktalı eğilme altında karbon filamentli tekstil yüzeyi tabakası ile takviye edilmiş tek yönlü bir levha üzerinde incelemelerde bulunulmuştur. Uygulanan yükle birlikte numunenin orta noktasında meydana gelen eksenel yer değiştirme Şekil 4.50' de belirtilen yükleme durumlarıyla birlikte gösterilmiştir. Tekstil takviyeli betonlar için teknik olarak dört uygulanabilir durum, Durum I: Çatlaksız beton, Durum IIA: Çatlak oluşumu, Durum IIB: Çatlak stabilizasyonu ve Durum III: Sünek deformasyonu şeklinde açıklanmaktadır (Brameshuber, 2006; Williams Portal, 2013).



Şekil 4.50. Karbon filament kulanılarak elde edilmiş tekstil takviyeli beton numunesine uygulanan dört nokta eğilme deneyi sonucu elde edilen yük-deplasman grafiği (Williams Portal, 2013)

Durum I, sertliğin tamamen beton matrisin bir fonksiyonu olduğu, çatlağın olmadığı tekstil takviyeli beton elemanının elastik durumuna karşılık gelir. İlk çatlama, betonun gerilme mukavemetine ulaşıldığında gerçekleşir ve daha sonra çatlak bölgesinde meydana gelen gerilme takviye olarak kullanılan tekstil bileşenindeki gerilmelerini başlatır. Çoklu çatlak oluşumu, Durum IIA olarak tanımlanan minimal bir yük artışı ile devam eder. Çatlak oluşumu sonunda betonun gerilim takviyesinin etkili olduğu söylenen Durum IIB'de stabilize olur. Son olarak Durum III'de tekstil takviyeli betonda bulunan takviye bileşeninin nihai sınır yüküne ulaştığında filament kopması veya filament dışarı çekilmesi ile test numunesinde kırılma meydana gelir. Genel olarak sünek bir deformasyonu tanımlayan Durum III'de tekstil takviyeli betonlarda genellikle takviye amaçlı kullanılan karbon ve alkali dayanımlı cam filament gibi materyallerin plastik

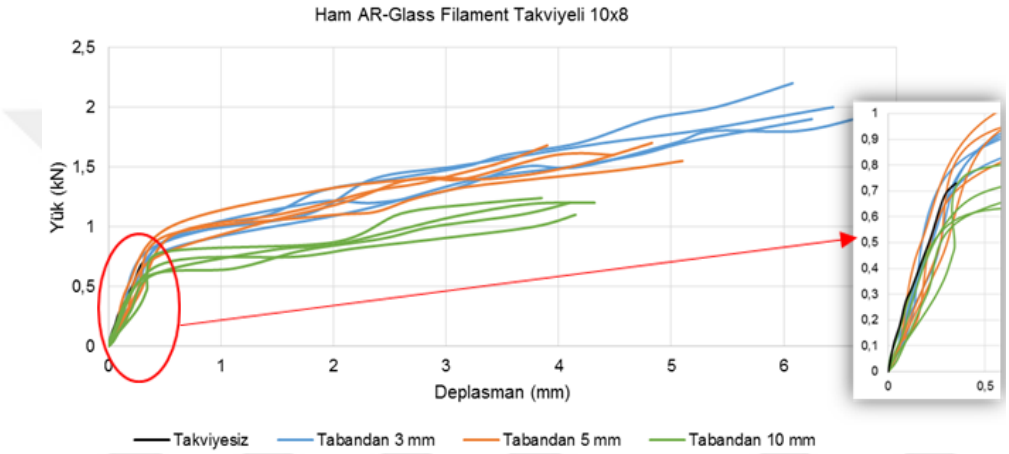
kapasitesi olmadığı için bu noktada test sonuçlanmaktadır (Brameshuber, 2006; Williams Portal, 2013).

Eğilme deneyinden elde edilen verilerden oluşturulan yük-deplasman grafikleri öncelikle ana takviye bileşen olarak kullanılan AR-Glass, bazalt ve karbon filamentler için üç ayrı bölümde incelenmiştir. Bu bölümlerde her bir tekstil takviye bileşeni sırasıyla ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplik formundaki ürünlerden oluşturulmuş 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyi türlerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilip kullanılması sonucu elde edilen ürünlerin yük-deplasman grafiklerine yer verilmiştir. Bölümlerin sonunda da her bir takviye bileşenin ham, en yüksek eğilme dayanımı veren epoksi türüyle takviyeli ve hibrit iplik formundaki ürünlerden oluşturulmuş 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyi türlerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm yerleştirilip kullanılması sonucu elde edilen ürünlerin yük-deplasman grafiklerine yer verilmiştir. Son olarak da bu üç farklı materyalin birbirleriyle kıyaslanması amacıyla aynı tekstil yüzeyi türünün, yerleştirilme mesafesinin ve takviye türünün uygulandığı sadece ham maddenin farklı olduğu yük-deplasman grafiklerine yer verilmiştir. Kıyaslama yapmak amacıyla her grafikte takviyesiz numunenin yük-deplasman eğrisine de yer verilmiştir.

4.3.2.1. AR-Glass Filament Takviyeli Beton Numunelere Ait Yük-Deplasman Grafikleri

Şekil 4.51'de ham AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.51 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup her bir numune eşit denebilecek bir eğimde davranış göstermektedir. Takviye bileşenin 10 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde, takviye bileşeni eğilme ekseninden uzaklaştığı için ilk çatlak oluşumunu daha önce

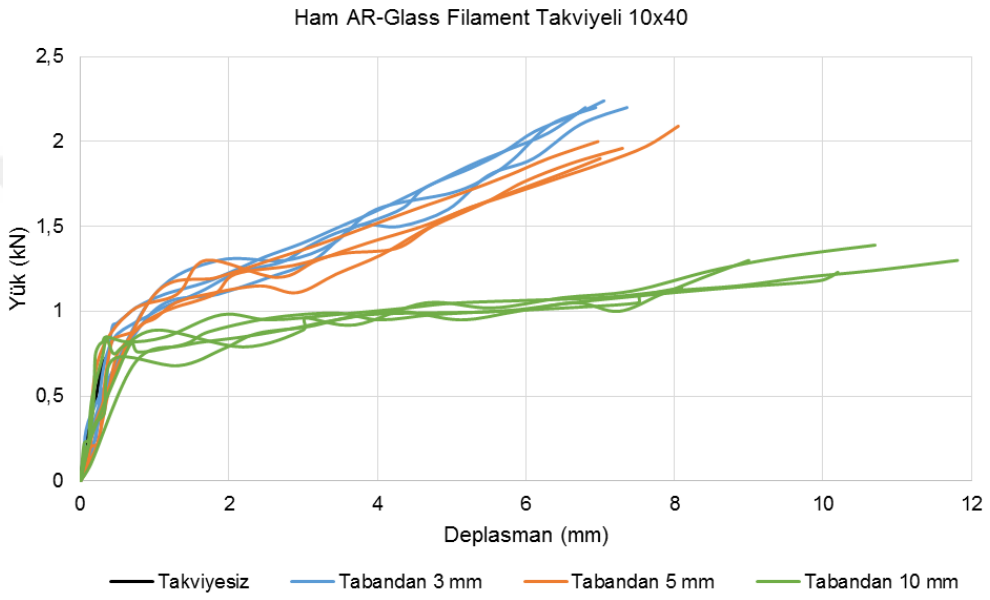
göstermektedir. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değerini takviye bileşenin eğilme yüzeyine en yakın yerleştirilen numuneler (3 mm) verirken bunu takviye bileşeninin 5 mm ve sonrasında 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numuneler takip etmektedir. Takviyesiz numunenin yük-deplasman eğrisinin daha görünür olması için Durum I bölümü büyültülerek verilmiştir.



Şekil 4.51. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.52'de ham AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.52 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin eğiminden daha büyüktür. Takviye bileşenlerin 3 ve 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde, takviye bileşeni eğilme eksenine daha yakın olduğu için eğilme dayanımına daha fazla katkı verdiği düşünülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi en

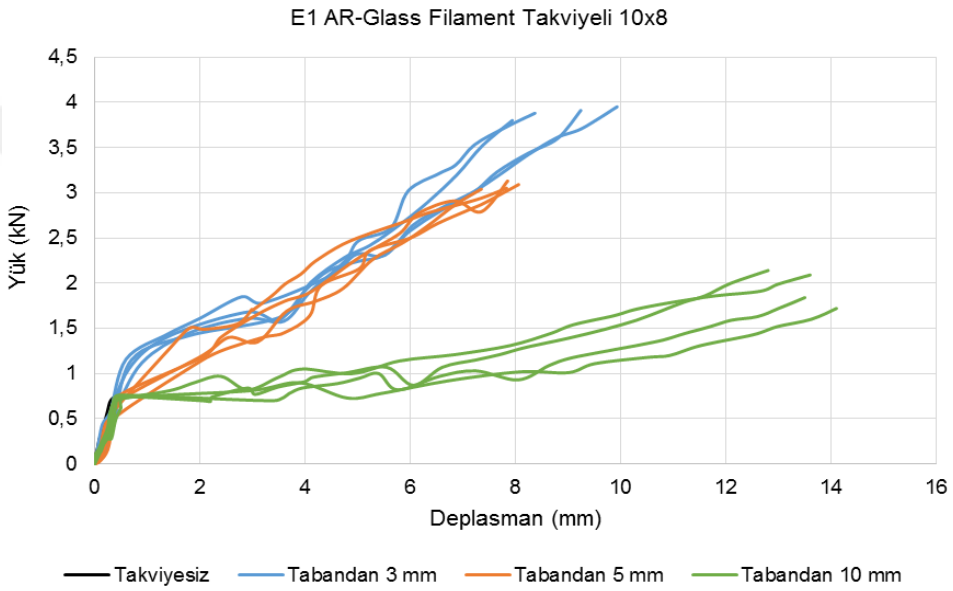
büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu numunelerde (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.52. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.53'de E1 epoksili AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.53 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin eğiminden daha büyüktür. Takviye bileşenin eğilme yüzeyine en yakın olduğu 3

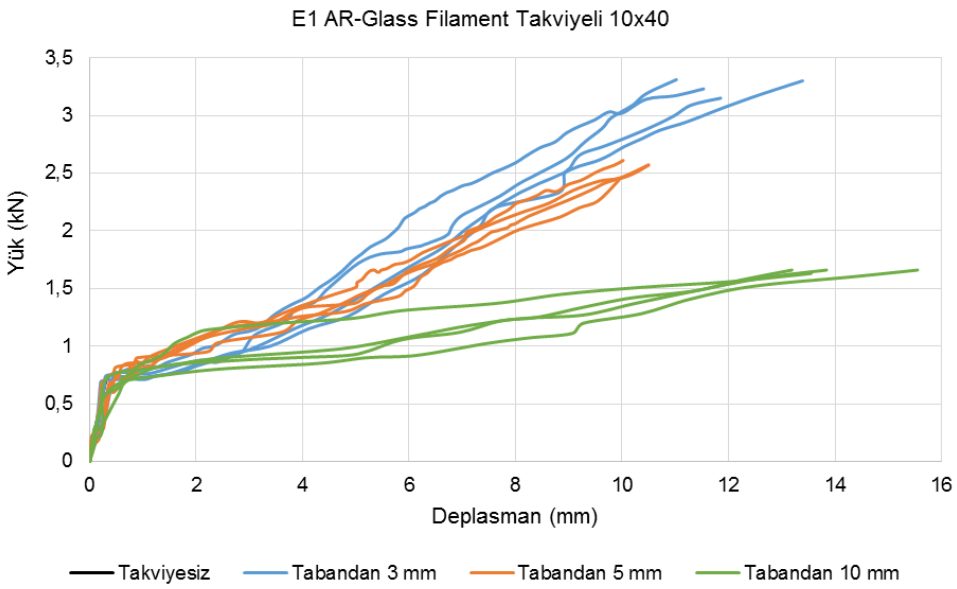
mm mesafeli numunelerde ilk çatlak oluşumu en son gerçekleşmiştir. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu numunelerde (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.53. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.54'de E1 epoksili AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.54 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin

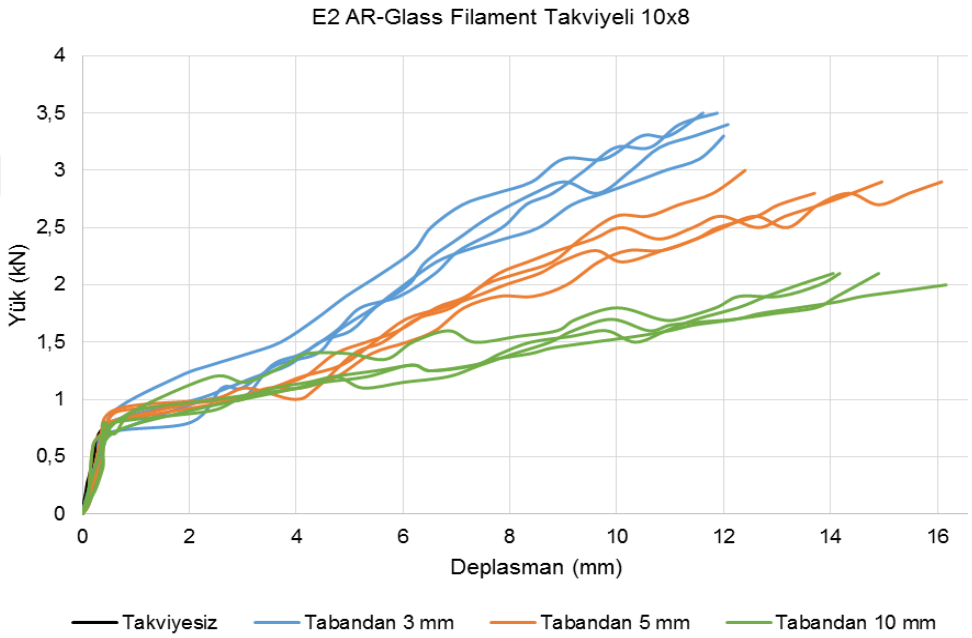
eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu numunelerde (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.54. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.55'de E2 epoksili AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.55 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi en büyük olup takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerde ise eğimin en küçüktür. Takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça

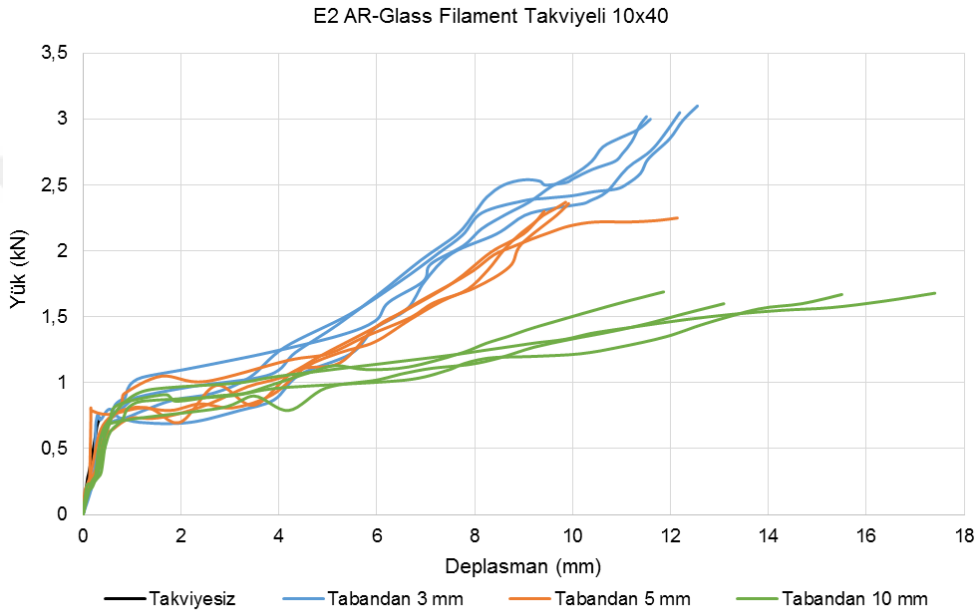
eğilme dayanımına daha çok katkı ağlamaktadır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu numunelerde (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değerini ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 5 mm ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.55. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.56'da E2 epoksili AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.56 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin

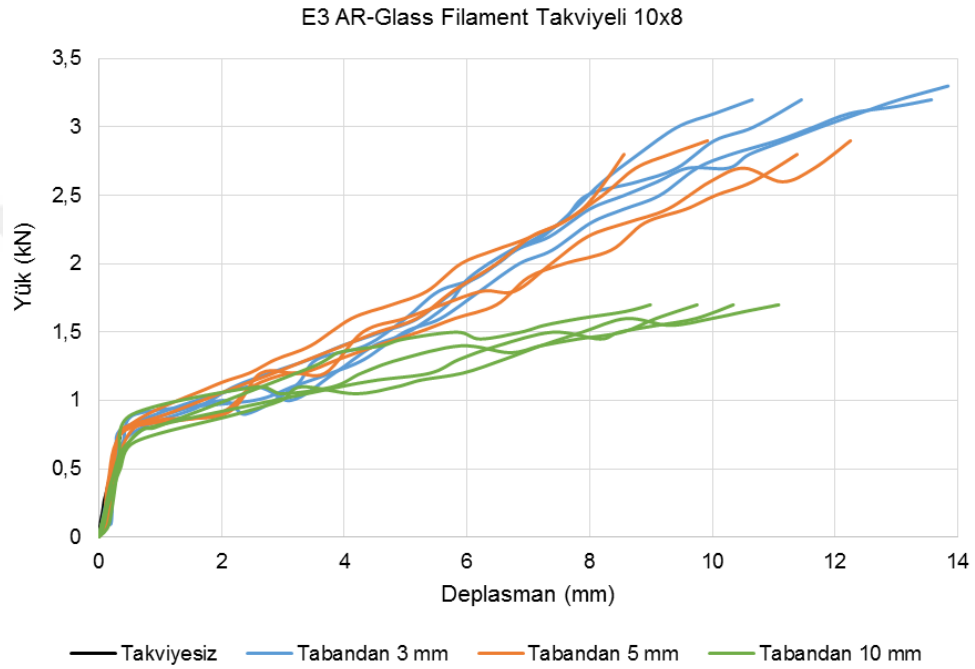
eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu numunelerde (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.56. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.57'de E3 epoksili AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.57 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin

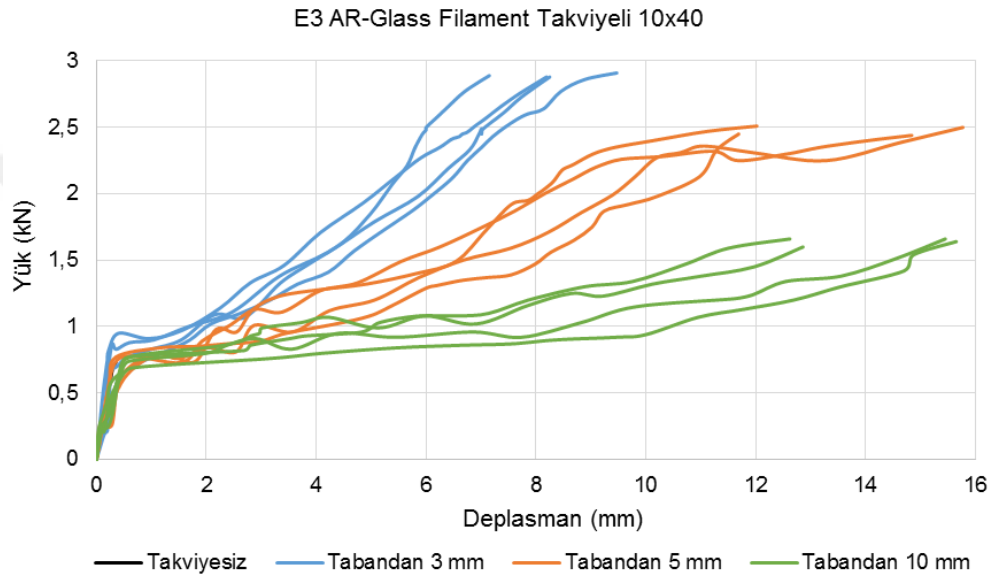
eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu numunelerde (3 mm) elde edilmiştir.



Şekil 4.57. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.58'de E3 epoksili AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.58 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi en büyük olup takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen

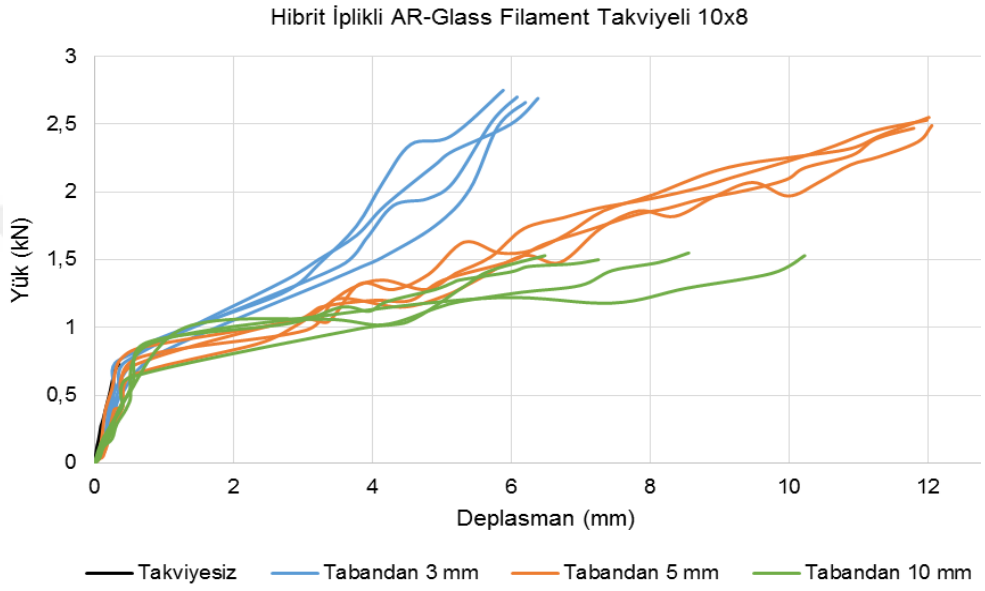
numunelerde ise eğim en küçüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu numunelerde (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değerini ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 5 mm ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.58. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.59'da hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.59 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 5 mm ve 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye

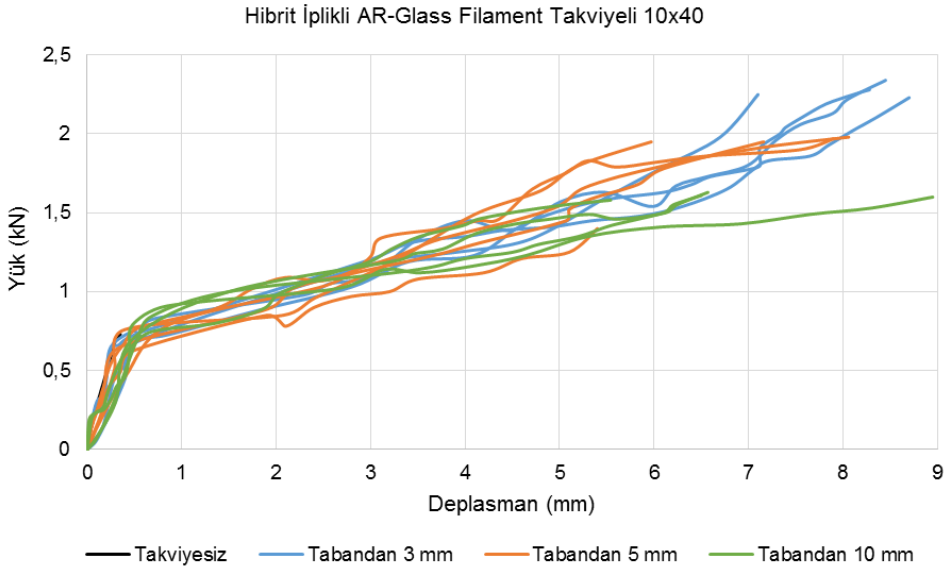
bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu numunelerde (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değerini ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 5 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.59. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

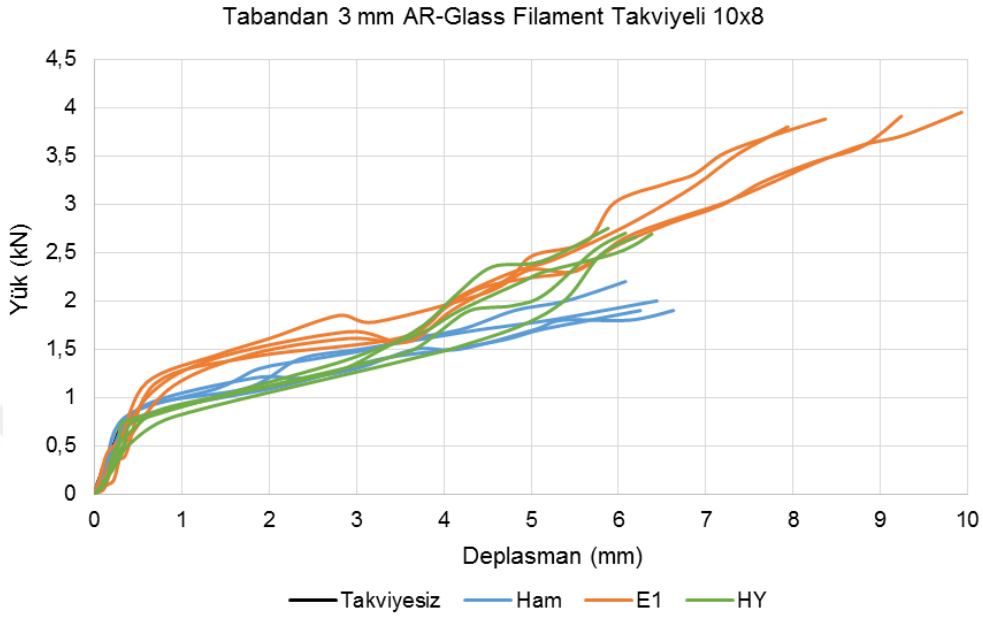
Şekil 4.60'da hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.60 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup her bir numune eşit denebilecek bir eğimde davranış göstermektedir. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değerini takviye bileşenin eğilme yüzeyine en yakın yerleştirilen numuneler (3 mm)

verirken bunu takviye bileşeninin 5 mm ve sonrasında 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numuneler takip etmektedir.



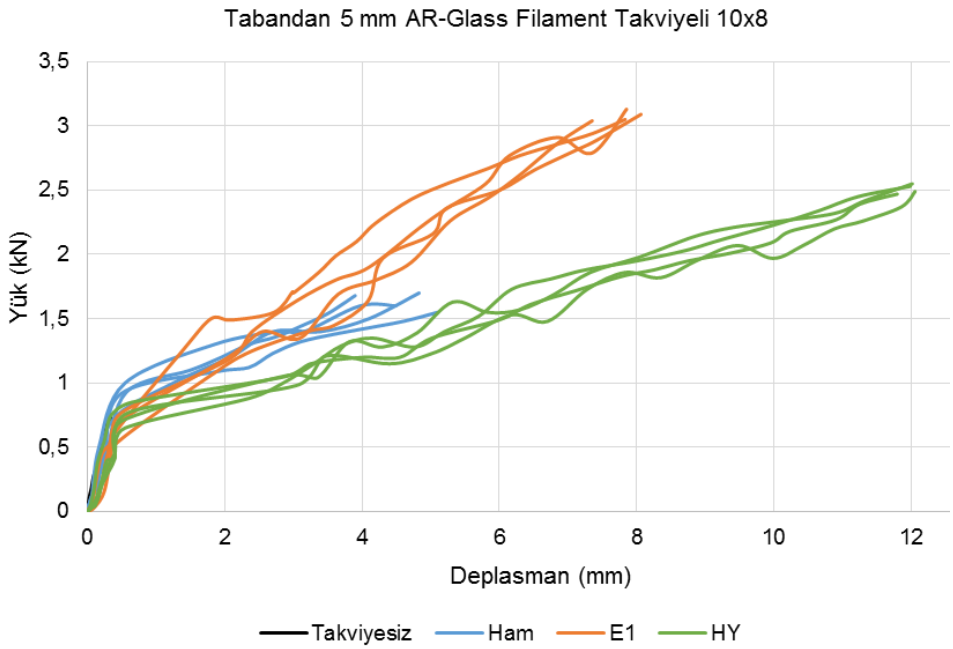
Şekil 4.60. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.61'de ham, E1 epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.61 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup her bir numune eşit denebilecek bir eğimde davranış göstermektedir. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değeri E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. Epoksi takviyeli numuneler beklenildiği gibi en büyük yük değerini vermektedir. Hibrit iplik takviyeli numuneler ham filament takviyeli numunelere göre daha büyük yük değeri vermiş olup deplasman değerleri birbirine yakındır.



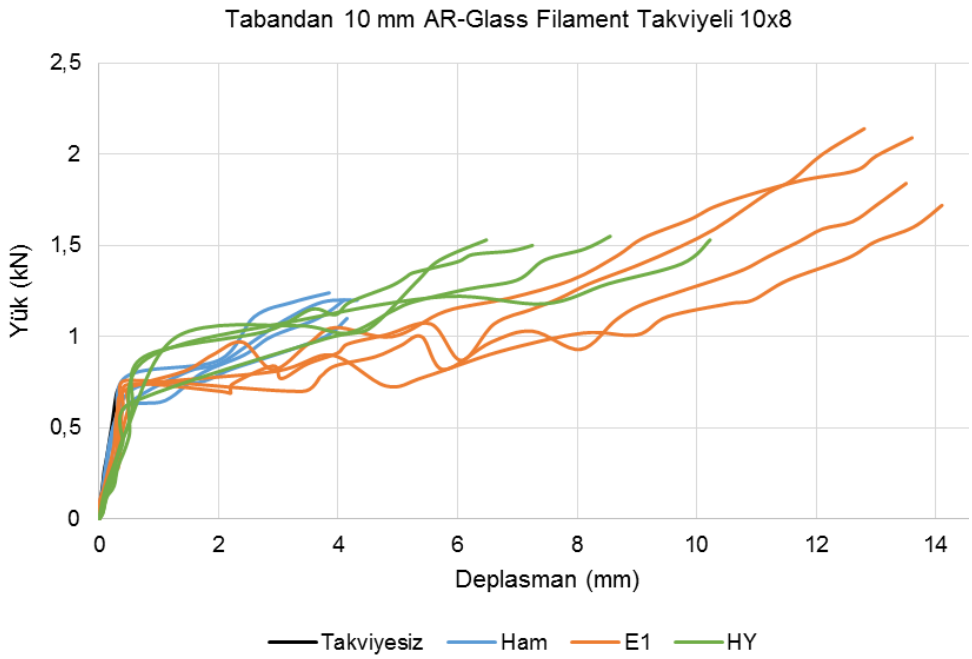
Şekil 4.61. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.62'de ham, E1 epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.62 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi ham ve hibrit iplik takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilirken en büyük deplasman değeri hibrit iplik takviyeli bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



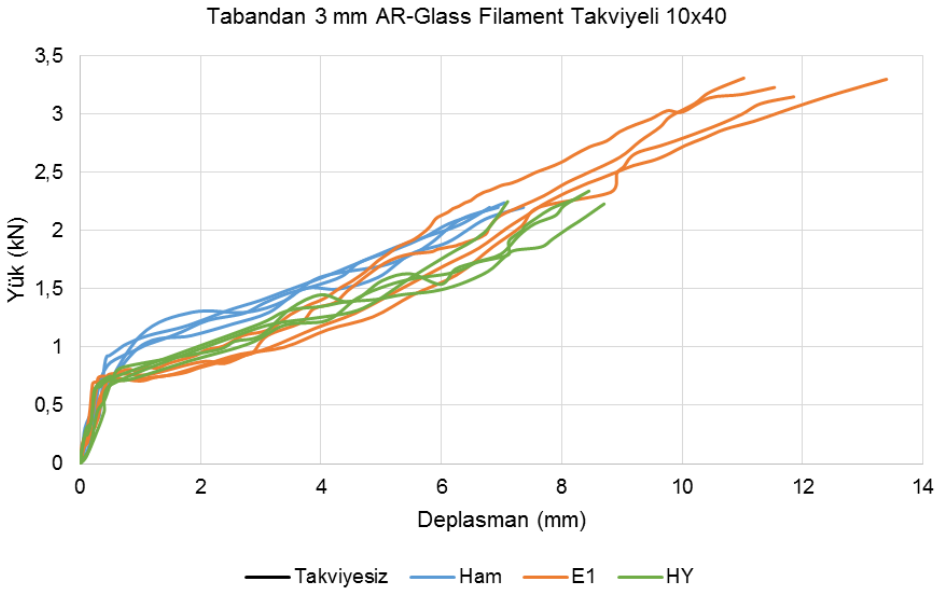
Şekil 4.62. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.63'de ham, E1 epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.63 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup her bir numune eşit denebilecek bir eğimde davranış göstermektedir. Grafikte görüldüğü gibi takviye bileşenin eğilme ekseninden en uzak konumda olduğu durumda, en büyük yük ve deplasman değeri E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numulerde elde edilmiştir. Hibrit iplik takviyeli numuneler ham filament takviyeli numunelere göre daha büyük yük ve deplasman değeri vermiştir.



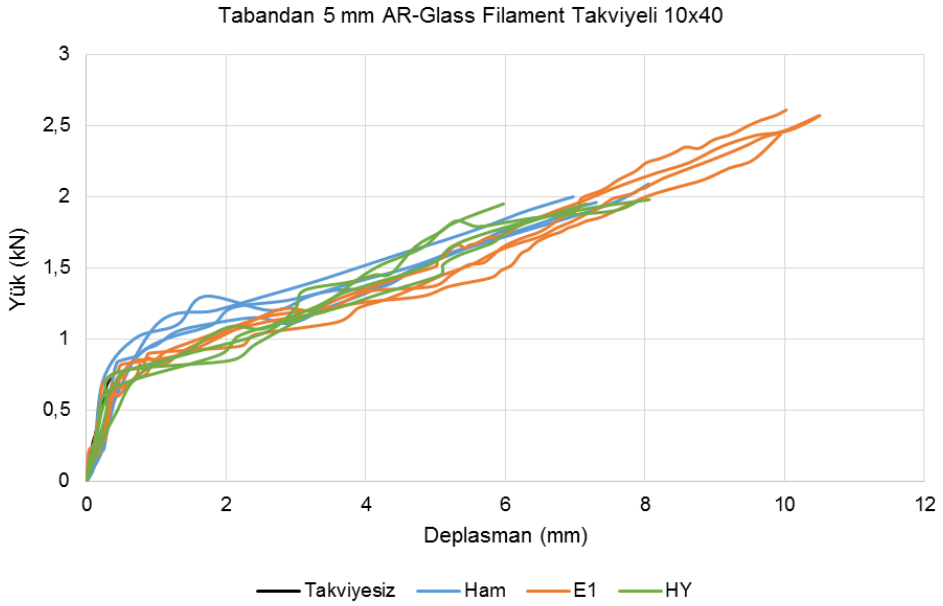
Şekil 4.63. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.64'de ham, E1 epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.64 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup her bir numune eşit denebilecek bir eğimde davranış göstermektedir. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değeri E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. Hibrit iplik takviyeli numuneler ham filament takviyeli numunelere göre daha büyük yük ve deplasman değeri vermiştir.



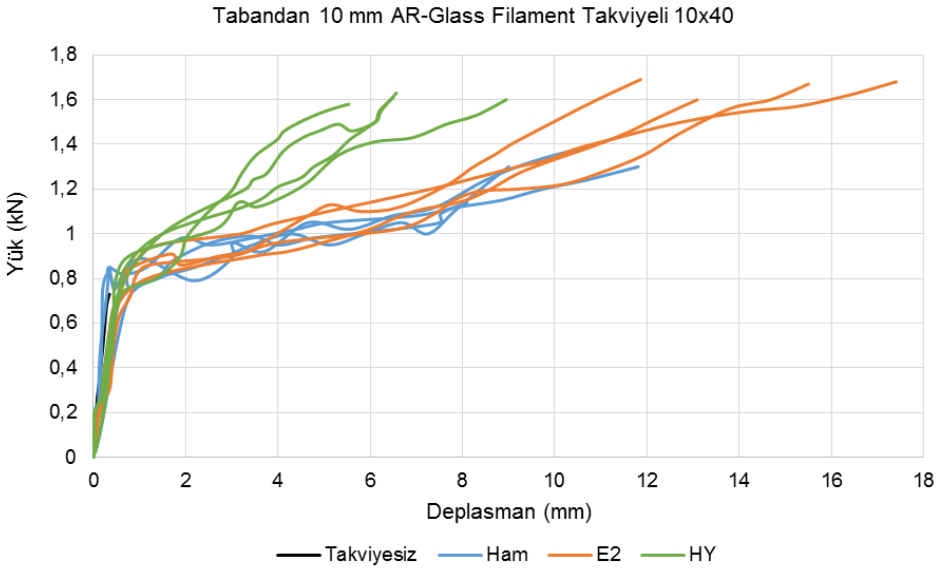
Şekil 4.64. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.65'de ham, E1 epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.65 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup her bir numune eşit denebilecek bir eğimde davranış göstermektedir. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değeri E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. Hibrit iplik takviyeli numuneler ham filament takviyeli numunelere göre az da olsa daha büyük yük değeri vermiş olup deplasman değerleri birbirine yakındır.



Şekil 4.65. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

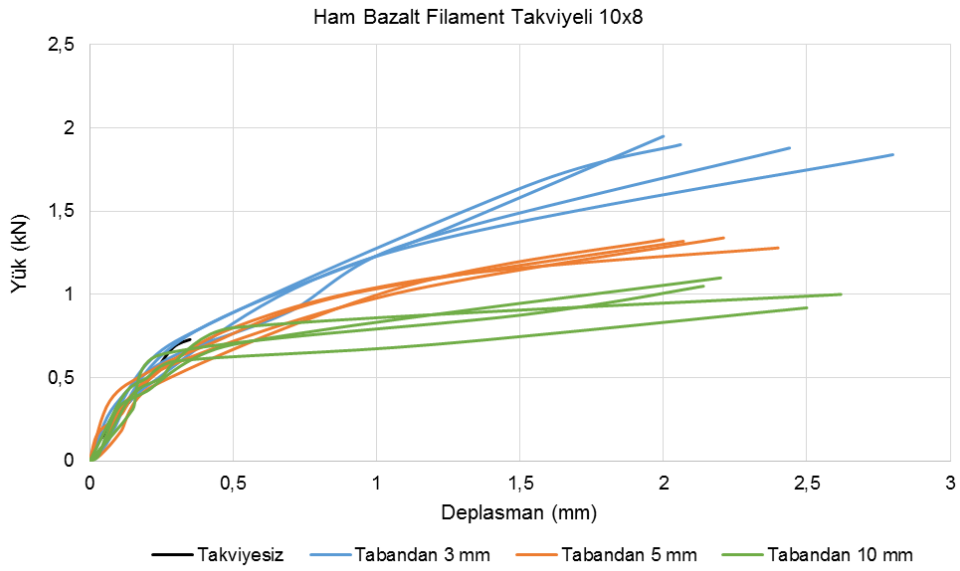
Şekil 4.66'da ham, E2 epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.66 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup hibrit iplik takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi ham ve E2 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değeri E2 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. Hibrit iplik takviyeli numuneler ham filament takviyeli numunelere göre daha büyük yük değeri vermiştir.



Şekil 4.66. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

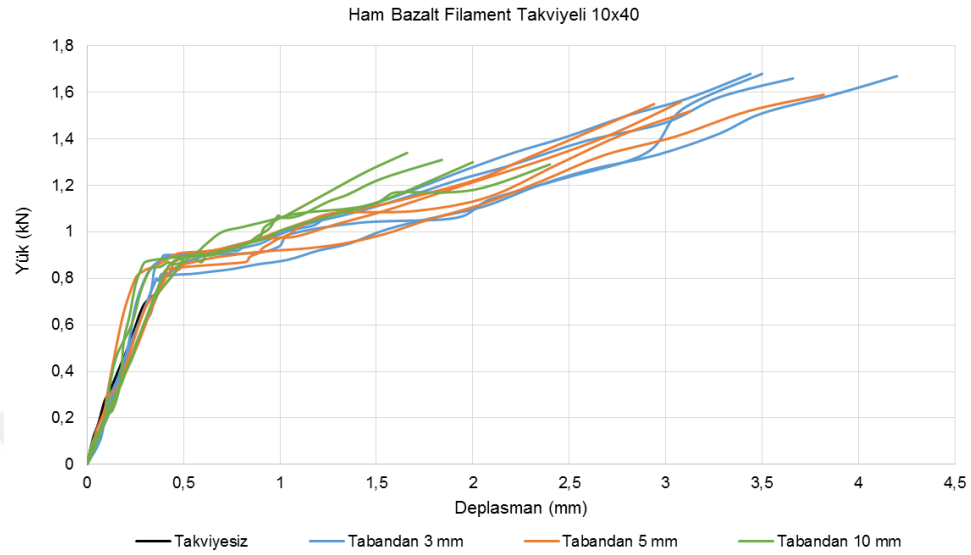
4.3.2.2. Bazalt Filament Takviyeli Beton Numunelere Ait Yük-Deplasman Grafikleri

Şekil 4.67'de ham bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.67 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 5 mm ve 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. Elde edilen deplasman değerleri üç numune türünde de birbirine çok yakındır.



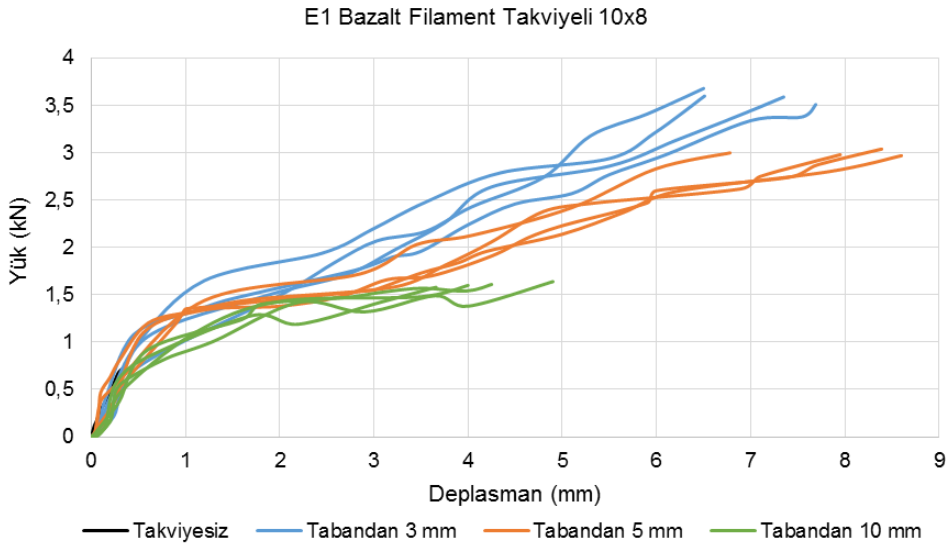
Şekil 4.67. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.68'de ham bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.68 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup her bir numune eşit denebilecek bir eğimde davranış göstermektedir. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değerini takviye bileşenin eğilme yüzeyine en yakın yerleştirilen numune (3 mm) verirken bunu takviye bileşeninin 5 mm ve sonrasında 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numuneler takip etmektedir.



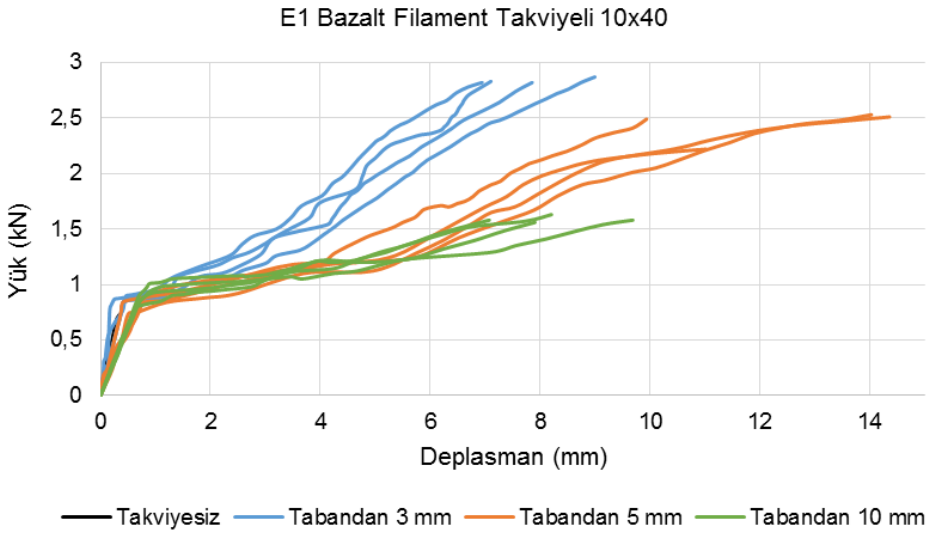
Şekil 4.68. Tabandan 3-5-10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.69'da E1 epoksili bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.69 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi en büyük olup takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerde ise eğim en küçüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 5 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



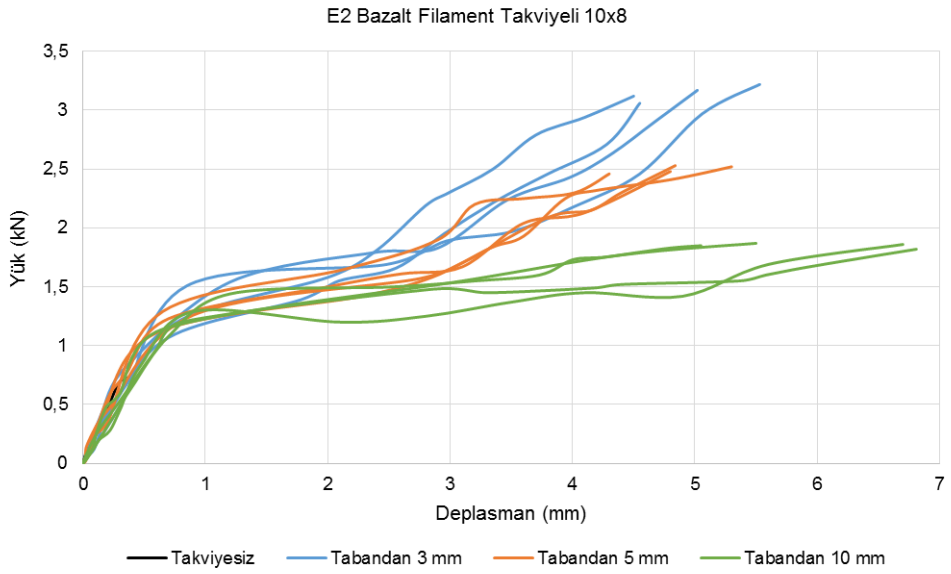
Şekil 4.69. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.70'de E1 epoksili bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.70 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi en büyük olup takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerde ise eğim en küçüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 5 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



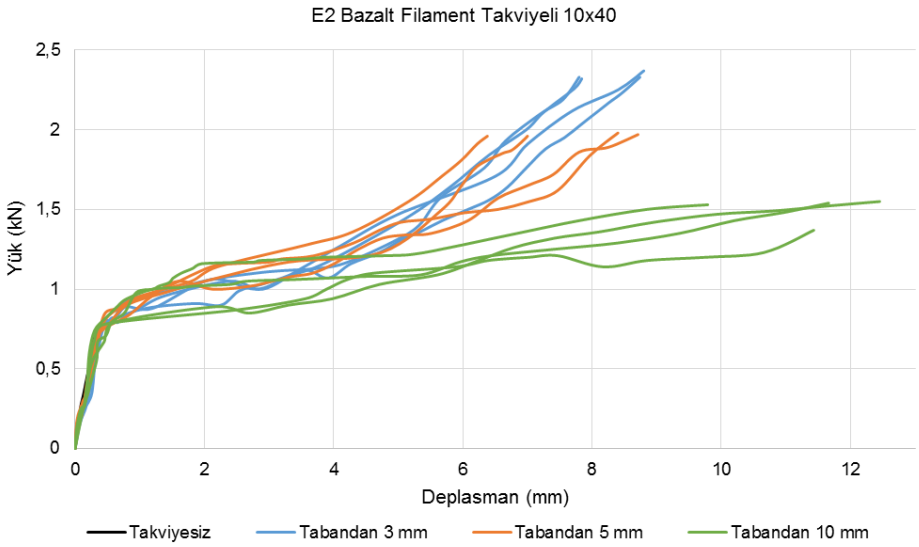
Şekil 4.70. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.71'da E2 epoksili bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.71 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi en büyük olup takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerde ise eğim en küçüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



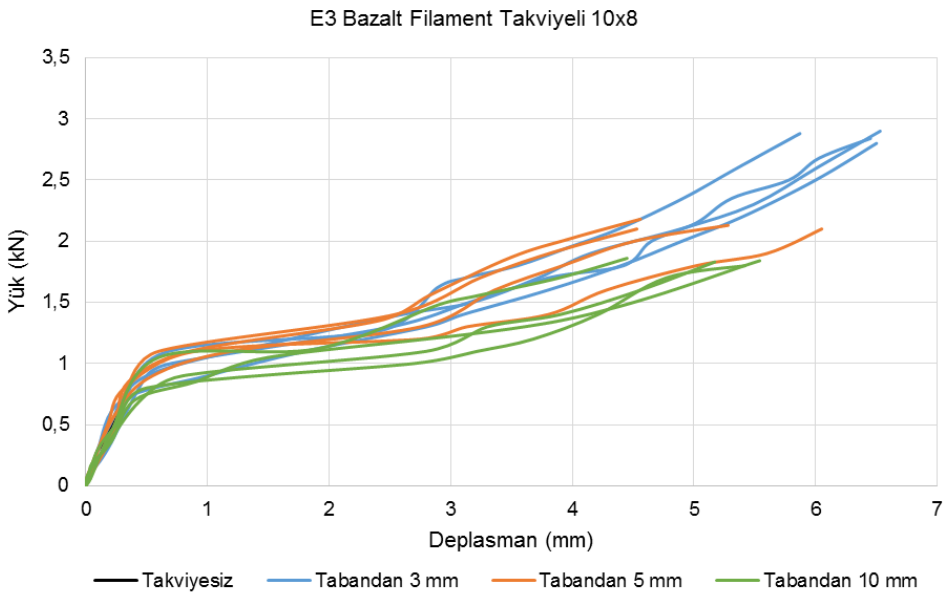
Şekil 4.71. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.72'de E2 epoksili bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.72 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



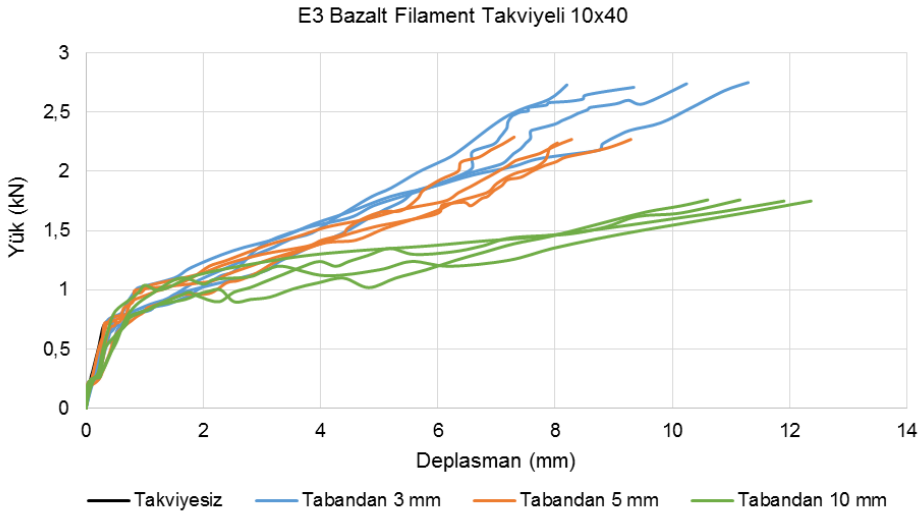
Şekil 4.72. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.73'de E3 epoksili bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.73 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup her bir numune eşit denebilecek bir eğimde davranış göstermektedir. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değerini takviye bileşenin eğilme yüzeyine en yakın yerleştirilen numuneler (3 mm) vermiştir.



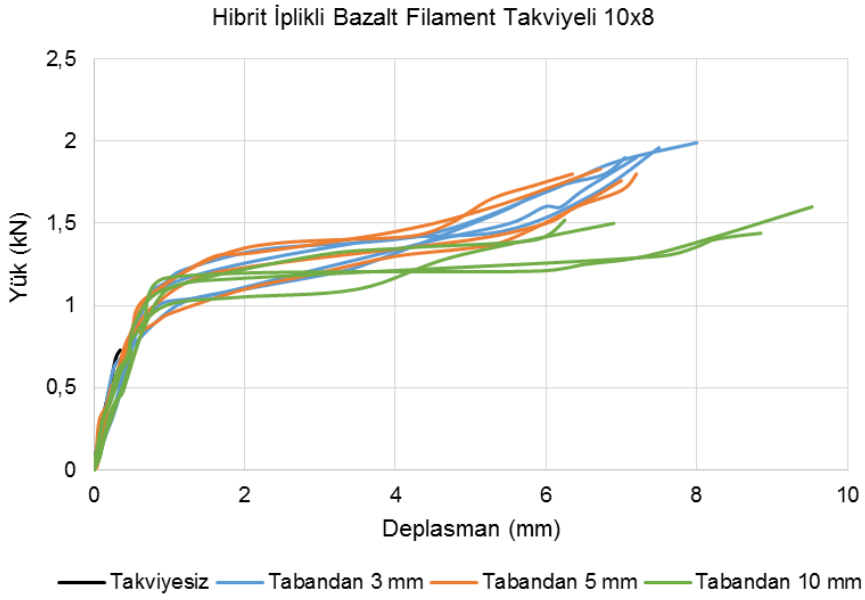
Şekil 4.73. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.74'de E3 epoksili bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.74 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



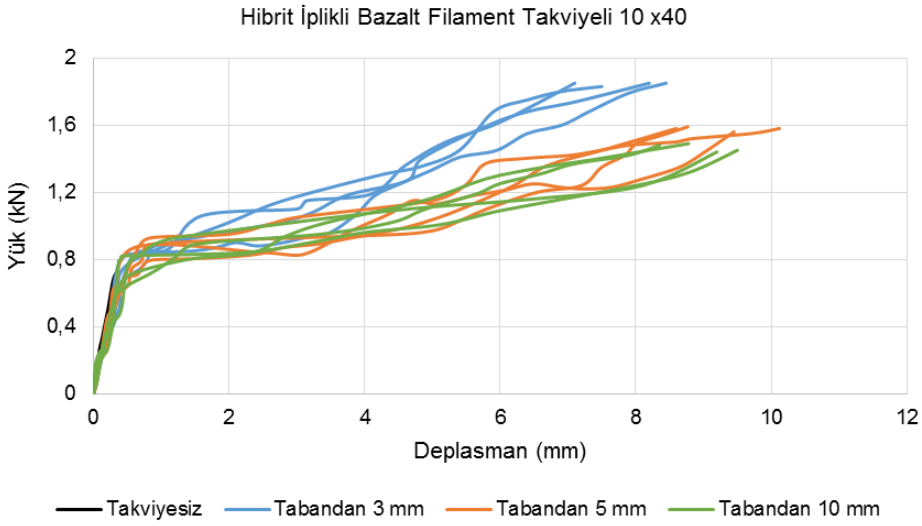
Şekil 4.74. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.75'de hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.75 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



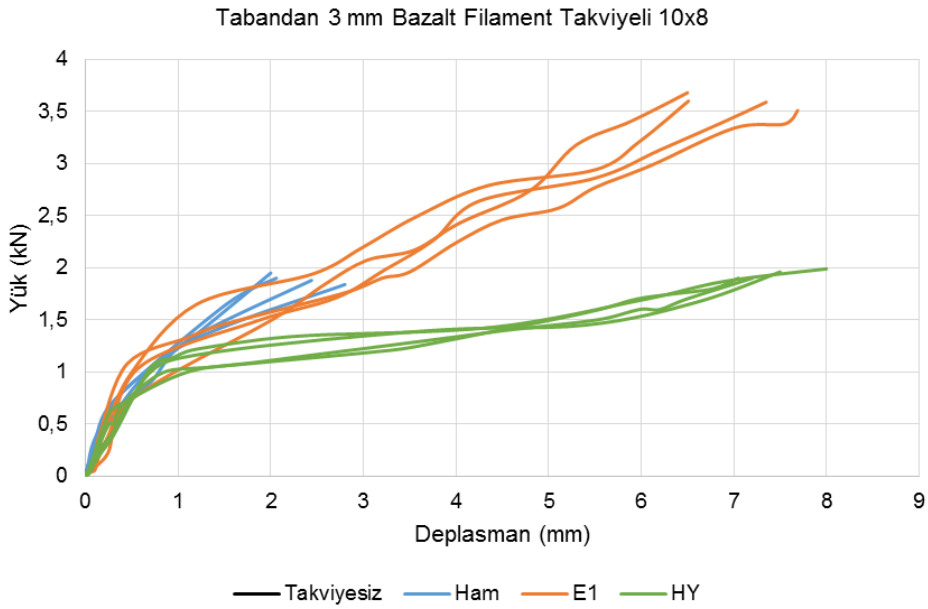
Şekil 4.75. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.76'da hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.76 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 5 mm ve 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 5 mm ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



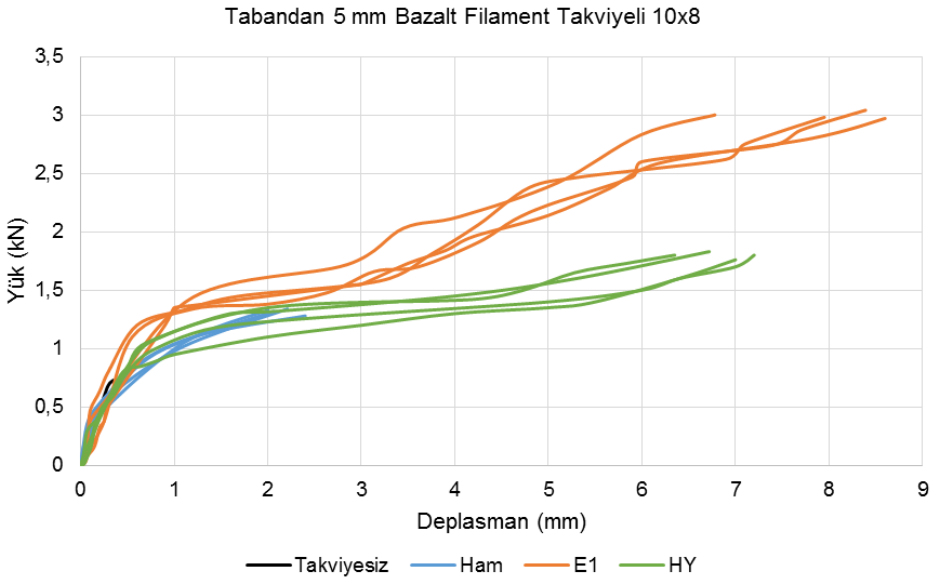
Şekil 4.76. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.77'de ham, E1 epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.77 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup ham ve E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi hibrit iplik takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı durumda elde edilirken en büyük deplasman değeri hibrit iplik takviyeli bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



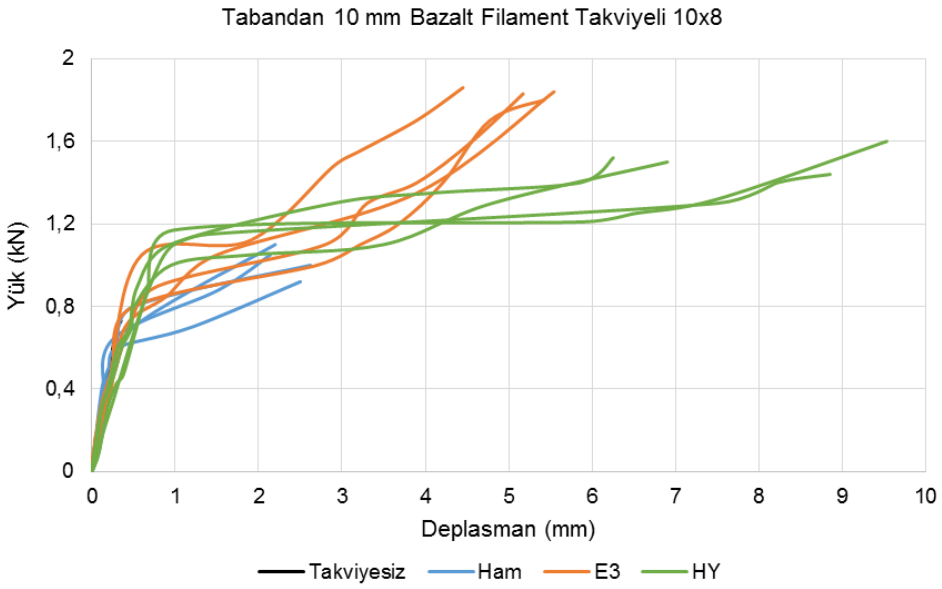
Şekil 4.77. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.78'de ham, E1 epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.78 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup ham ve E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi hibrit iplik takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değeri E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı durumda elde edilmiştir.



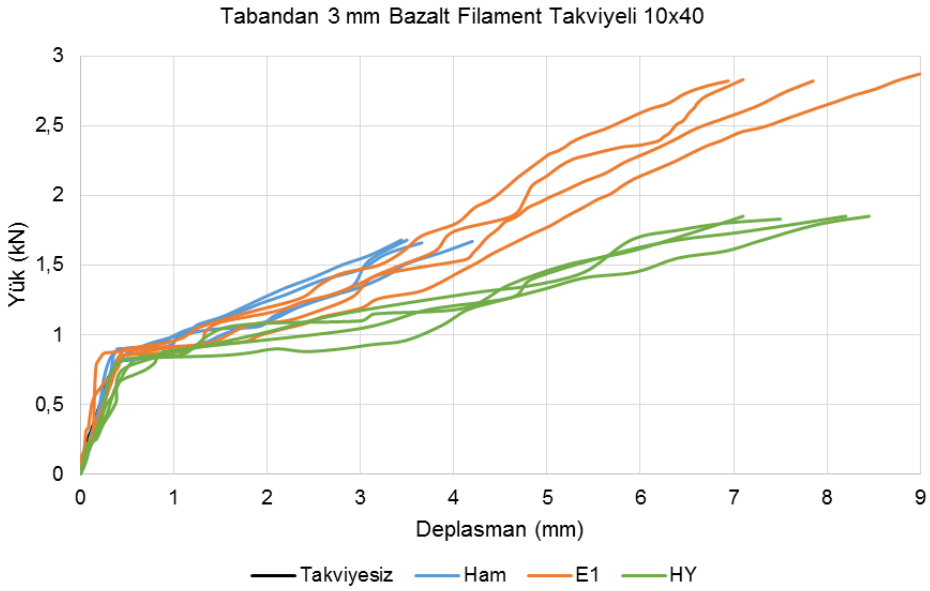
Şekil 4.78. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.79'da ham, E3 epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.79 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup ham ve E3 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi hibrit iplik takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E3 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı durumda elde edilirken en büyük deplasman değeri hibrit iplik takviyeli bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



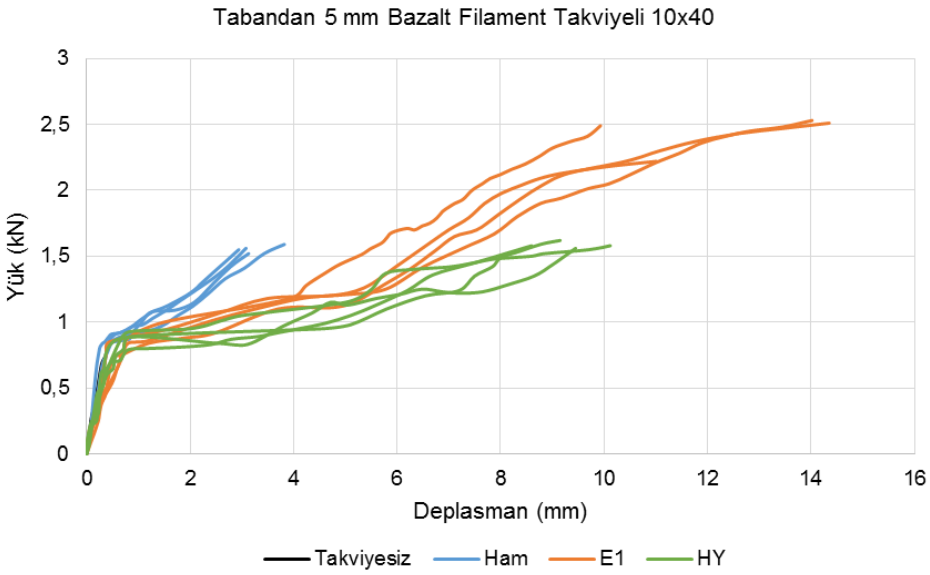
Şekil 4.79. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.80'de ham, E1 epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.80 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup ham ve E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi hibrit iplik takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı durumda elde edilirken en büyük deplasman değeri E1 epoksili ve hibrit iplik takviyeli bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



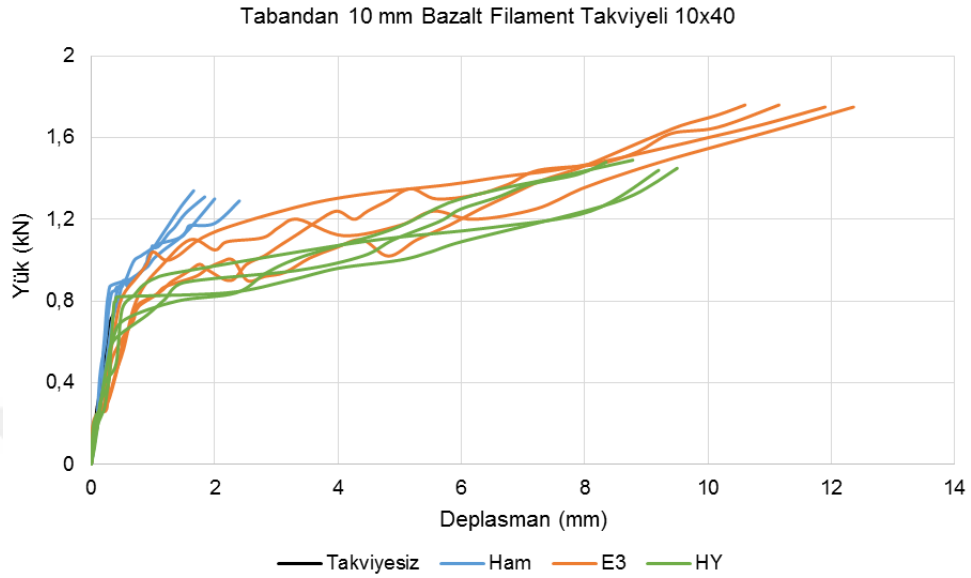
Şekil 4.80. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.81'de ham, E1 epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.81 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup ham takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük, hibrit iplik takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi en küçüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değeri E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı durumda elde edilmiştir.



Şekil 4.81. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.82'de ham, E3 epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.82 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup ham takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük olup E3 epoksili ve hibrit iplik takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi birbirine yakındır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değeri E3 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı durumda elde edilmiştir.



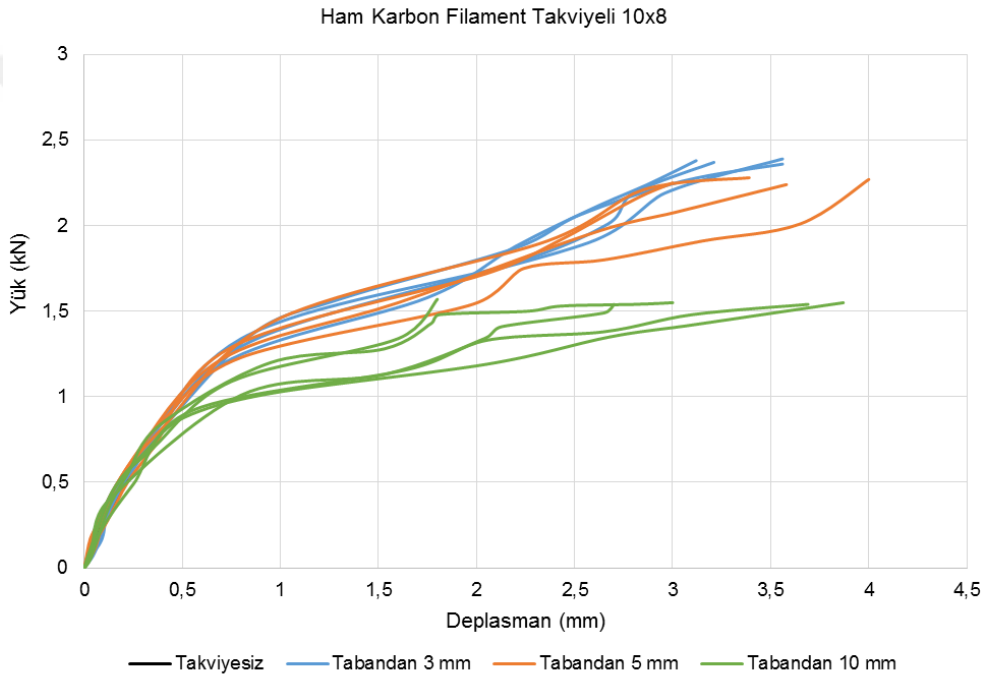
Şekil 4.82. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli bazalt takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Ham filamentli numuneler, epoksili ve hibrit iplikli filament takviyeli numunelere göre belirgin bir şekilde düşük deplasman değerleri vermiştir. Ham bazalt filamentin beton içerisinde gerekli dayanımı gösteremediği ve bu nedenle daha düşük deplasman değeri verdiği düşünülmektedir.

4.3.2.3. Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelere Ait Yük-Deplasman Grafikleri

Şekil 4.83'de ham karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.83 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumu, ilk önce takviye bileşenin eğilme eksenine en uzak olduğu 10 mm'lik konumda gerçekleşmiştir. İlk çatlak oluşumundan sonra

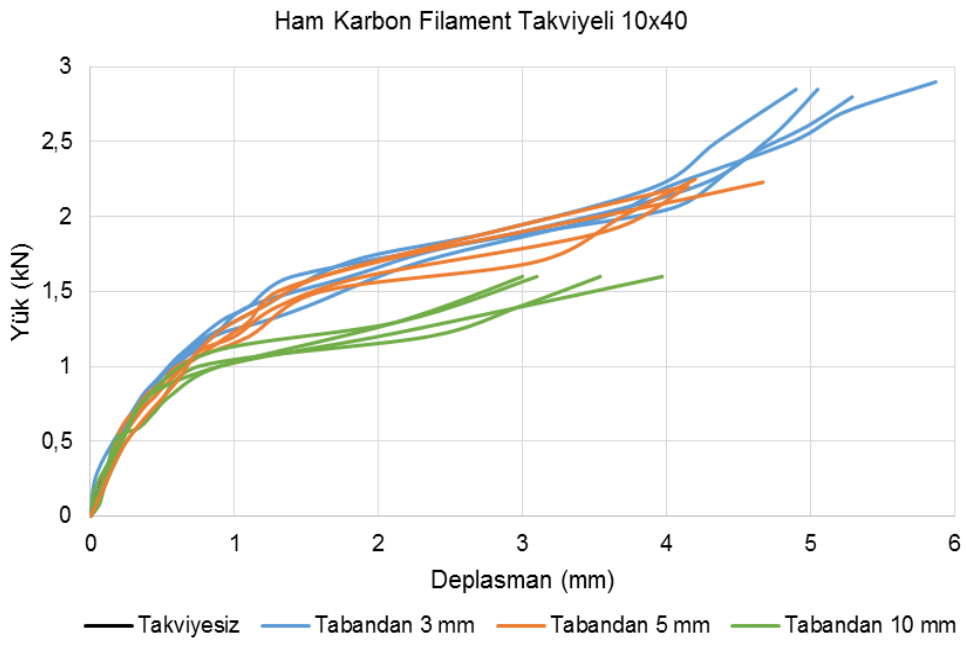
eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. Elde edilen deplasman değerleri üç numune türünde de birbirine çok yakındır.



Şekil 4.83. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

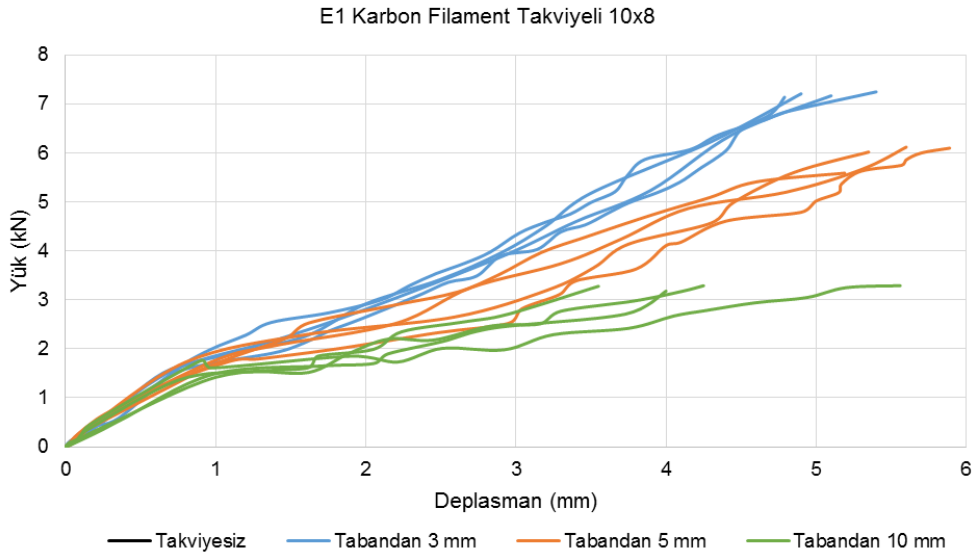
Şekil 4.84'de ham karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.84 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği

görülmektedir. 10x8 tekstil yüzeyli numunelerde olduğu gibi ilk çatlak oluşumu öncelikle takviye bileşenin eğilme eksenine en uzak olduğu konum olan 10 mm'lik numunelerde meydana gelmiştir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup her bir numune eşit denebilecek bir eğimde davranış göstermektedir. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değerini takviye bileşenin eğilme yüzeyine en yakın yerleştirilen numune (3 mm) verirken bunu takviye bileşeninin 5 mm ve sonrasında 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numuneler takip etmektedir.



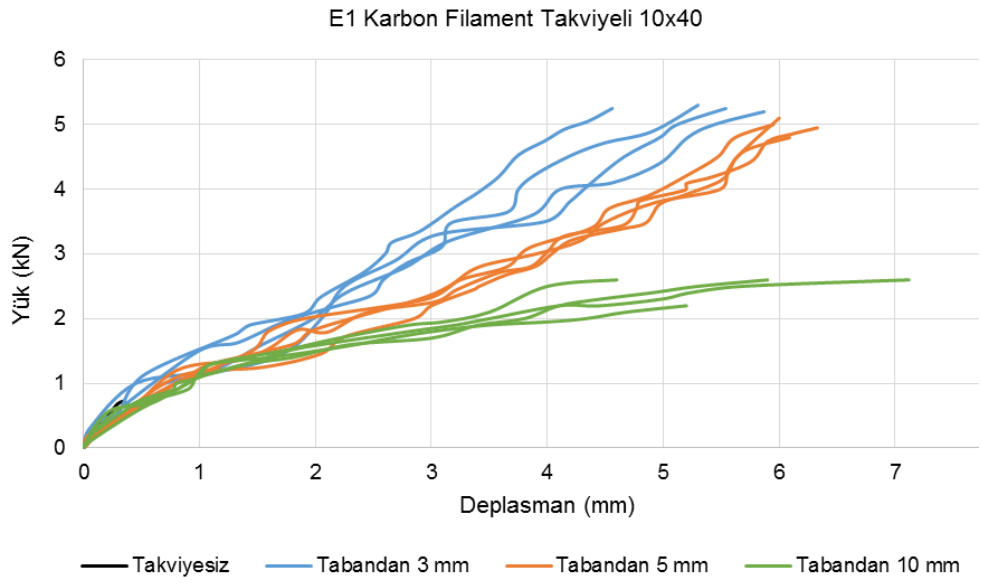
Şekil 4.84. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.85'de E1 epoksili karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.85 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi en büyük olup takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerde ise eğim en küçüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 5 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



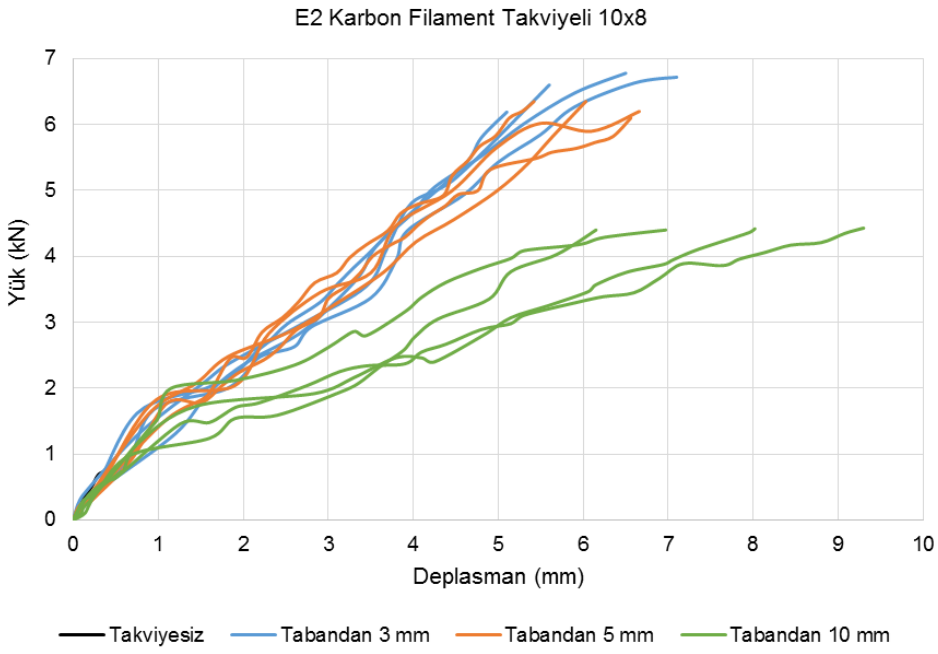
Şekil 4.85. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.86'da E1 epoksili karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.86 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi en büyük olup takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerde ise eğim en küçüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 5 mm ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



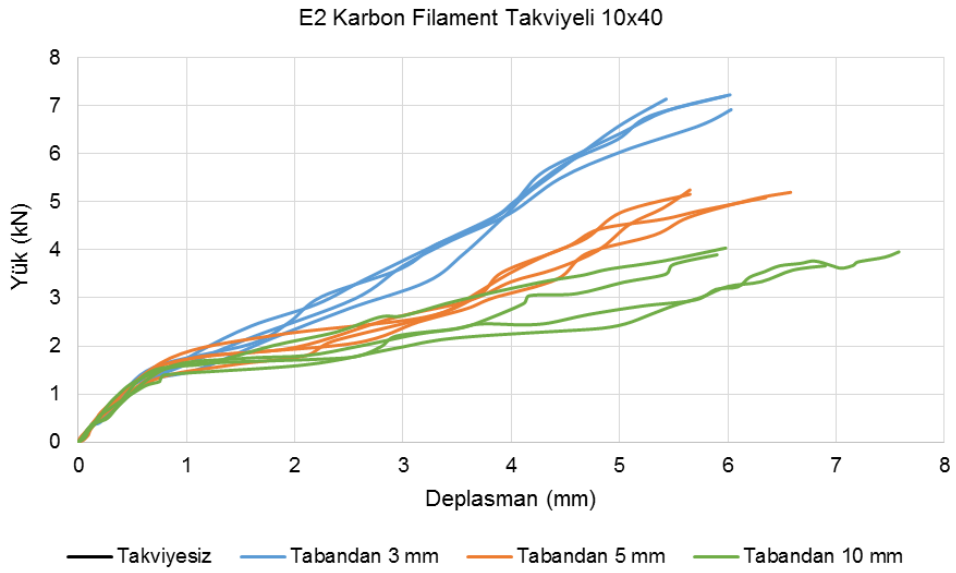
Şekil 4.86. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.87'de E2 epoksili karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.87 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



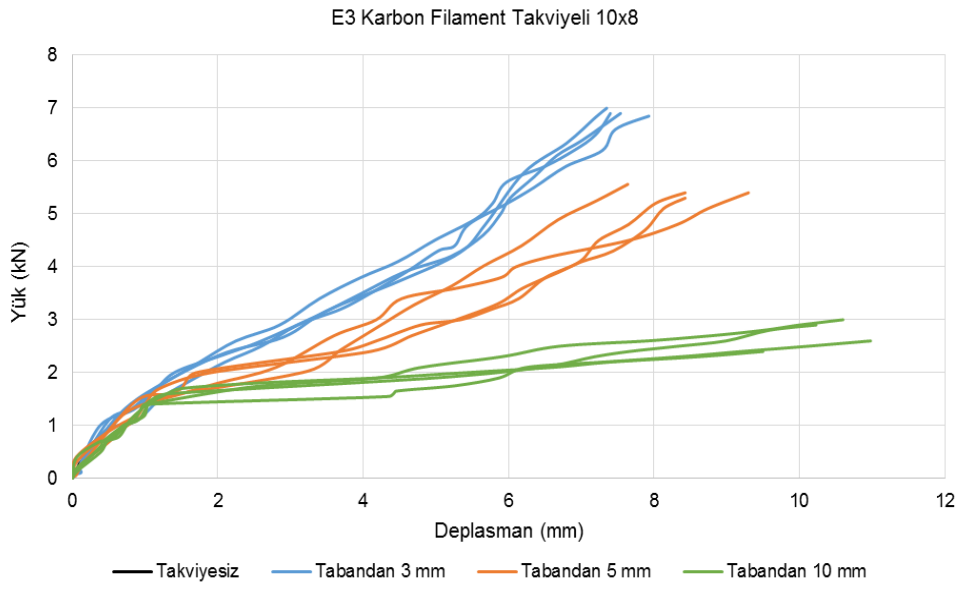
Şekil 4.87. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.88'de E2 epoksili karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.88 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi en büyük olup takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerde ise eğim en küçüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



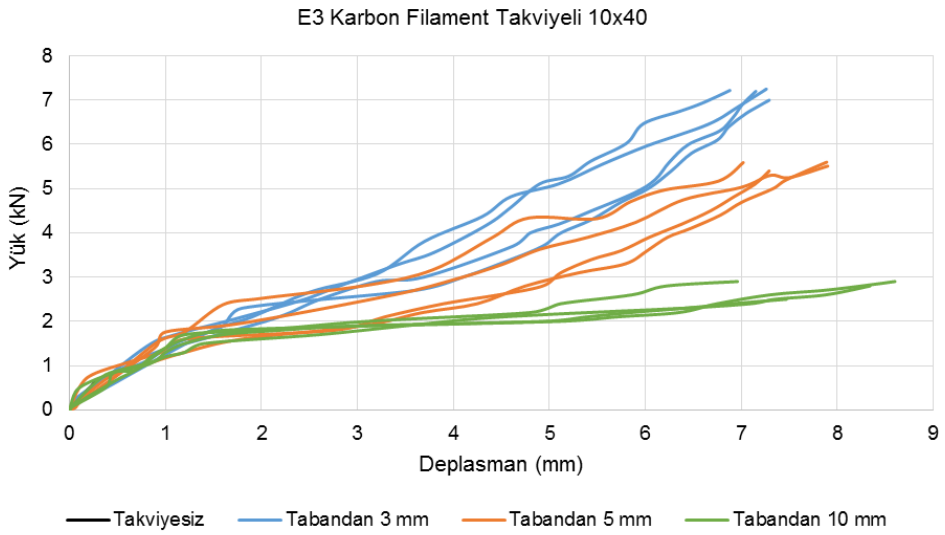
Şekil 4.88. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.89'da E3 epoksili karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.89 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi en büyük olup takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerde ise eğim en küçüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



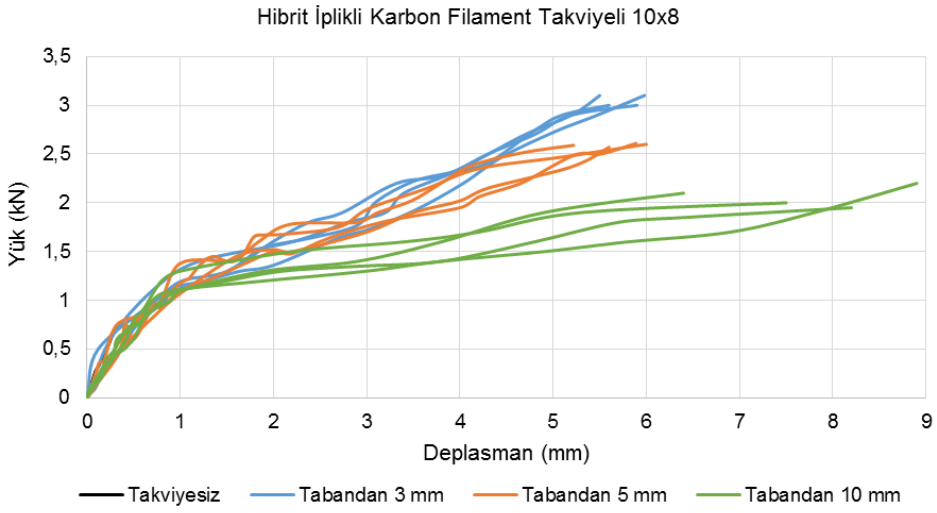
Şekil 4.89. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.90'da E3 epoksili karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.90 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi en büyük olup takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerde ise eğim en küçüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



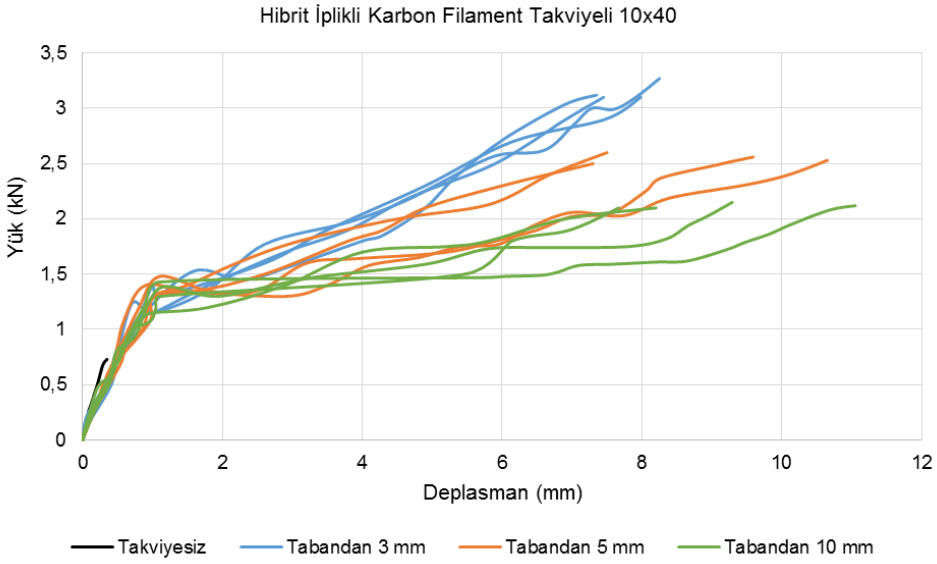
Şekil 4.90. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.91'de hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.91 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi en büyük olup takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerde ise eğim en küçüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değeri ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.91. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

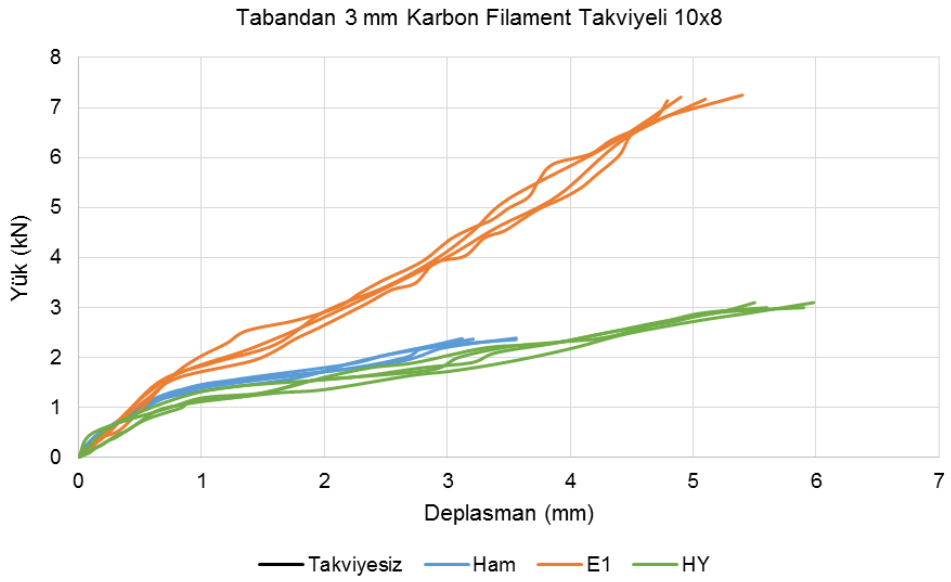
Şekil 4.92'de hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.92 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup takviye bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerin eğimi en büyük olup takviye bileşeninin 10 mm mesafeye yerleştirilen numunelerde ise eğim en küçüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri takviye bileşeninin eğilme yüzeyine en yakın olduğu durumda (3 mm) elde edilmektedir. En fazla deplasman değerini ise takviye bileşenin eğilme yüzeyine 5 mm ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.92. Tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.93'de ham, E1 epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi

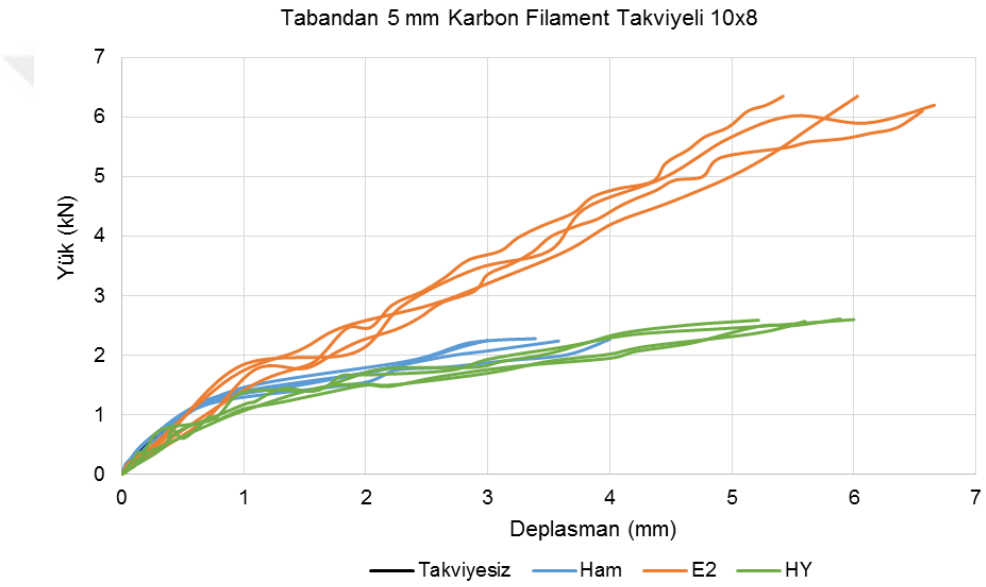
sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.93 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük olup ham ve hibrit iplik takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi birbirine yakındır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E1 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı durumda elde edilirken, en büyük deplasman değeri birbirine eşit sayılabilecek E1 epoksili ve hibrit iplikli takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.93. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.94'de ham, E2 epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil

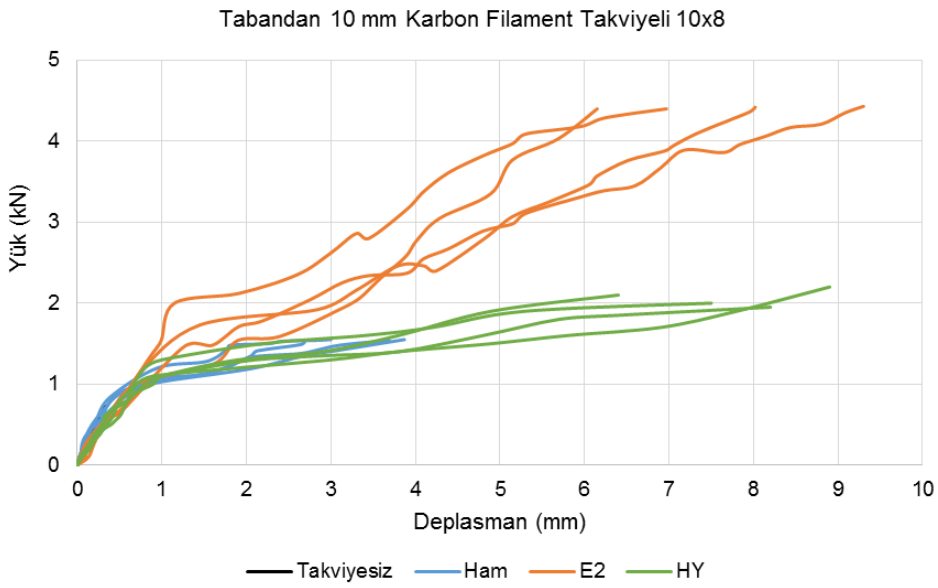
4.94 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E2 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük olup ham ve hibrit iplik takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi birbirine yakındır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük ve deplasman değeri E2 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.94. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.95'de ham, E2 epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.95 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E2 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi en

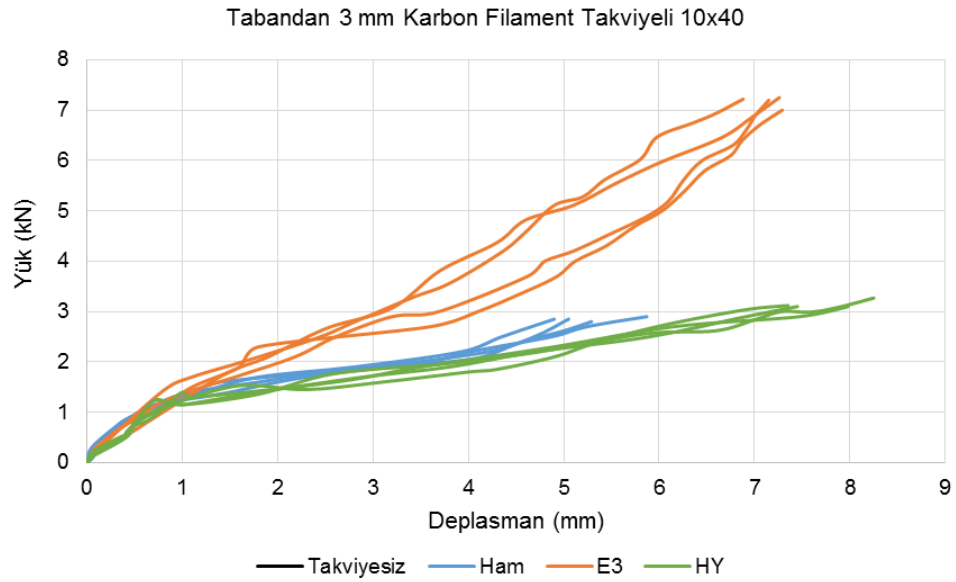
büyük olup ham ve hibrit iplik takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi birbirine yakındır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E2 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı durumda elde edilirken, en büyük deplasman değeri birbirine eşit sayılabilecek E2 epoksili ve hibrit iplikli takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.95. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.96'da ham, E3 epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.96 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E3 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük olup ham ve hibrit iplik takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi

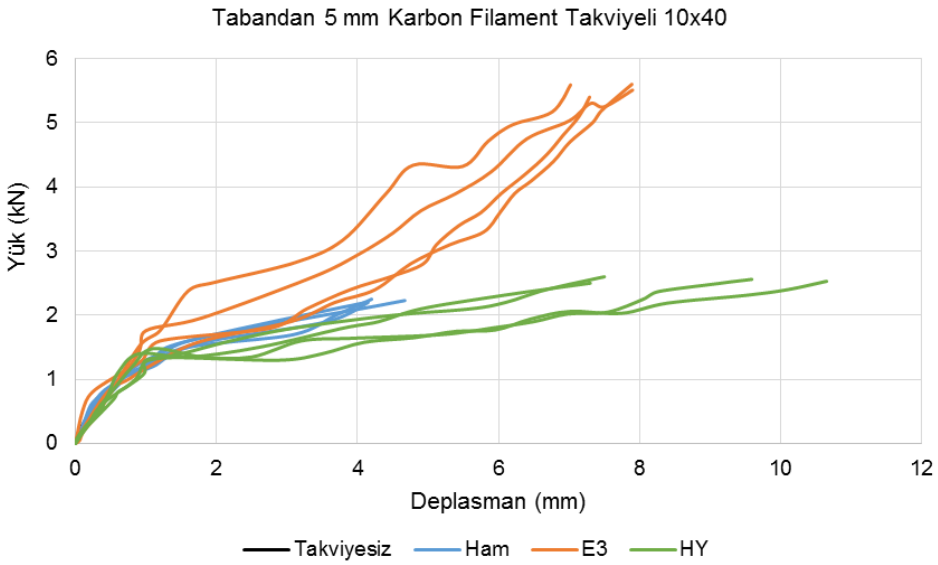
birbirine yakındır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E3 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı durumda elde edilirken, en büyük deplasman değeri hibrit iplikli takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.96. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

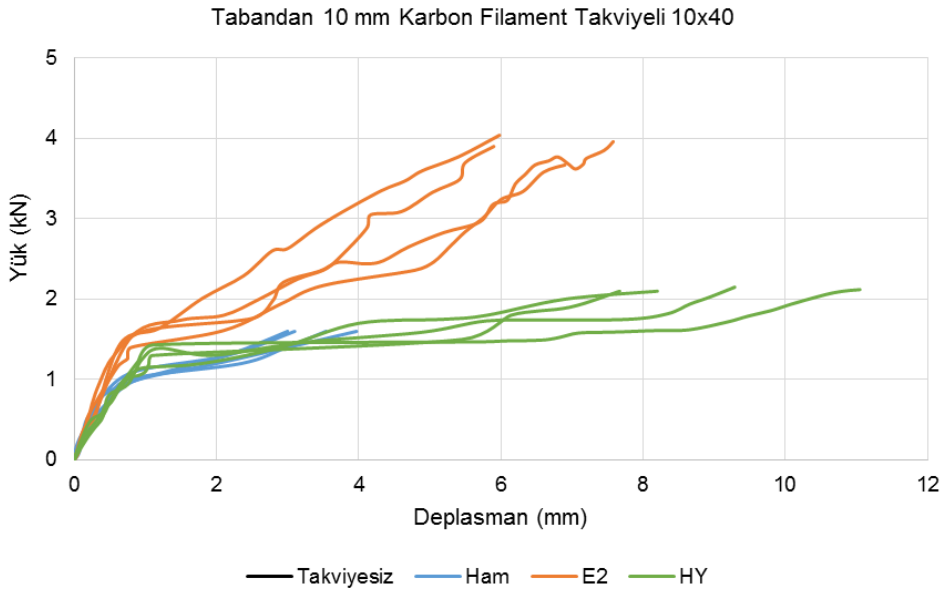
Şekil 4.97'de ham, E3 epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.97 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup eğimleri birbirine yakın olan ham ve E3 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E3 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı durumda elde edilirken, en büyük

deplasman değeri hibrit iplikli takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.97. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

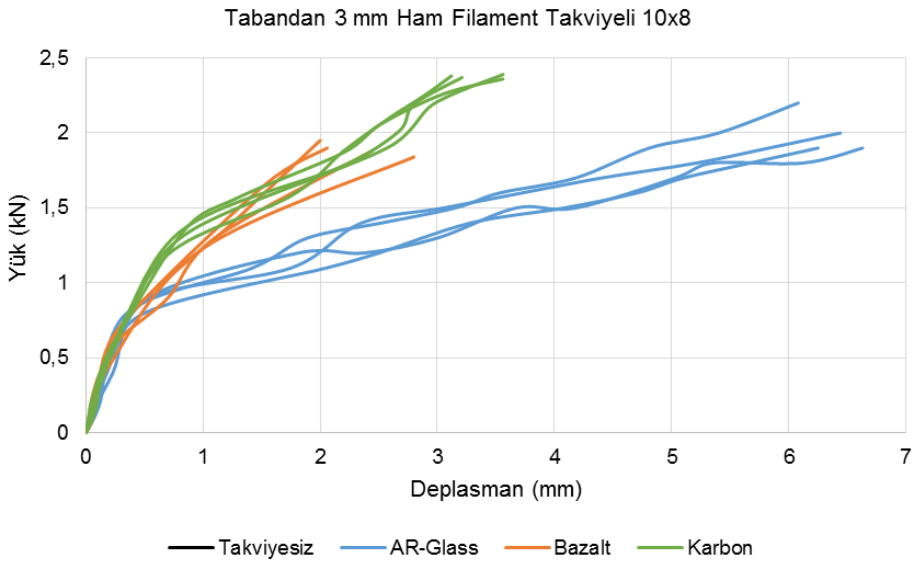
Şekil 4.98'de ham, E2 epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.98 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup eğimleri birbirine yakın olan ham ve E2 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E2 epoksili takviye bileşenin kullanıldığı durumda elde edilirken, en büyük deplasman değeri hibrit iplikli takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.98. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham, epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

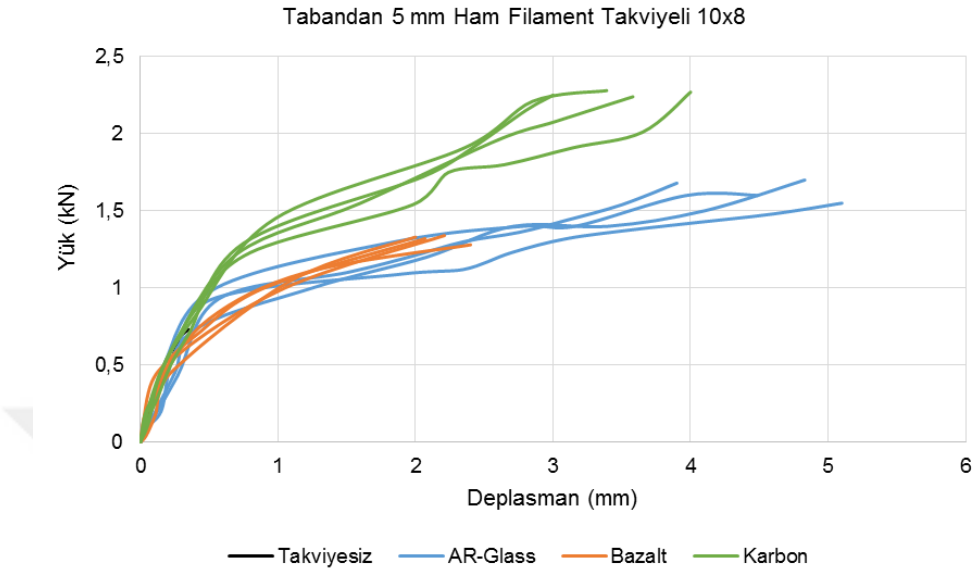
4.3.2.4. AR-Glass, Bazalt ve Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Yük-Deplasman Grafiklerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.99'da ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.99 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup ham bazalt ve karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ham AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri ham karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise ham AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



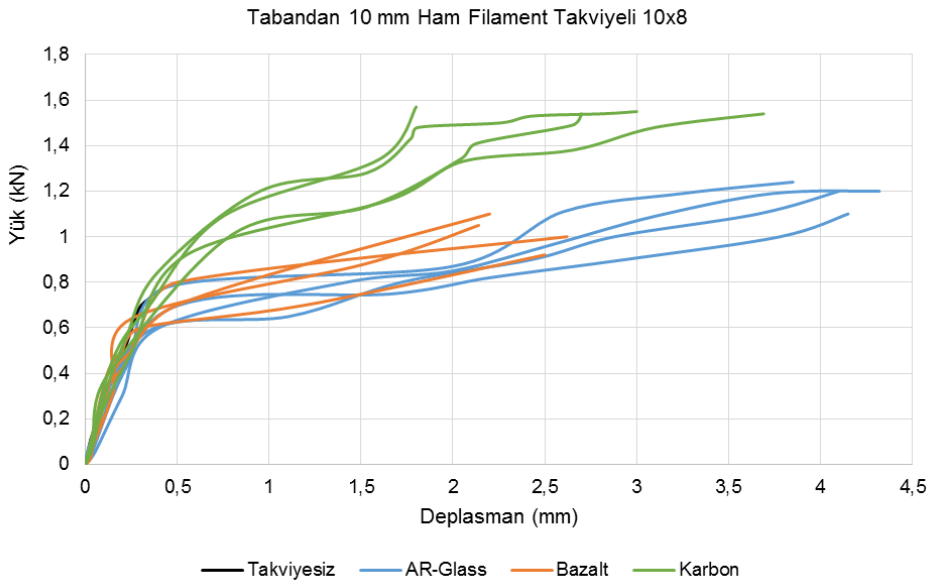
Şekil 4.99. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.100'de ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.100 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup ham bazalt ve karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ham AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri ham karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise ham AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



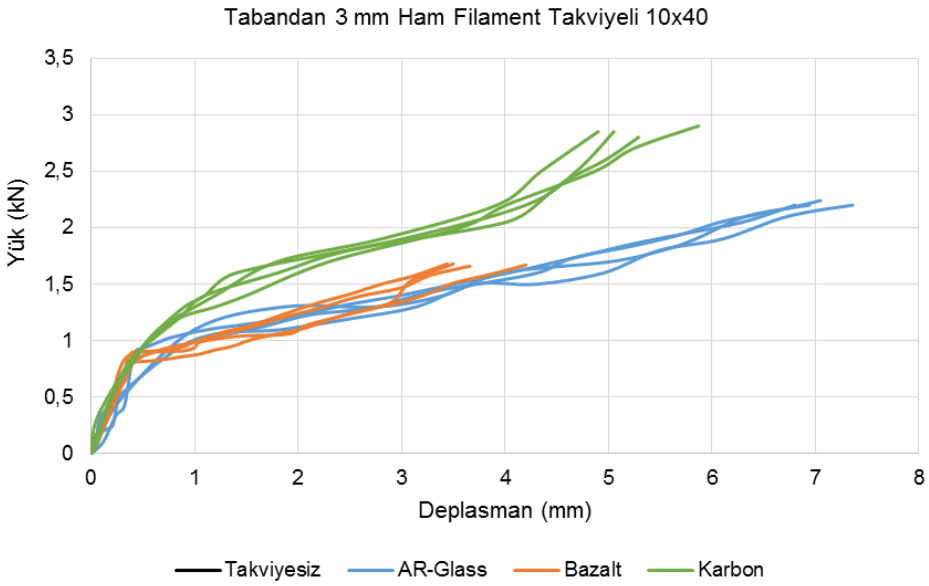
Şekil 4.100. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.101'de ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.101 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup ham bazalt ve karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ham AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri ham karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise ham AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



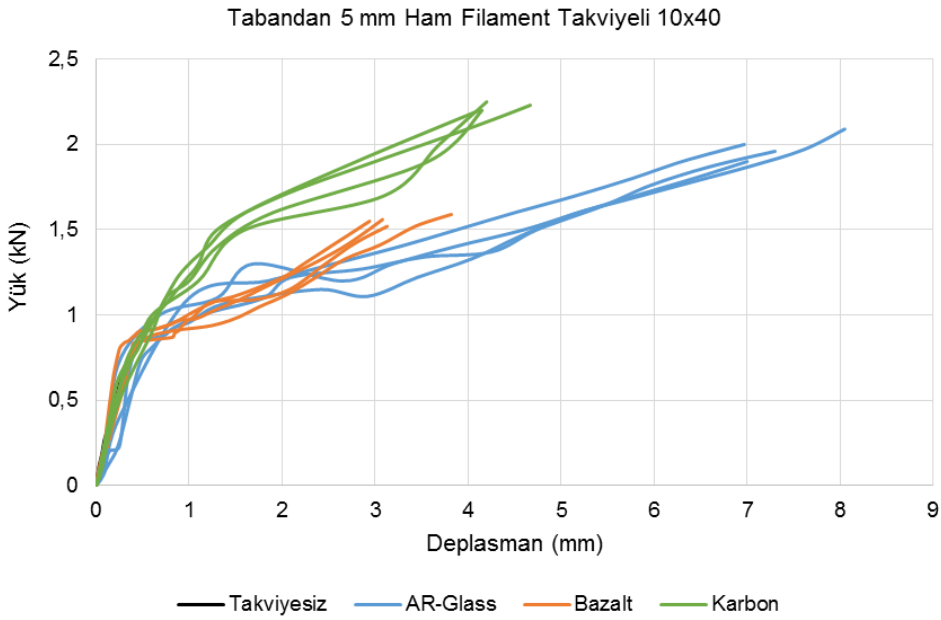
Şekil 4.101. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.102'de ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.102 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup ham karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ham bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri ham karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise ham AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



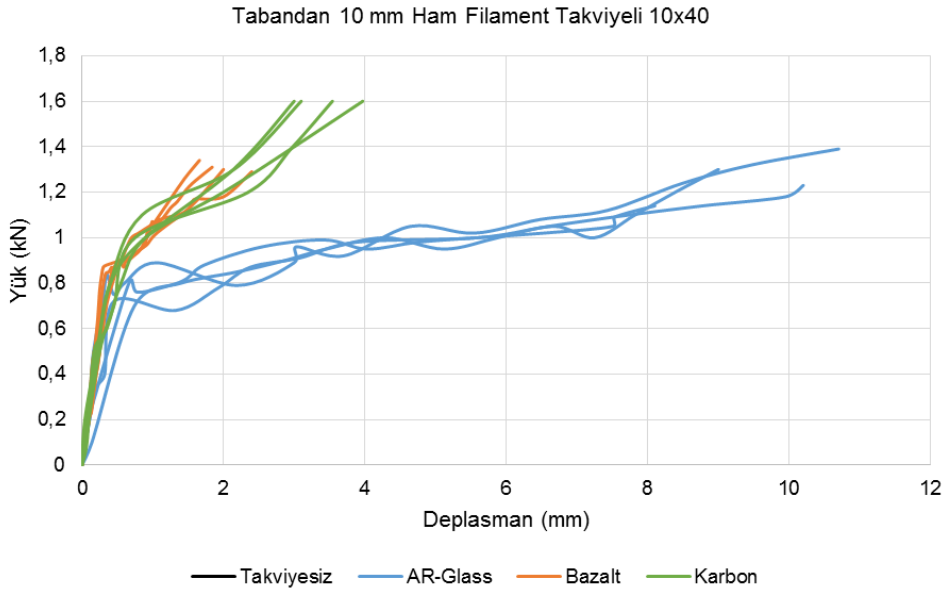
Şekil 4.102. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.103'de ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.103 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup ham karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ham bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri ham karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise ham AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.103. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.104'de ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.104 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup ham bazalt ve karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ham AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri ham karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise ham AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.

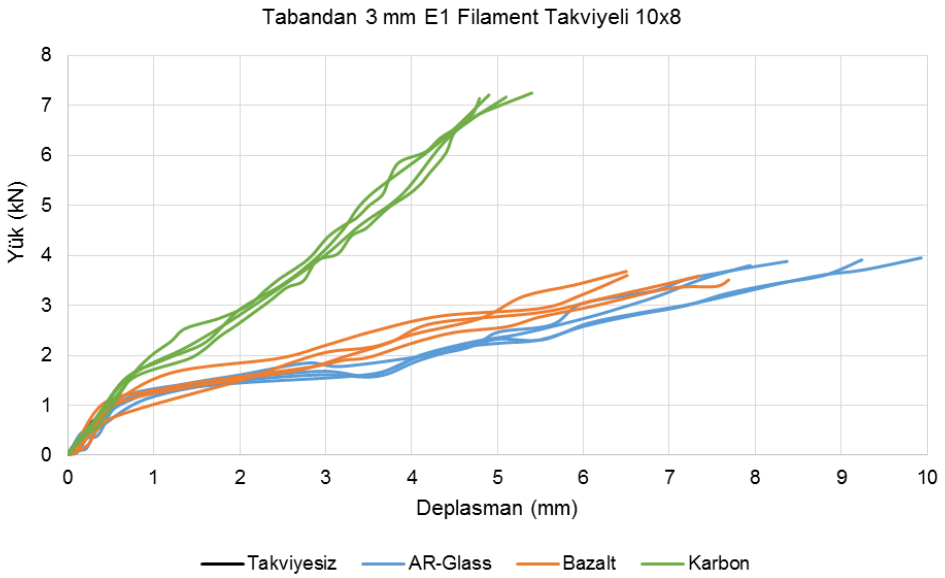


Şekil 4.104. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Ham filament takviyeli numunelerde en büyük yük değerini yüksek çekme dayanımına sahip olan karbon filament takviyeli numuneler verirken, en düşük dayanımı ise bazalt filament takviyeli numuneler vermiştir. Deplasman değerlerinde ise en büyük deplasman değerini AR-Glass filament takviyeli numuneler, en düşük deplasman değerini ise bazalt filament takviyeli numuneler vermiştir. Ham bazalt filamentin beton içerisinde dayanımı kaybettiği bu nedenle düşük yük ve deplasman değeri verdiği düşünülmektedir.

Şekil 4.105'de E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.105 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E1 epoksili karbon filament takviye bileşeninin

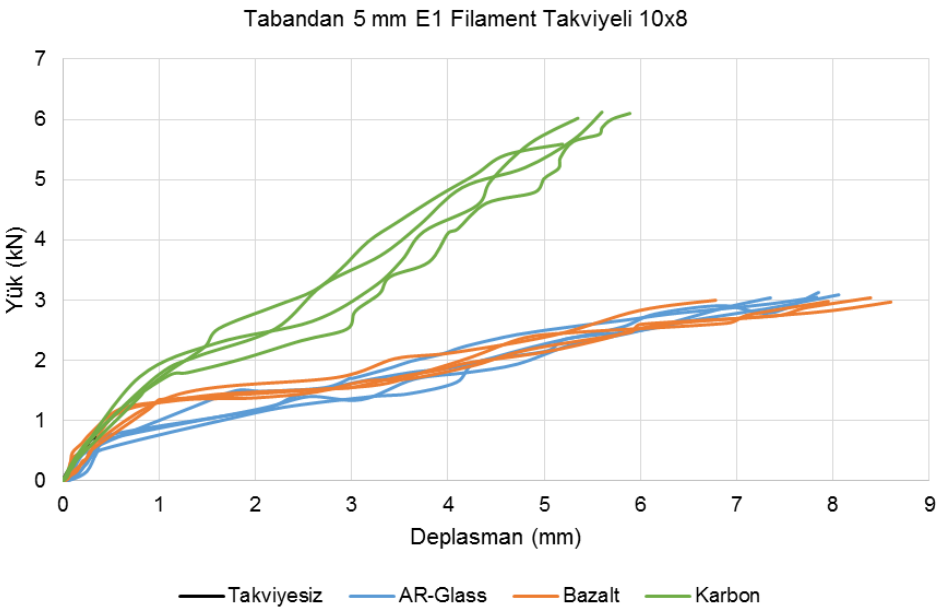
kullanıldığı numunelerin eğimi E1 epoksili bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E1 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E1 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.105. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.106'da E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.106 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E1 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi E1 epoksili bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü

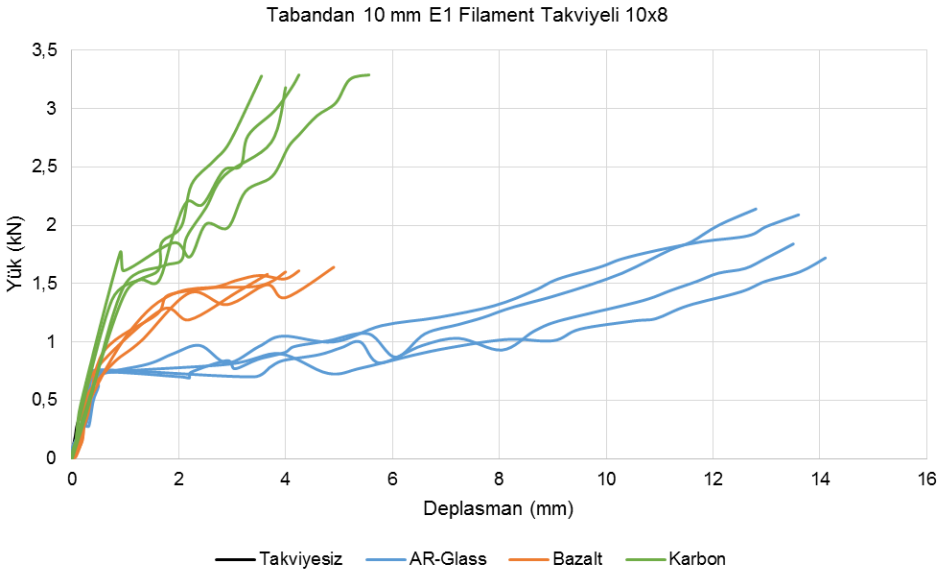
gibi en büyük yük değeri E1 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise değerleri birbirine yakın olan E1 epoksili bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.106. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.107'de E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.107 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E1 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük, E1 epoksili AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ise en küçük çıkmıştır. Grafikte

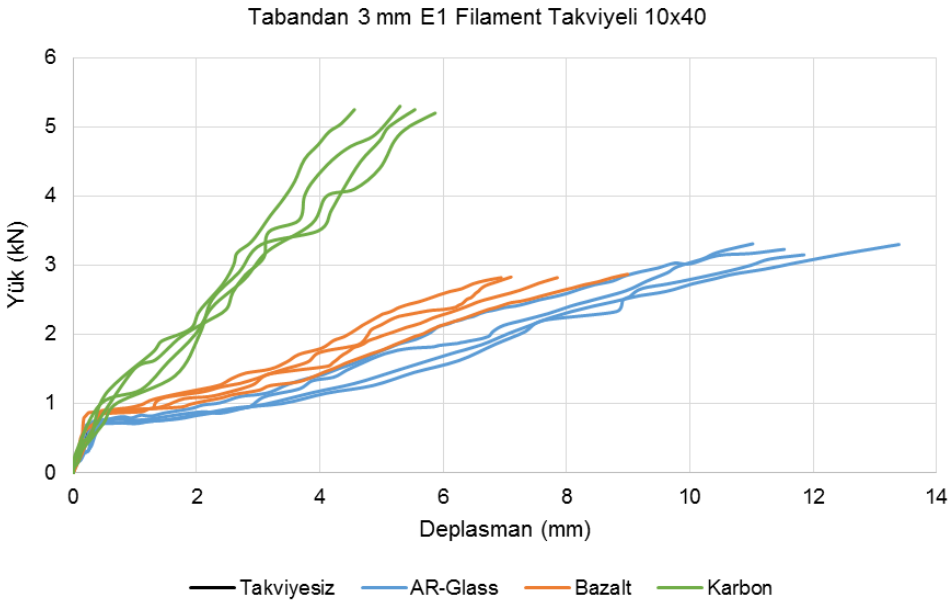
görüldüğü gibi en büyük yük değeri E1 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E1 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.107. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.108'de E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.108 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E1 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi E1 epoksili bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü

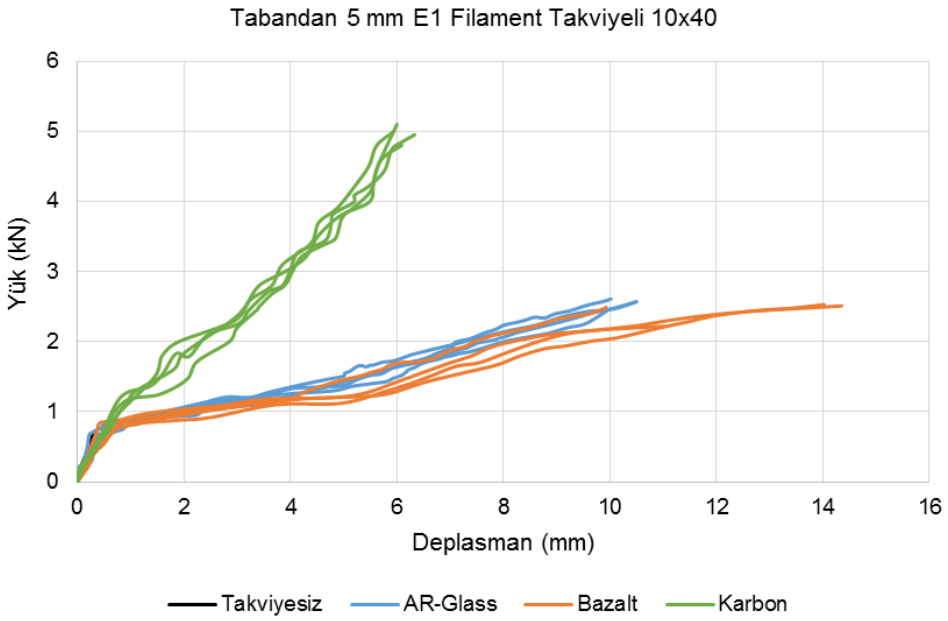
gibi en büyük yük değeri E1 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E1 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.108. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.109'da E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.109 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E1 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi E1 epoksili bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E1 epoksili karbon filament takviye bileşeninin

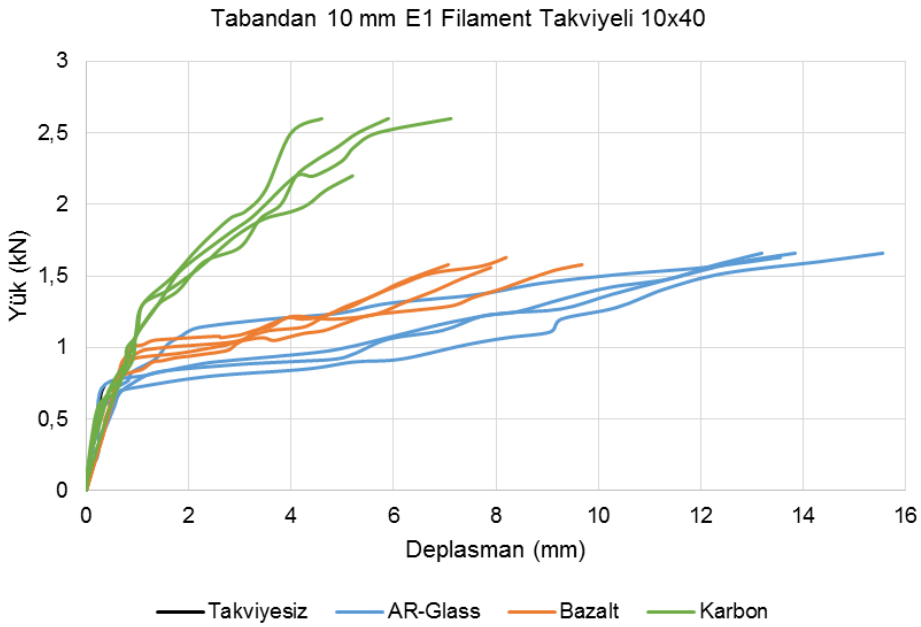
kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E1 epoksili bazalt filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.109. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.110'da E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.110 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E1 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük, E1 epoksili AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ise en küçük çıkmıştır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E1 epoksili karbon filament takviye

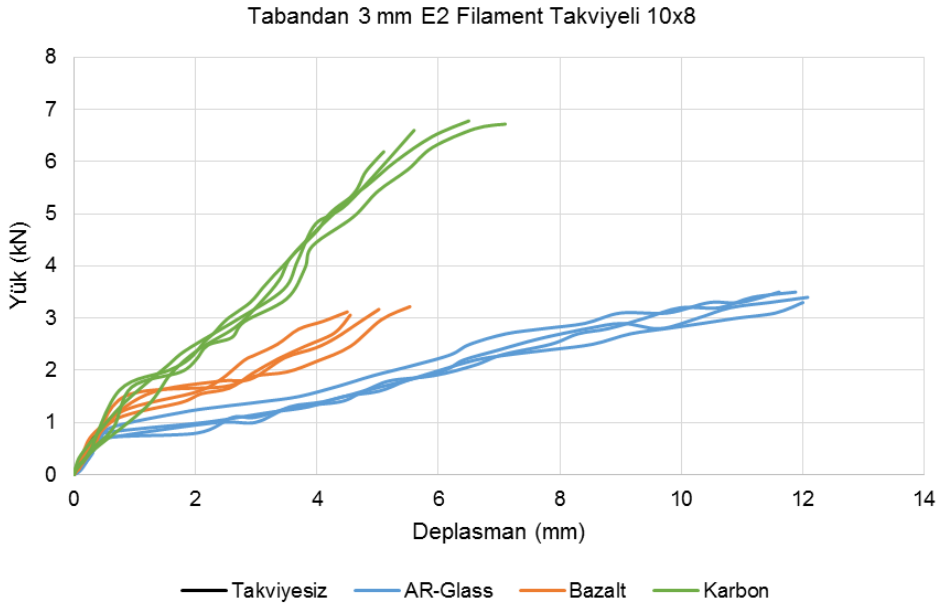
bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E1 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.110. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

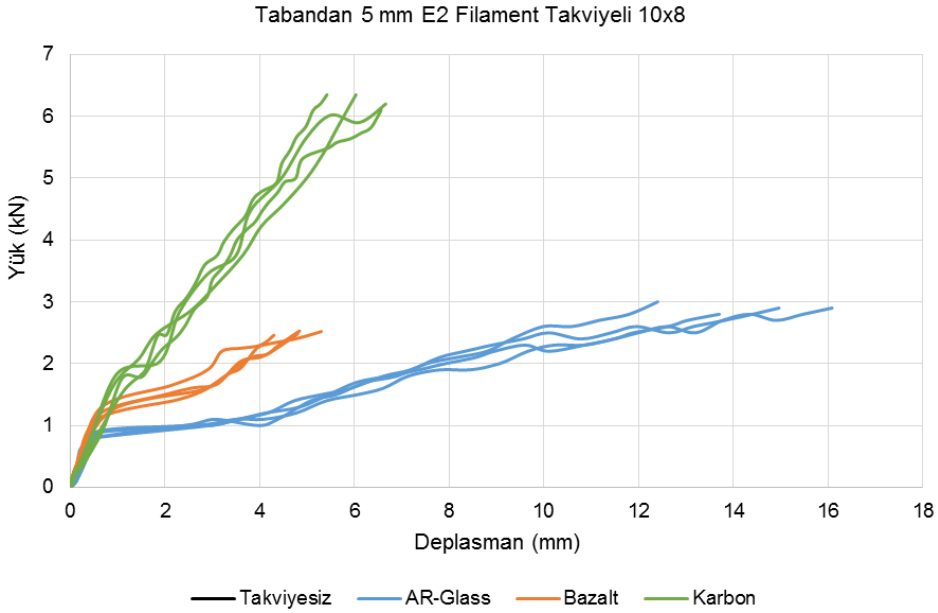
E1 epokisli filment takviyeli numunelerde karbon filament takviyeli numuneler Durum II bölgesinde yüksek eğim değeri verirken, AR-Glass ve bazalt filament takviyeli numuneler genellikle benzer ve daha düşük eğim değeri vermiştir. Yük değeri en yüksek karbon filamentli numunelerde elde edilirken bazalt filamentli numuneler en düşük yük değerini vermiştir. E1 epoksi takviyesiyle bazalt filamentler diğer filament türlerine göre düşük yük değeri vermesine rağmen ham filament kullanımına göre dayanım artışı sağlamış ve daha büyük yük ve deplasman değeri vermiştir.

Şekil 4.111'de E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.111 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E2 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük, E2 epoksili AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ise en küçük çıkmıştır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E2 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E2 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



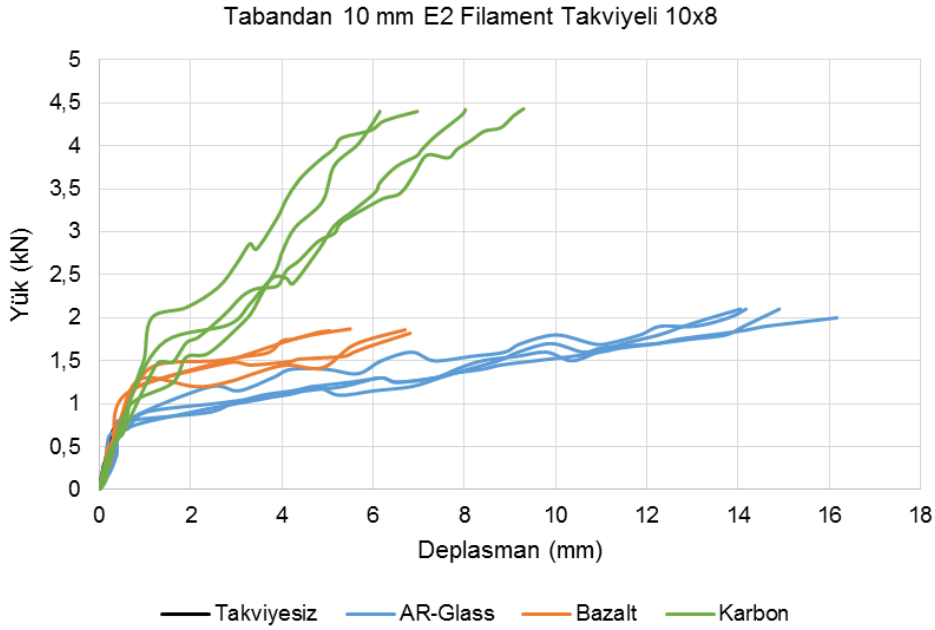
Şekil 4.111. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.112'de E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.112 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E2 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük, E2 epoksili AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ise en küçük çıkmıştır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E2 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E2 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



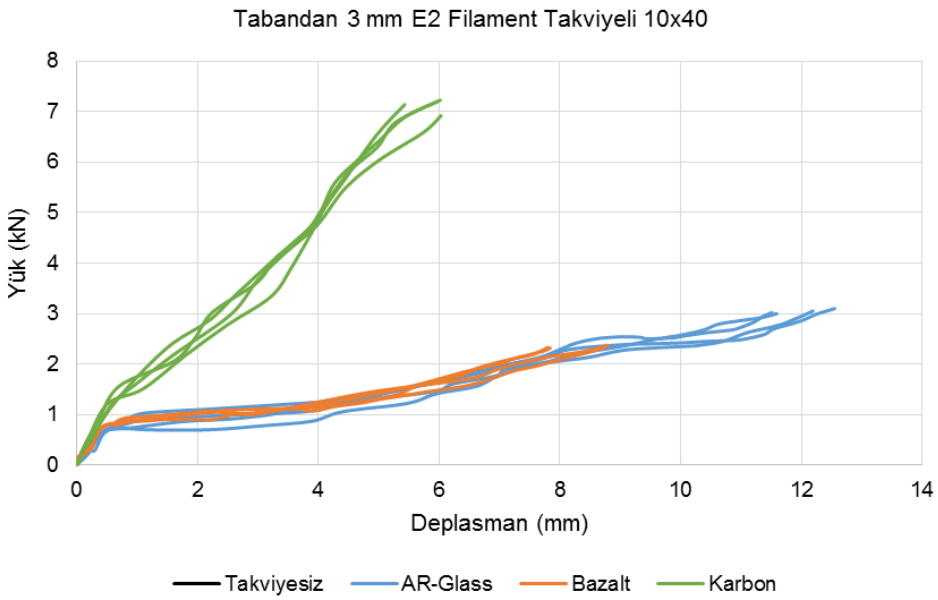
Şekil 4.112. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.113'de E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.113 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E2 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük, E2 epoksili AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ise en küçük çıkmıştır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E2 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E2 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



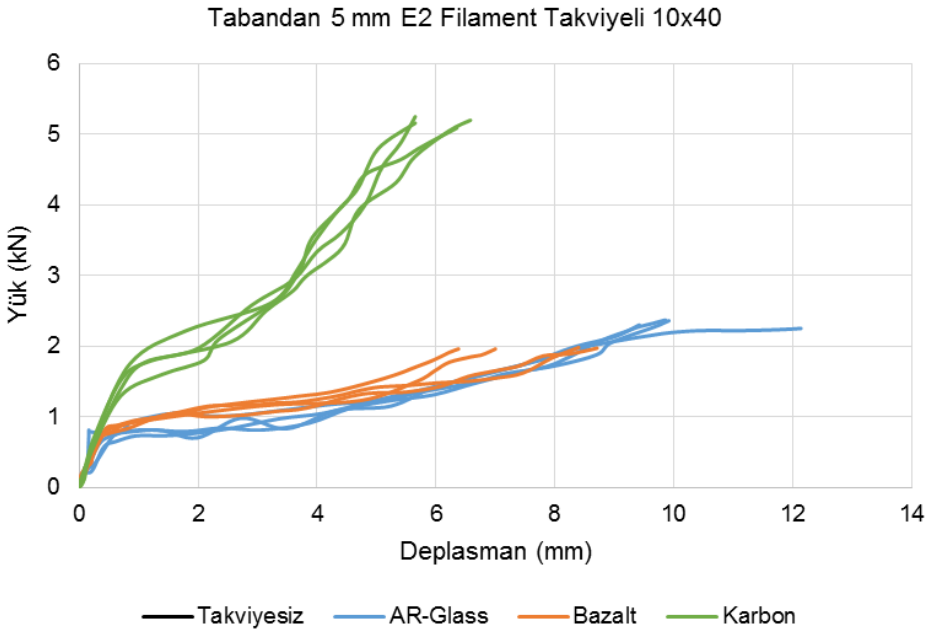
Şekil 4.113. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.114'de E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.114 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E2 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi E2 epoksili bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E2 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E2 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



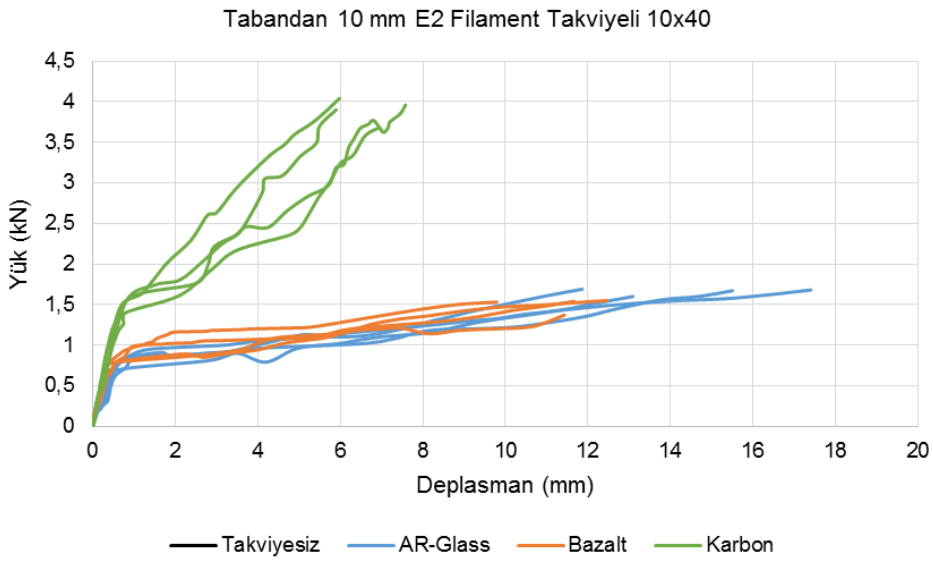
Şekil 4.114. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.115'de E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.115 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E2 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi E2 epoksili bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E2 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E2 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.115. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

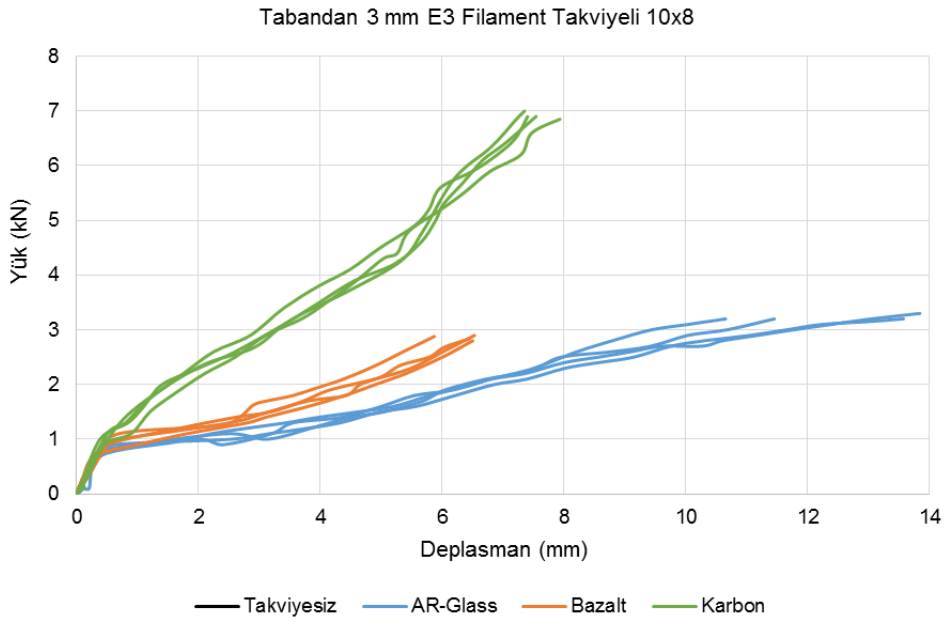
Şekil 4.116'da E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.116 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E2 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi E2 epoksili bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E2 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E2 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.116. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

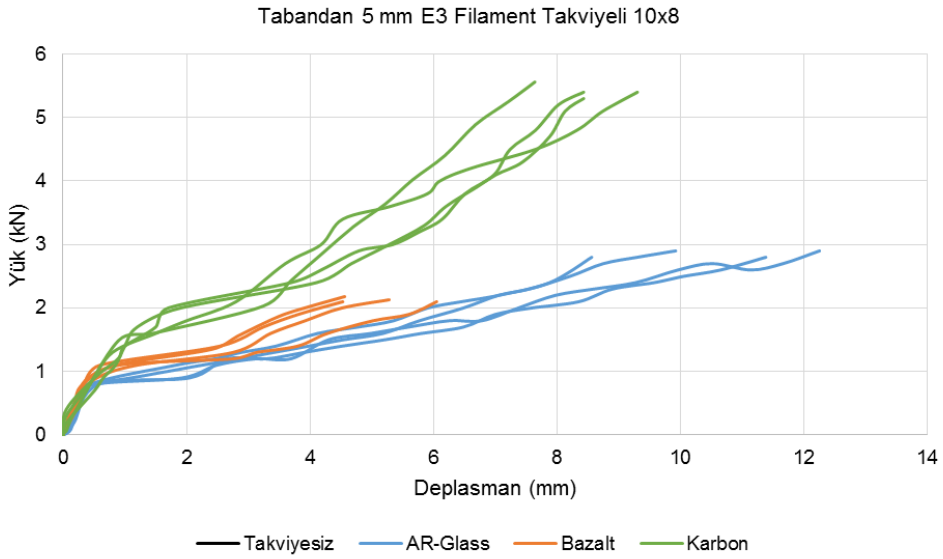
E2 epokisli filment takviyeli numunelerde karbon filament takviyeli numuneler en büyük yük değerini, bazalt filament takviyeli numuneler en düşük yük değerini vermiştir. 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde Durum II bölgesinde karbon filament takviyeli numuneler yüksek eğim değeri verirken, AR-Glass filament takviyeli numuneler daha düşük eğim değeri vermiştir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise Durum II bölgesinde karbon filament takviyeli numuneler yüksek eğim değeri verirken, AR-Glass ve bazalt filament takviyeli numuneler genellikle benzer ve daha düşük eğim değeri vermiştir. Yük değeri en yüksek karbon filamentli numunelerde elde edilirken bazalt filamentli numuneler en düşük yük değerini vermiştir. E2 epoksi takviyesiyle bazalt filamentler ham filament kullanımına göre dayanım artışı sağlayarak daha büyük yük ve deplasman değeri vermiştir.

Şekil 4.117'de E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.117 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük, E3 epoksili AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ise en küçük çıkmıştır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E3 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



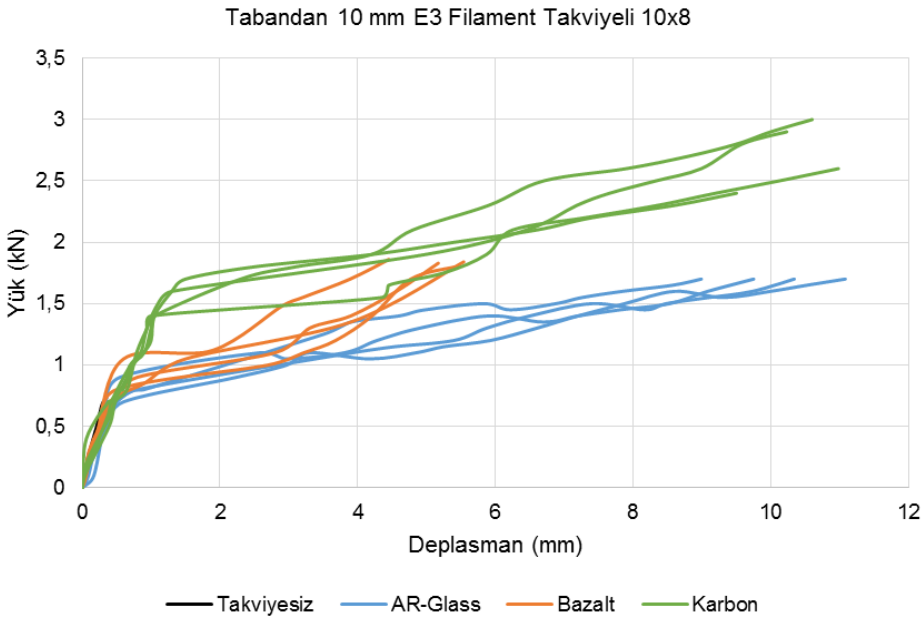
Şekil 4.117. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.118'de E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.118 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük, E3 epoksili AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ise en küçük çıkmıştır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E3 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



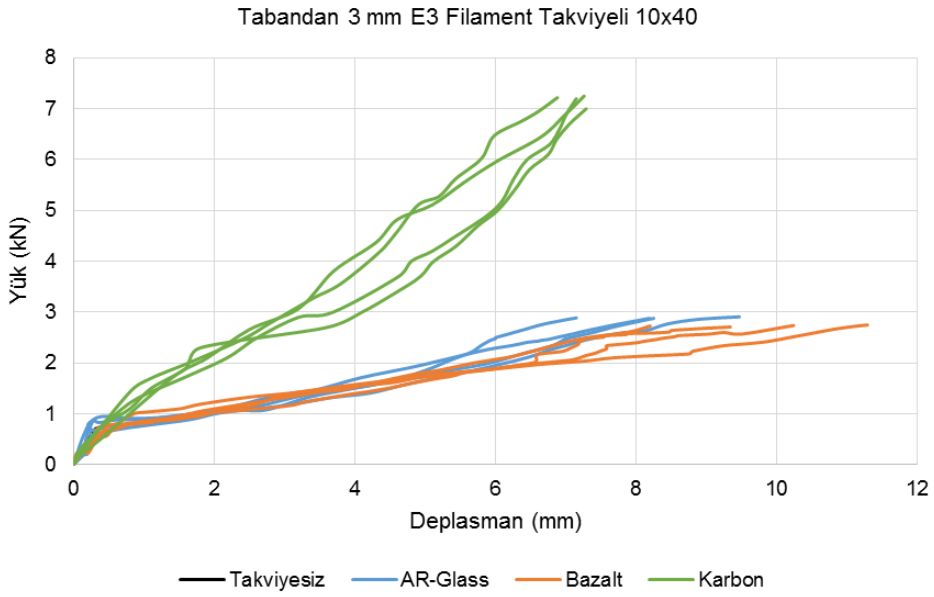
Şekil 4.118. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.119'da E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.119 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. Sadece E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numuneler Durum I'deki davranışı biraz daha uzun sürmüştür. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E3 epoksili bazalt filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük, E3 epoksili AR-Glass ve karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi birbirine benzer ve küçük çıkmıştır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E3 epoksili AR-Glass ve karbon filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



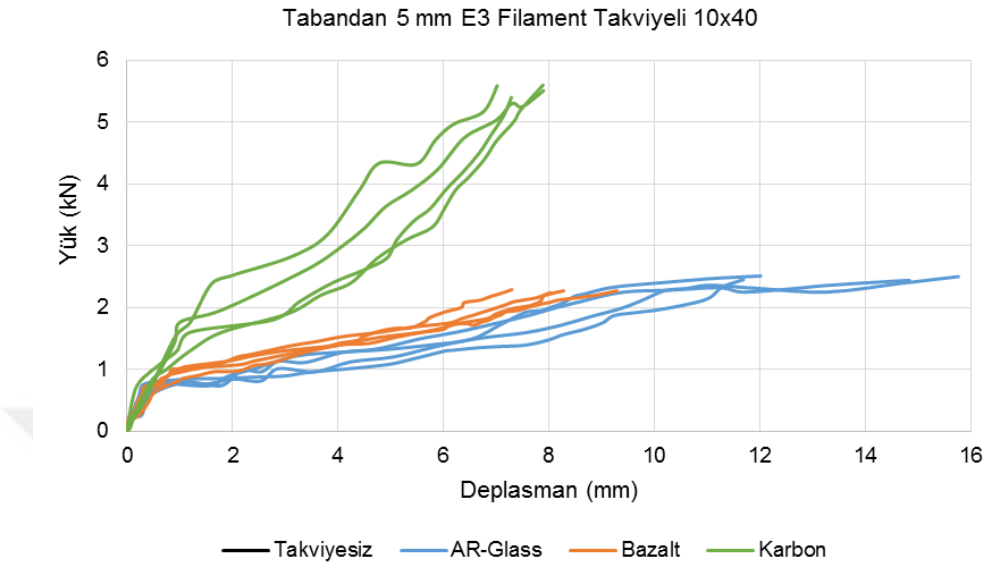
Şekil 4.119. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.120'de E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.120 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi E3 epoksili bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E3 epoksili bazalt filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



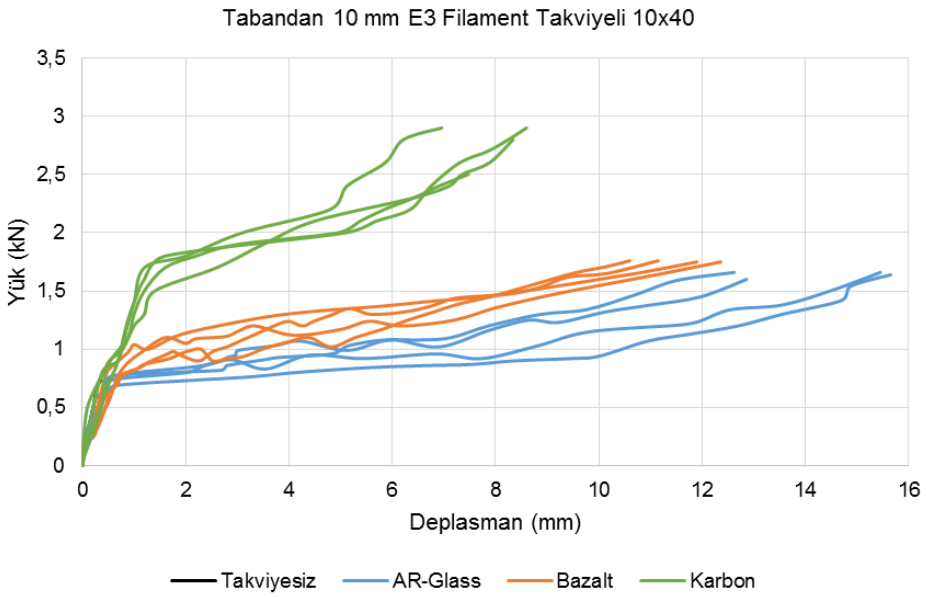
Şekil 4.120. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.121'de E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.121 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi E3 epoksili bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E3 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.121. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

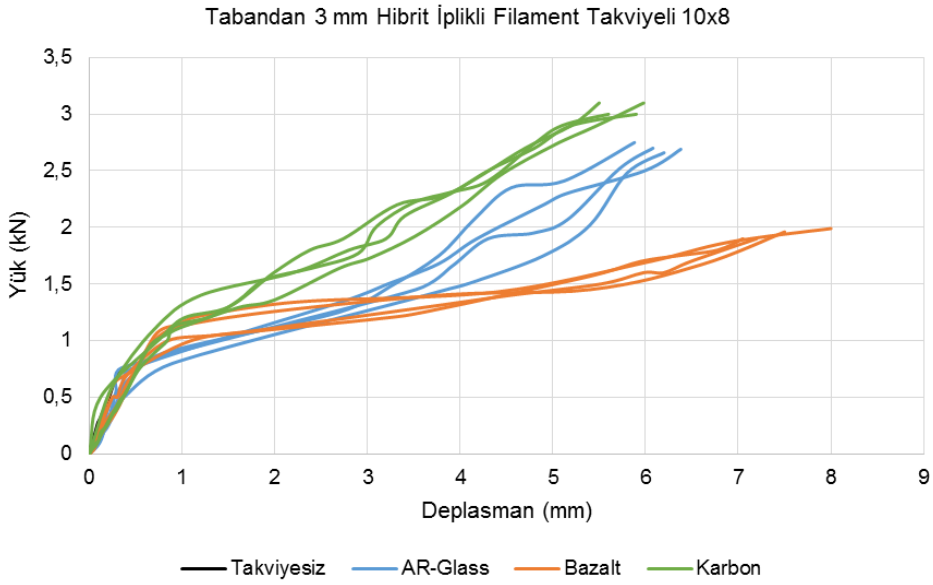
Şekil 4.122'de E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.122 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. Sadece E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numuneler Durum I'deki davranışı biraz daha uzun sürmüştür. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi E3 epoksili bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri E3 epoksili karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise E3 epoksili AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.122. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

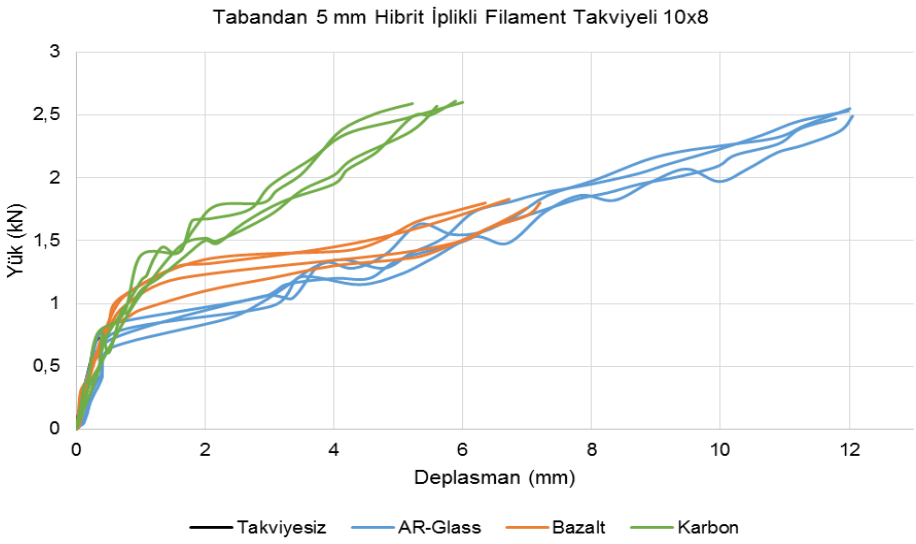
E3 epokisli filment takviyeli numunelerde karbon filament takviyeli numuneler en büyük yük değerini, bazalt filament takviyeli numuneler en düşük yük değerini vermiştir. 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde Durum II bölgesinde karbon filament takviyeli numuneler yüksek eğim değeri verirken, AR-Glass filament takviyeli numuneler daha düşük eğim değeri vermiştir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise Durum II bölgesinde karbon filament takviyeli numuneler yüksek eğim değeri verirken, AR-Glass ve bazalt filament takviyeli numuneler genellikle benzer ve daha düşük eğim değeri vermiştir. Yük değeri en yüksek karbon filamentli numunelerde elde edilirken bazalt filamentli numuneler en düşük yük değerini vermiştir. E3 epoksi takviyesiyle bazalt filamentler ham filament kullanımına göre dayanım artışı sağlayarak daha büyük yük ve deplasman değeri vermiştir.

Şekil 4.123'de hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.123 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup hibrit iplikli karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi en büyük, hibrit iplikli bazalt filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi ise en küçük çıkmıştır. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri hibrit iplikli karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise hibrit iplikli bazalt filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



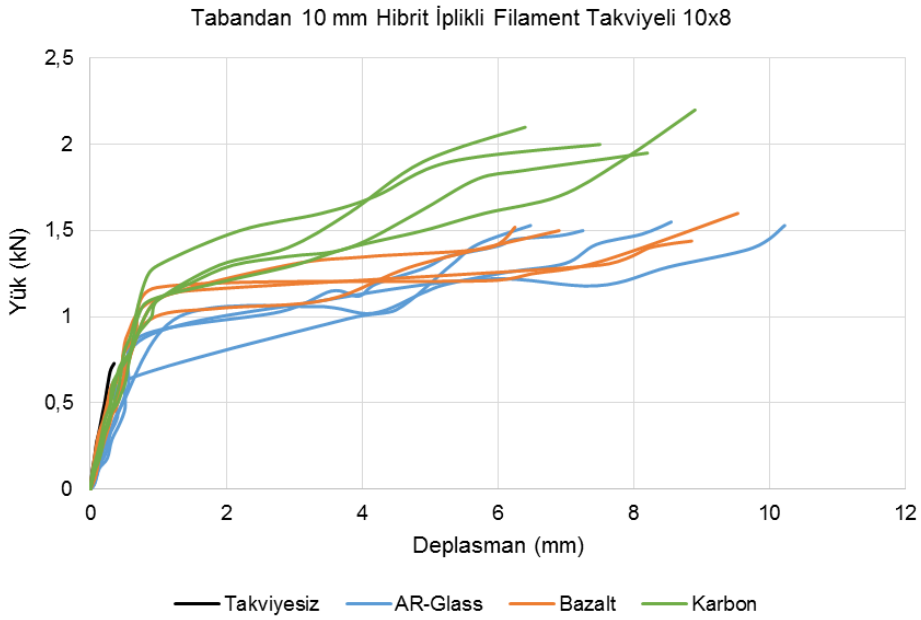
Şekil 4.123. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.124'de hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.124 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. Sadece hibrit iplikli bazalt ve karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin Durum I'deki davranışı biraz daha uzun sürmüştür. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup hibrit iplikli karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi hibrit iplikli bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri hibrit iplikli karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise hibrit iplikli AR-Glass filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



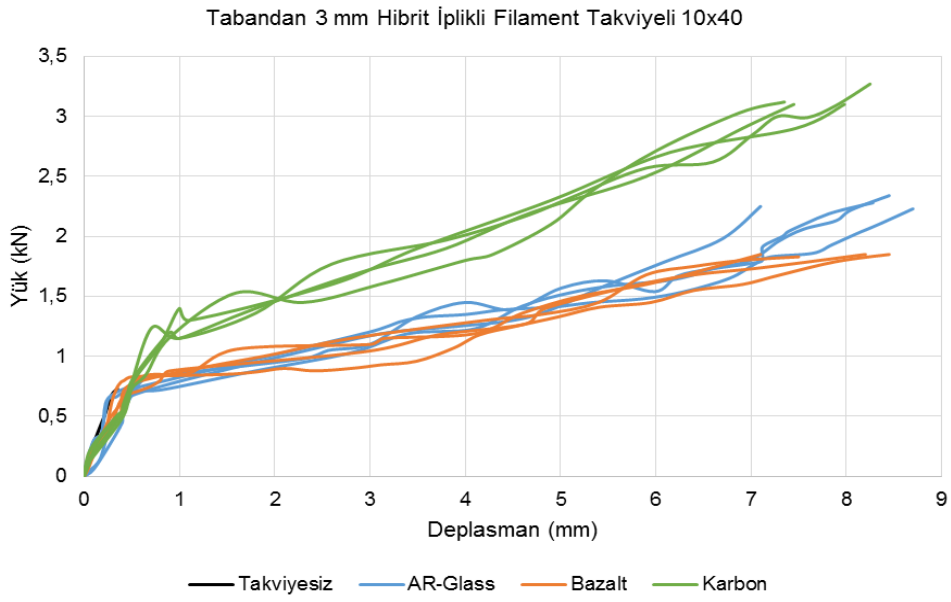
Şekil 4.124. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.125'de hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.125 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup her bir numune eşit denebilecek bir eğimde davranış göstermektedir. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri hibrit iplikli karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. Elde edilen deplasman değerleri ise numuneler arasında yakınlık göstermektedir.



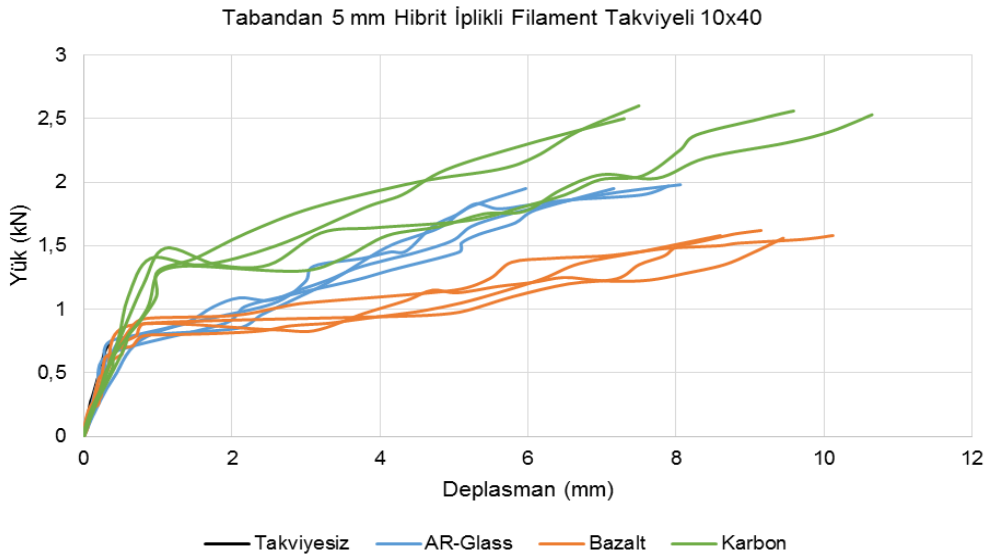
Şekil 4.125. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x8 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.126'da hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.126 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. Sadece hibrit iplikli karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numuneler Durum I'deki davranışı biraz daha uzun sürmüştür. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup hibrit iplikli karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi hibrit iplikli bazalt ve AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri hibrit iplikli karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. Elde edilen deplasman değerleri ise numuneler arasında yakınlık göstermektedir.



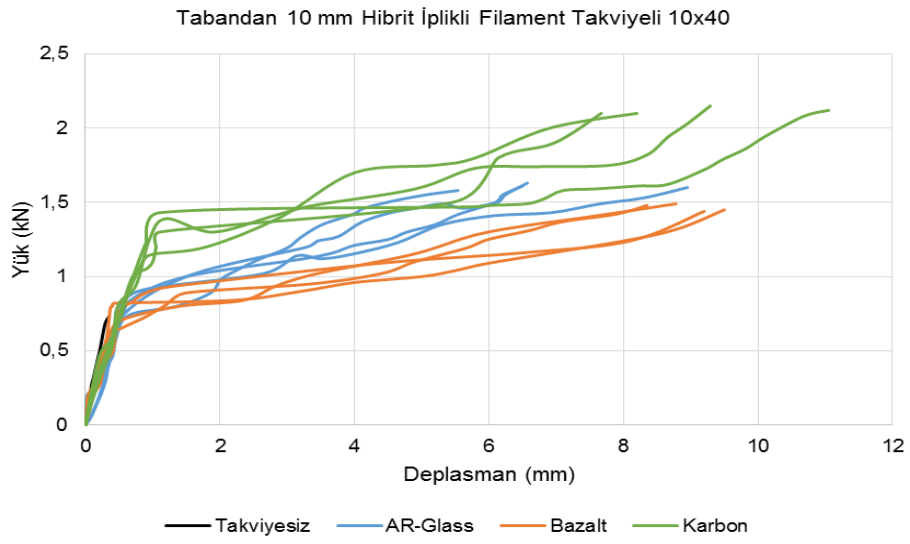
Şekil 4.126. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.127'de hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.127 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. Sadece hibrit iplikli karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numuneler Durum I'deki davranışı biraz daha uzun sürmüştür. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup hibrit iplikli AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi birbirine yakın olan hibrit iplikli bazalt ve karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri hibrit iplikli karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. En fazla deplasman değeri ise hibrit iplikli bazalt ve karbon filament takviye bileşenin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.127. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Şekil 4.128'de hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin yük-deplasman grafiği verilmiştir. Şekil 4.128 incelendiğinde Durum I bölümünde tüm numunelerin takviyesiz numune gibi davranış gösterdiği görülmektedir. Sadece hibrit iplikli karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numuneler Durum I'deki davranışı biraz daha uzun sürmüştür. İlk çatlak oluşumundan sonra eğrinin eğimi azalmakta olup hibrit iplikli AR-Glass filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğimi birbirine yakın olan hibrit iplikli bazalt ve karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerin eğiminden daha büyüktür. Grafikte görüldüğü gibi en büyük yük değeri hibrit iplikli karbon filament takviye bileşeninin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir. Elde edilen deplasman değerleri ise numuneler arasında yakınlık göstermektedir.



Şekil 4.128. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş 10x40 tekstil yüzeyli hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin yük-deplasman grafiği

Hibrit iplikli filment takviyeli numunelerde karbon filament takviyeli numuneler en büyük yük değerini, bazalt filament takviyeli numuneler en düşük yük değerini vermiştir. Durum II bölgesinde karbon filament takviyeli numuneler yüksek eğim değeri verirken, bazalt filament takviyeli numuneler genellikle düşük eğim değeri vermiştir. Her üç filament türü için de elde edilen deplasman değerleri birbirine yakın değerdir.

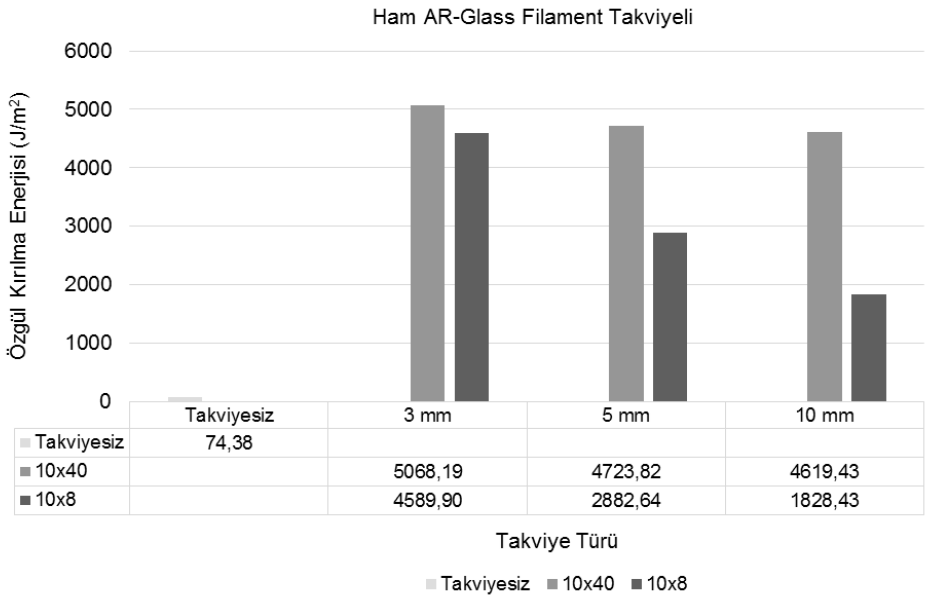
4.3.3. Özgül Kırılma Enerjilerinin Değerlendirilmesi

Eğilme deneyi sonucunda oluşturulan yük-deplasman grafikleri üretilen numunelerin kırılma enerjilerinin hesaplanmasında da kullanılmıştır. Numunelerin kırılma enerjileri oluşturulan grafiklerin altında kalan alana eşit olup, özgül kırılma enerjisi ise kırılma enerjisinin numune kesit alanına bölünmesiyle hesaplanmaktadır.

Özgül kırılma enerjileri sonuçları ana takviye bileşen olarak kullanılan AR-Glass, bazalt ve karbon filament olarak üç ayrı bölümde incelenmiştir. Bu bölümlerde her bir tekstil takviye bileşeni sırasıyla ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplik formundaki ürünlerin tabandan 3, 5 ve 10 mm yerleştirilip kullanılması sonucu elde edilen ürünlerin özgül kırılma enerji grafikleri verilmiştir. Sonrasında da tüm takviye bileşenlerinin sırasıyla 3, 5 ve 10 mm'deki yerleştirilmesi sonucu elde edilen özgül kırılma enerjilerine yer verilmiştir. Bu kısımda epoksi ve hibrit iplik formunun etkisinin gözlemlenmesi adına ham kullanımdaki değerlere de yer verilmiştir. Bölümlerin sonunda ise tüm parametrelerin etkilerini aynı grafikte görmek adına her bir takviye bileşenlerinin tüm numunelerine ait olan özgül kırılma enerjileri tek grafikte gösterilmiştir. Son bölümde de bu üç farklı materyal birbirleriyle kıyaslanmış olup her bir tekstil takviye bileşenin 3, 5 ve 10 mm'deki yerleşimleri sonucu ham, E1-E2-E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplik kullanım halindeki özgül kırılma enerjilerine yer verilmiştir. Kıyaslama yapmak amacıyla takviyesiz numunelerin özgül kırılma enerjisi de grafiklerde gösterilmiştir.

4.3.3.1. AR-Glass Filament Takviyeli Beton Numunelerin Özgül Kırılma Enerjileri Sonuçları

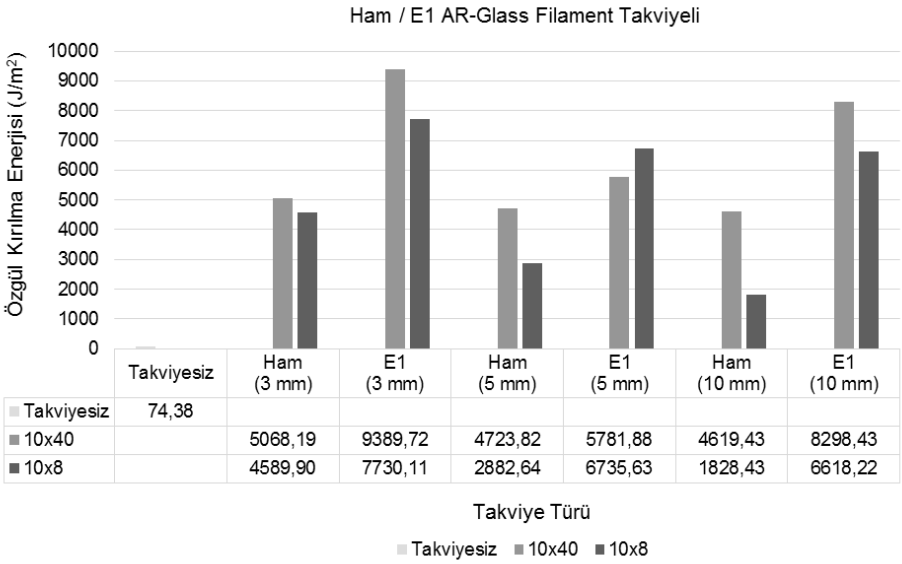
Şekil 4.129'da ham AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.129 incelendiğinde ham AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjileri takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %2,3, 10x8 tekstil yüzeyi için %57,6'lık bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %7,3, 10x8 tekstil yüzeyi için %59,2'lik bir artış elde edilmiştir. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelere göre hep daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %10,4, 5 mm'de %63,9, 10 mm'de ise %152,6 olmuştur. 10x40 tekstil yüzeyleri 10x8 tekstil yüzeylerine göre hep daha yüksek yük ve deplasman değeri verdiği için özgül kırılma enerjileri de yüksek çıkmıştır. Takviye bileşenin, eğilme yüzeyine en yakın konum olan 3 mm mesafeye yerleştirildiği durumda; yük ve deplasman değerlerinde çok büyük fark olmaması nedeniyle özgül kırılma enerjileri de birbirine yakın çıkmıştır.



Şekil 4.129. Ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.130'da ham ve E1 epoksili AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.130 incelendiğinde E1 epoksili AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi takviye bileşeni eğilme yüzeyine en yakın olduğu 3 mm'de en yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %30,32'lik bir azalış, 10x8 tekstil yüzeyi için %1,7'lik bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %62,4'lük, 10x8 tekstil yüzeyi için %14,76'lık bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E1 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E1 epoksili numunelere göre 5 mm mesafeye yerleştirilmiş numuneler hariç daha yüksek özgül

kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %21,47, 10 mm'de %25,8 iken 5 mm'de %14,16'lık bir azalış vardır. E1 epoksili AR-Glass filament kullanımı ham AR-Glass filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %85,27, 5 mm'de %22,4 ve 10 mm'de %79,64'lık katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %68,42, 5 mm'de %133,66 ve 10 mm'de %261,96'lık katkı sağlamıştır. Deplasman değerlerinin daha fazla olması nedeniyle takviye bileşenlerin 3 ve 10 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde eğilme dayanımındaki durumun aksine 10x40 tekstil yüzeyli numuneler daha büyük özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir.

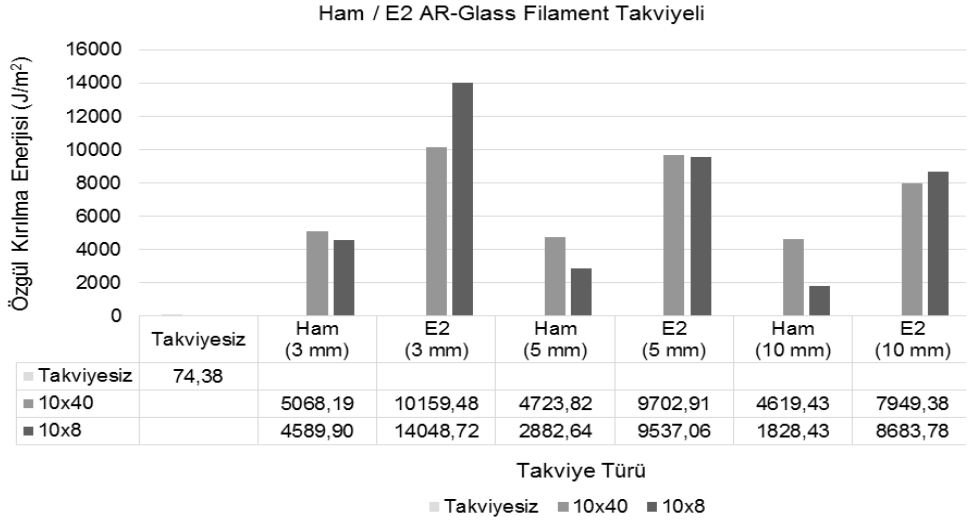


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E1 (3 mm)	Ham (5 mm)	E1 (5 mm)	Ham (10 mm)	E1 (10 mm)
Takviyesiz	74,38						
10x40		5068,19	9389,72	4723,82	5781,88	4619,43	8298,43
10x8		4589,90	7730,11	2882,64	6735,63	1828,43	6618,22

Şekil 4.130. Ham/E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

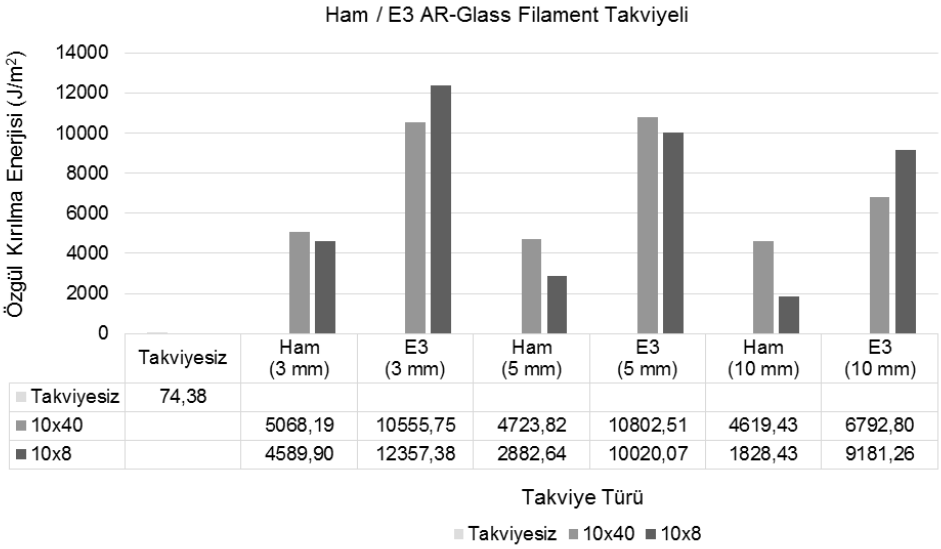
Şekil 4.131'de ham ve E2 epoksili AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.131 incelendiğinde E2 epoksili AR-Glass filament

kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjileri takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %22,06'lık, 10x8 tekstil yüzeyi için %9,83'lük bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %4,71'lık, 10x8 tekstil yüzeyi için %47,31'lik bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre 5 mm mesafeye yerleştirilmiş numuneler hariç daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %38,29, 10 mm'de %9,24 iken 5 mm'de %1,7'lik bir azalış vardır. E2 epoksili AR-Glass filament kullanımı ham AR-Glass filament kullanımına göre 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %100, 5 mm'de %105,4 ve 10 mm'de %72,08'lik katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %206, 5 mm'de %230,8 ve 10 mm'de %374,9'luk katkı sağlamıştır. E2 epoksili filament takviyeli numunelerde elde edilen özgül kırılma enerji grafikleri eğilme dayanımı grafikleriyle benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.131. Ham/E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.132'de ham ve E3 epoksili AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.132 incelendiğinde E3 epoksili AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjileri takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça genelde daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %59,02'lik, 10x8 tekstil yüzeyi için %9,14'lük bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %2,28'lik azalış, 10x8 tekstil yüzeyi için %23,32'lik bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre 5 mm mesafeye yerleştirilmiş numuneler hariç daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %17,07, 10 mm'de %400 iken 5 mm'de %7,25'lik bir azalış vardır. E3 epoksili AR-Glass filament kullanımı ham AR-Glass filament kullanımına göre 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %108,28, 5 mm'de %128,68 ve 10 mm'de %47,05'lik katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %169,23, 5 mm'de %247,6 ve 10 mm'de %402,14'lük katkı sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyinin 5 mm mesafede kullanıldığı durumda daha büyük deplasman değeri verdiği için özgül kırılma enerji grafiği, eğilme dayanımı grafiğinden farklılık göstermektedir.

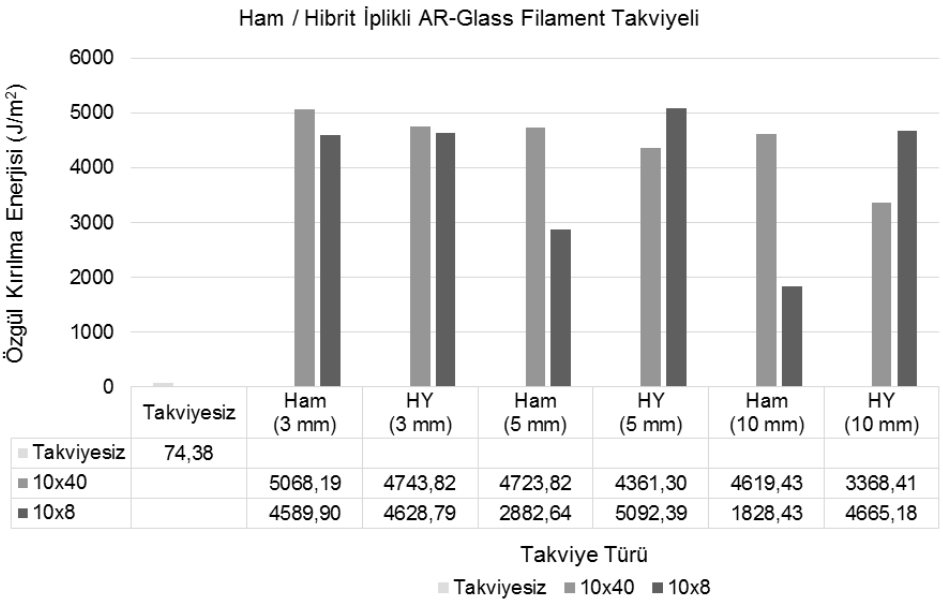


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E3 (3 mm)	Ham (5 mm)	E3 (5 mm)	Ham (10 mm)	E3 (10 mm)
Takviyesiz	74,38						
10x40		5068,19	10555,75	4723,82	10802,51	4619,43	6792,80
10x8		4589,90	12357,38	2882,64	10020,07	1828,43	9181,26

Şekil 4.132. Ham/E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.133'de ham ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.133 incelendiğinde hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjileri takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça genelde daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %29,47'lik, 10x8 tekstil yüzeyi için %9,15'lik bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %8,77'lik artış, 10x8 tekstil yüzeyi için %9,1'lik bir azalış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre 3 mm mesafeye yerleştirilmiş numuneler hariç daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 5 mm'de %16,76, 10

mm'de %38,49 iken 3 mm'de %2,4'lük bir azalış vardır. Hibrit iplikli AR-Glass filament kullanımı ham AR-Glass filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %6,4, 5 mm'de %7,67 ve 10 mm'de %27,08'lik azalışa neden olurken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %1, 5 mm'de %76,65 ve 10 mm'de %155,1'lik katkı sağlamıştır.

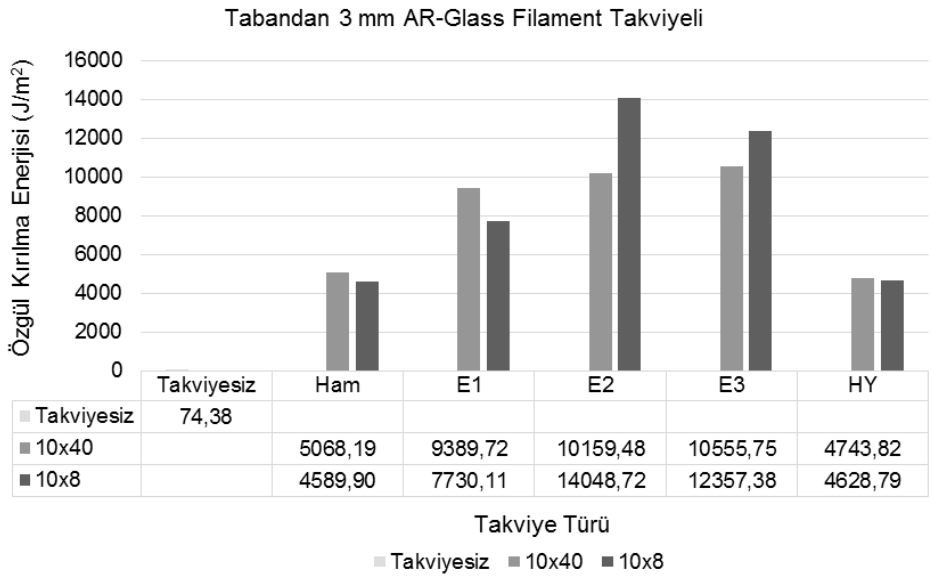


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	HY (3 mm)	Ham (5 mm)	HY (5 mm)	Ham (10 mm)	HY (10 mm)
Takviyesiz	74,38						
10x40		5068,19	4743,82	4723,82	4361,30	4619,43	3368,41
10x8		4589,90	4628,79	2882,64	5092,39	1828,43	4665,18

Şekil 4.133. Ham/Hibrit İplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.134'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.134 incelendiğinde epoksili AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri ham AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi

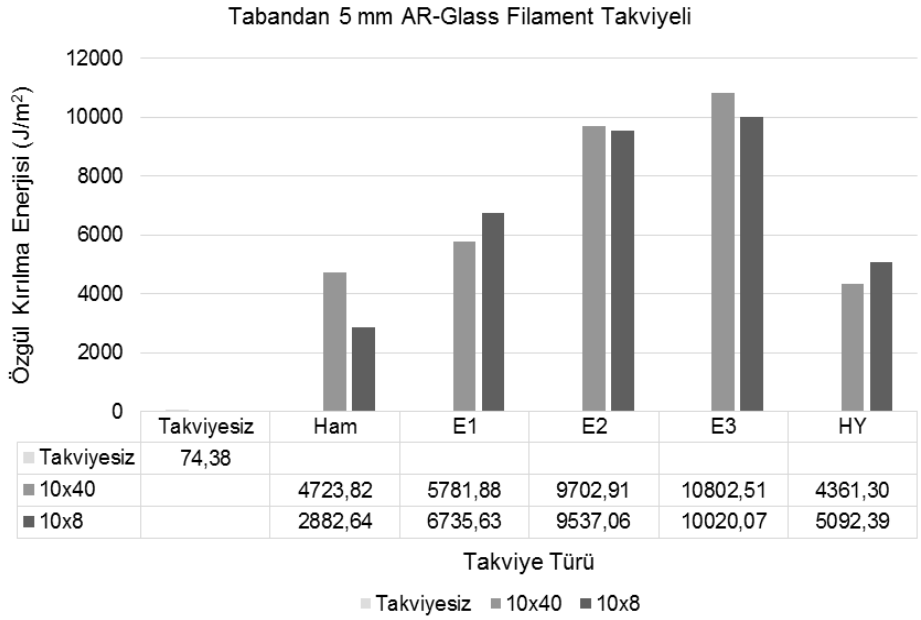
türünün kullanıldığı numunelerde ham AR-Glass filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %85,27, E2 epoksili numuneler %100, E3 epoksili numuneler %108,3 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değerleri vermiş olup hibrit iplikli numuneler %6,4'lük bir azalış göstermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham AR-Glass filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre E1 epoksili numuneler %68,42, E2 epoksili numuneler %206, E3 epoksili numuneler %169,2, hibrit iplikli numuneler %1 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir.



Şekil 4.134. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.135'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.135 incelendiğinde epoksili AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi

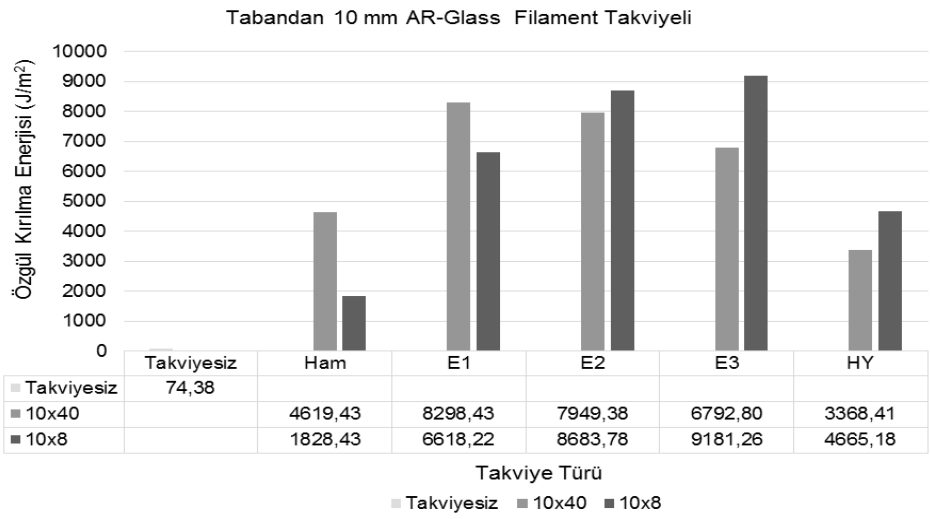
değerleri ham AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham AR-Glass filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %22,4, E2 epoksili numuneler %105,4, E3 epoksili numuneler %128,7 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değerleri vermiş olup hibrit iplikli numuneler %7,67'lik bir azalış göstermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham AR-Glass filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %133,7, E2 epoksili numuneler %230,8, E3 epoksili numuneler %247,6, hibrit iplikli numuneler %76,7 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir.



Şekil 4.135. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.136'da ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin

tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.136 incelendiğinde epoksili AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri ham AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham AR-Glass filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %79,6, E2 epoksili numuneler %72,1, E3 epoksili numuneler %47 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değerleri vermiş olup hibrit iplikli numuneler %27,08'lik bir azalış göstermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham AR-Glass filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %261,96, E2 epoksili numuneler %374,93, E3 epoksili numuneler %402,14, hibrit iplikli numuneler %155,15 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir.

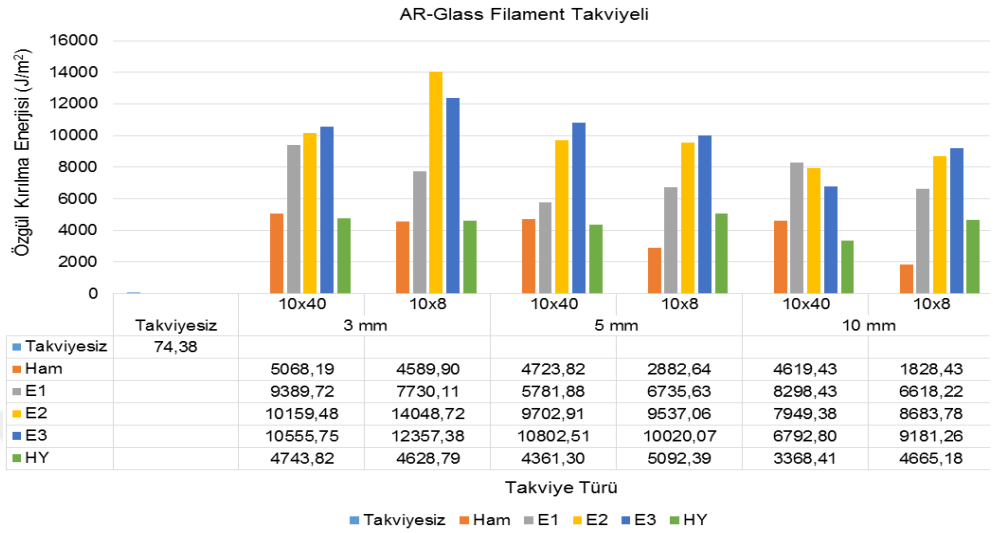


	Takviyesiz	Ham	E1	E2	E3	HY
Takviyesiz	74,38					
10x40		4619,43	8298,43	7949,38	6792,80	3368,41
10x8		1828,43	6618,22	8683,78	9181,26	4665,18

Şekil 4.136. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli numunelerde deplasman değerleri nedeniyle özgül kırılma enerji grafikleri eğilme dayanımı grafiklerine göre farklılık göstermiştir.

Şekil 4.137'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.137 incelendiğinde epoksili AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri ham AR-Glass filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerlerinden daha yüksek değerler vermekte olup takviye bileşenin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde; 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E3 epoksili numuneler, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E2 epoksili numuneler, takviye bileşenin 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E3 epoksili numuneler, takviye bileşenin 10 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde; 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E1 epoksili numuneler, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E3 epoksili numuneler en yüksek katkıyı sağlarken en düşük katkıyı ise hibrit iplikli ürünler sağlamıştır. Takviye bileşeni kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır.



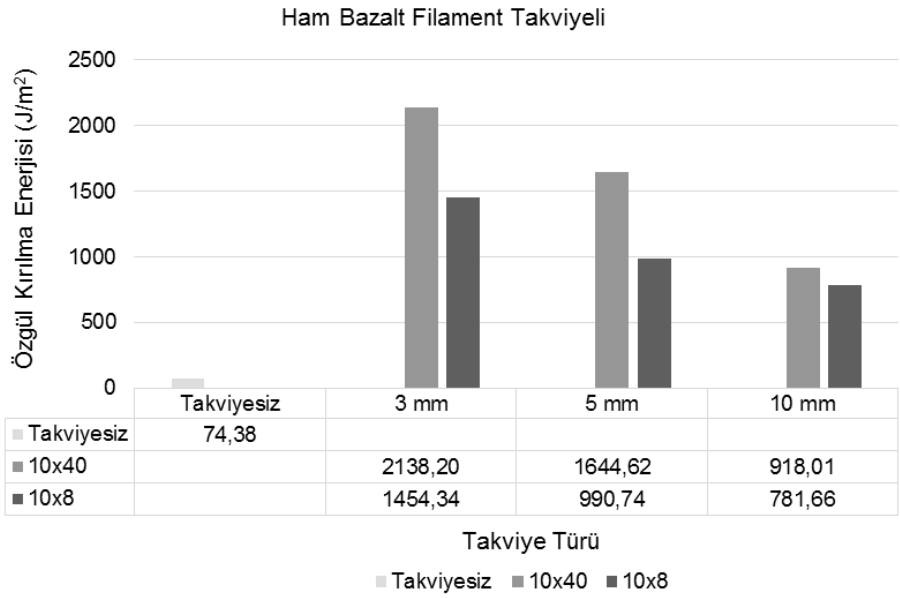
	Takviyesiz	10x40 (3 mm)	10x8 (3 mm)	10x40 (5 mm)	10x8 (5 mm)	10x40 (10 mm)	10x8 (10 mm)
	Takviyesiz	Ham	E1	E2	E3	HY	
Takviyesiz	74,38						
Ham		5068,19	4589,90	4723,82	2882,64	4619,43	1828,43
E1		9389,72	7730,11	5781,88	6735,63	8298,43	6618,22
E2		10159,48	14048,72	9702,91	9537,06	7949,38	8683,78
E3		10555,75	12357,38	10802,51	10020,07	6792,80	9181,26
HY		4743,82	4628,79	4361,30	5092,39	3368,41	4665,18

Şekil 4.137. AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

4.3.3.2. Bazalt Filament Takviyeli Beton Numunelerin Özgül Kırılma Enerjileri Sonuçları

Şekil 4.138'de ham bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.138 incelendiğinde ham bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjileri takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %79,15, 10x8 tekstil yüzeyi için %30'luk bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %26,75, 10x8 tekstil yüzeyi için %46,8'lik bir artış elde edilmiştir. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelere göre hep daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %47, 5 mm'de %66, 10 mm'de ise %17,4'tür. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme

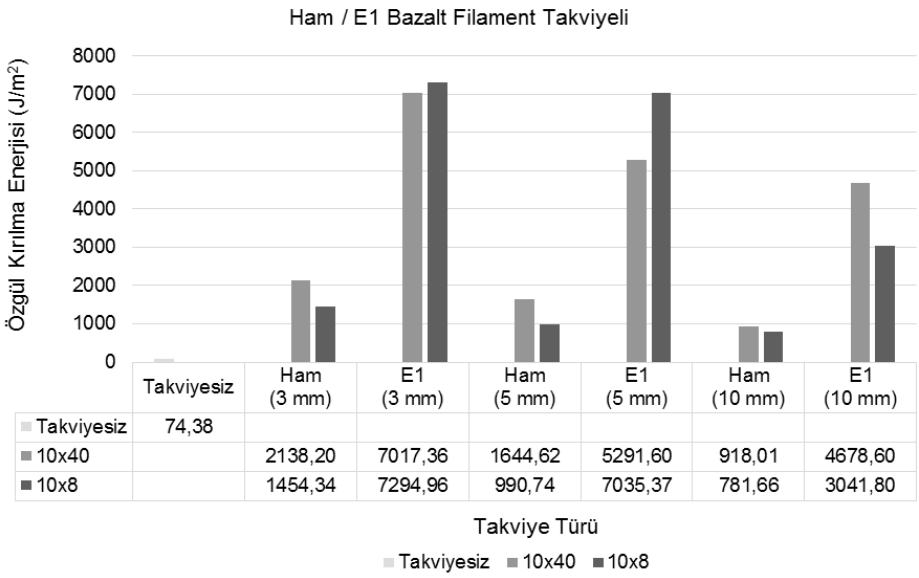
dayanımı ile paralellik göstermekte olup tek farklılık 10x40 tekstil yüzeyinin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerdeki deplasman değerinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.138. Ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.139'da ham ve E1 epoksili bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.139 incelendiğinde E1 epoksili bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjileri takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %13,1, 10x8 tekstil yüzeyi için %131,3'lük bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %32,6, 10x8 tekstil yüzeyi için %3,7'lik bir artış elde

edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E1 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E1 epoksili numunelere göre 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numuneler hariç daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %4, 5 mm'de %33 iken 10 mm'de %35'lik bir azalış vardır. E1 epoksili bazalt filament kullanımı ham bazalt filament kullanımına göre 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %228, 5 mm'de %221 ve 10 mm'de %409'luk katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %401, 5 mm'de %610 ve 10 mm'de %289'luk katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir.

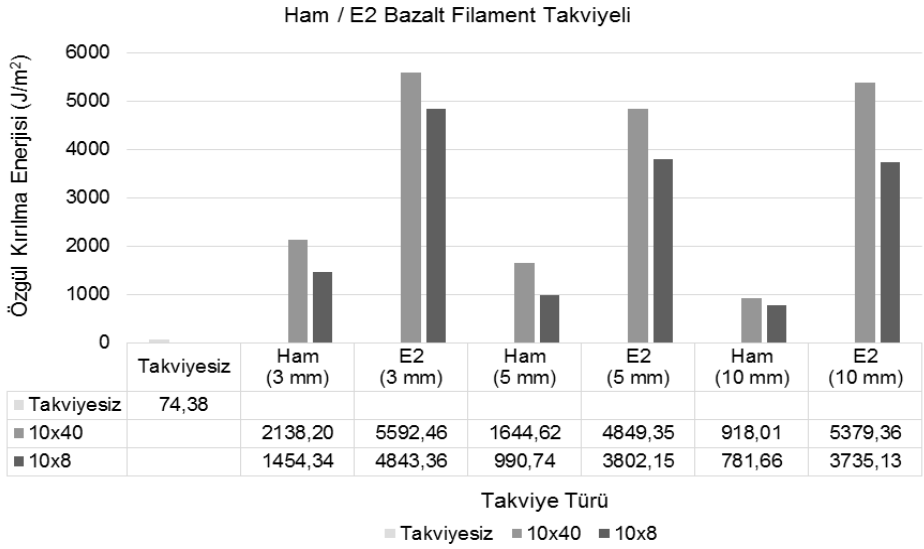


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E1 (3 mm)	Ham (5 mm)	E1 (5 mm)	Ham (10 mm)	E1 (10 mm)
Takviyesiz	74,38						
10x40		2138,20	7017,36	1644,62	5291,60	918,01	4678,60
10x8		1454,34	7294,96	990,74	7035,37	781,66	3041,80

Şekil 4.139. Ham/E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.140'da ham ve E2 epoksili bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.140 incelendiğinde E2 epoksili bazalt filament

kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi takviye bileşeni eğilme yüzeyine en yakın olduğu 3 mm'de en yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %9,8'lik azalış, 10x8 tekstil yüzeyi için %15,3'lük bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre 10x40 tekstil yüzeyi türü için %1,8'lik, 10x8 tekstil yüzeyi için %27,4'lük bir artış elde edilmiştir. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre hep daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %15,5, 5 mm'de %27,5, 10 mm'de %44'tür. E2 epoksili bazalt filament kullanımı ham bazalt filament kullanımına göre 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %161, 5 mm'de %195 ve 10 mm'de %486'lık katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %233, 5 mm'de %284 ve 10 mm'de %378'lik katkı sağlamıştır.10x40 tekstil yüzeylerinin kullanıldığı numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelere göre daha büyük deplasman değerleri verdiği için elde edilen özgül kırılma enerjisi değerleri, eğilme dayanımı grafiğinden farklılık göstererek daha büyük çıkmıştır.

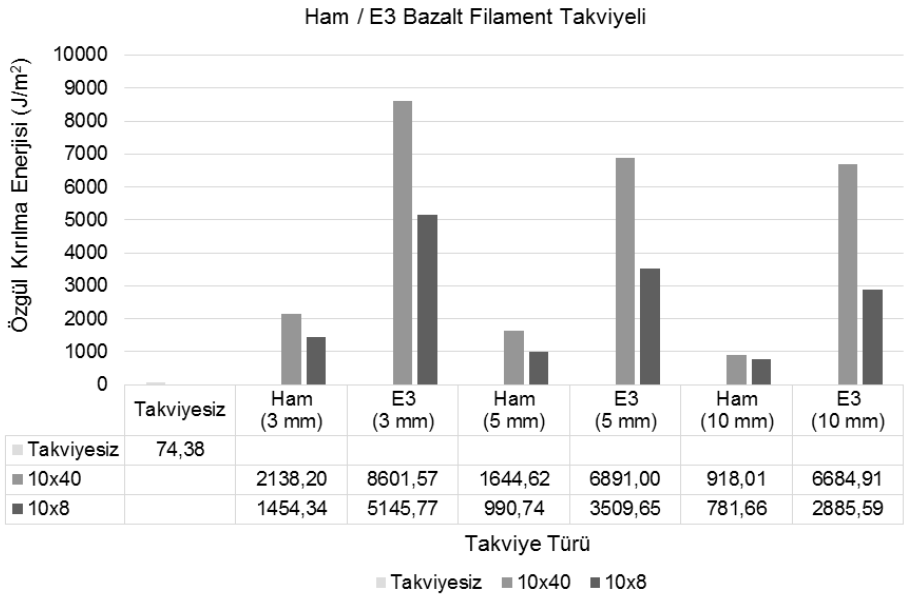


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E2 (3 mm)	Ham (5 mm)	E2 (5 mm)	Ham (10 mm)	E2 (10 mm)
Takviyesiz	74,38						
10x40		2138,20	5592,46	1644,62	4849,35	918,01	5379,36
10x8		1454,34	4843,36	990,74	3802,15	781,66	3735,13

Şekil 4.140. Ham/E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.141'de ham ve E3 epoksili bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.141 incelendiğinde E3 epoksili bazalt filament kullanılarak 10x8 tekstil yüzeylerinden üretilen numunelerin özgül kırılma enerjileri takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça genelde daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %3,1'lik, 10x8 tekstil yüzeyi için %21,6'lık bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre 10x40 tekstil yüzeyi türü için %24,8, 10x8 tekstil yüzeyi için %46,6'lık bir artış elde edilmiştir. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre hep daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %67,2, 5 mm'de %96,3, 10 mm'de %131,7'dir. E3 epoksili bazalt filament kullanımı ham bazalt filament kullanımına

göre 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %302, 5 mm'de %319 ve 10 mm'de %628'lik katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %254, 5 mm'de %254 ve 10 mm'de %269'luk katkı sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeylerinin kullanıldığı numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelere göre daha büyük deplasman değerleri verdiği için elde edilen özgül kırılma enerjisi değerleri, eğilme dayanımı grafiğinden farklılık göstererek daha büyük çıkmıştır.

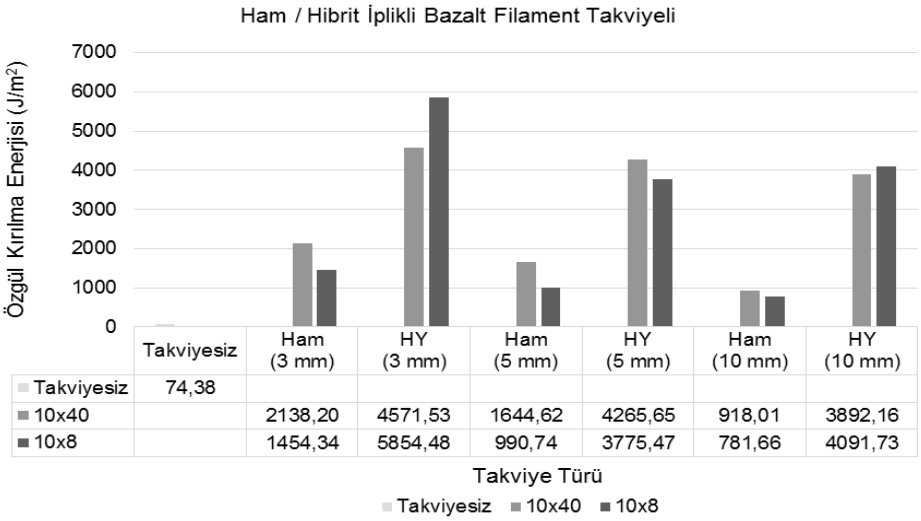


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E3 (3 mm)	Ham (5 mm)	E3 (5 mm)	Ham (10 mm)	E3 (10 mm)
Takviyesiz	74,38						
10x40		2138,20	8601,57	1644,62	6891,00	918,01	6684,91
10x8		1454,34	5145,77	990,74	3509,65	781,66	2885,59

Şekil 4.141. Ham/E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.142'de ham ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.142 incelendiğinde hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjileri takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça genelde daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm

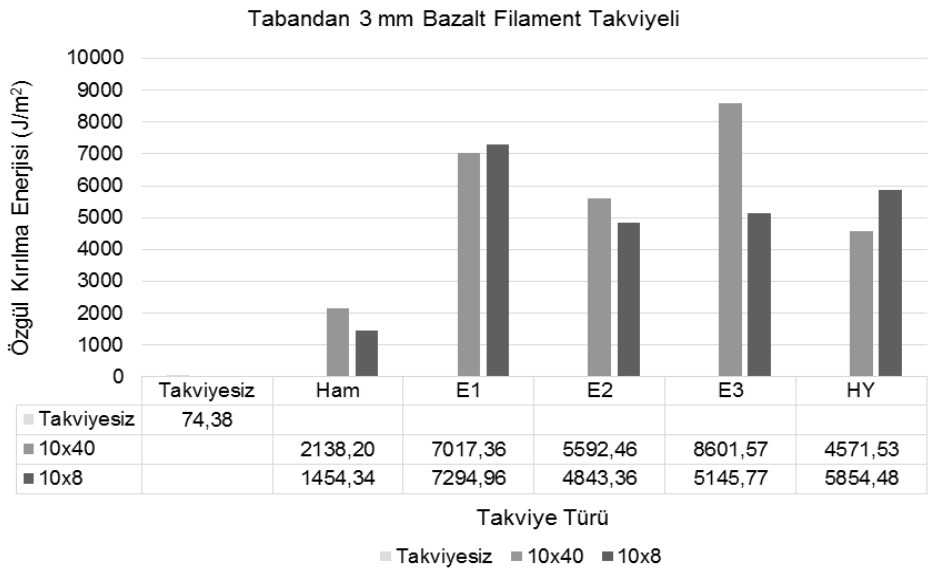
mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %9,6'lık artış, 10x8 tekstil yüzeyi için %7,7'lik bir azalış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %7,2, 10x8 tekstil yüzeyi için %55'lik bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre 5 mm mesafeye yerleştirilmiş numuneler hariç daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %28, 10 mm'de %5,1 iken 5 mm'de %11,5'luk bir azalış vardır. Hibrit iplikli bazalt filament kullanımı ham bazalt filament kullanımına göre 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %114, 5 mm'de %159 ve 10 mm'de %324, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %303, 5 mm'de %281 ve 10 mm'de %423'lük katkı sağlamıştır. Eğilme dayanımı grafiğinde ham ve hibrit iplikli filament takviyeli numuneler yakın değer verirken, hibrit iplikli filament takviyeli numunelerin büyük deplasman değerleri vermesi sebebiyle özgül kırılma enerjilerinde hibrit iplikli numuneler daha büyük değerler vermiştir.



	Takviyesiz	Ham (3 mm)	HY (3 mm)	Ham (5 mm)	HY (5 mm)	Ham (10 mm)	HY (10 mm)
Takviyesiz	74,38						
10x40		2138,20	4571,53	1644,62	4265,65	918,01	3892,16
10x8		1454,34	5854,48	990,74	3775,47	781,66	4091,73

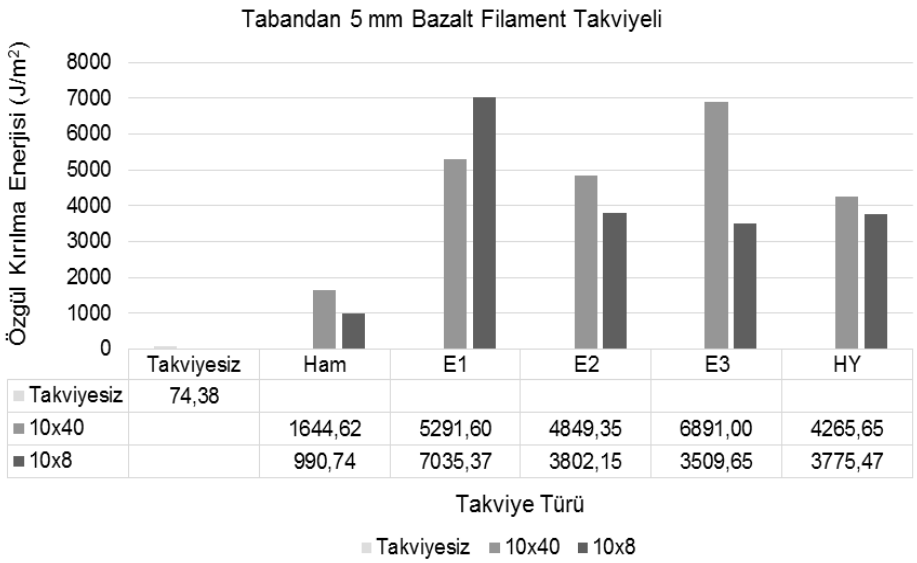
Şekil 4.142. Ham/Hibrit İplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.143'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.143 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri ham bazalt kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham bazalt kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %228, E2 epoksili numuneler %162, E3 epoksili numuneler %302, hibrit iplikli numuneler %114'lük daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham bazalt filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %402, E2 epoksili numuneler %233, E3 epoksili numuneler %254, hibrit iplikli numuneler %303 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir.



Şekil 4.143. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

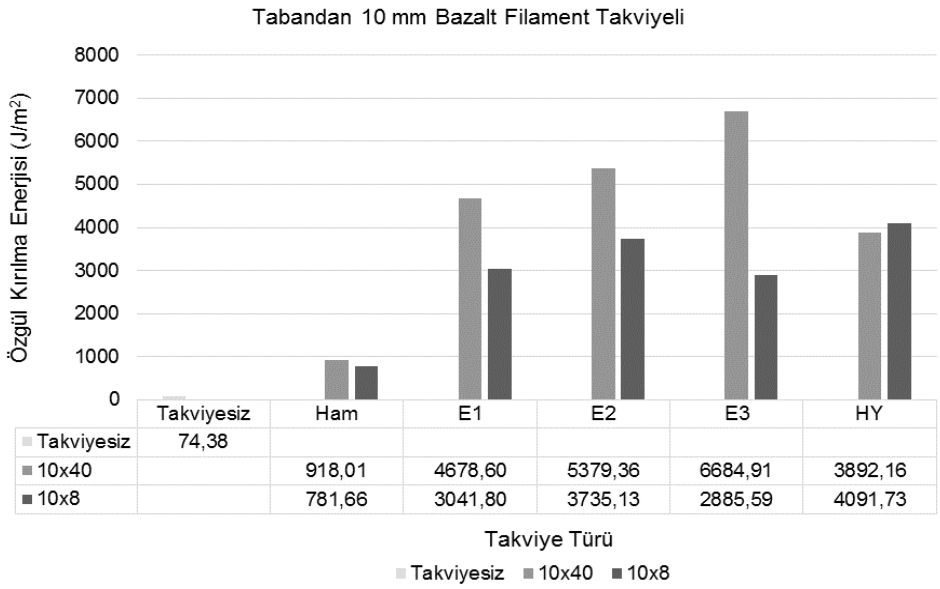
Şekil 4.144'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.144 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri ham bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham bazalt filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %222, E2 epoksili numuneler %195, E3 epoksili numuneler %319, hibrit iplikli numuneler %159 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham bazalt filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre E1 epoksili numuneler %610, E2 epoksili numuneler %284, E3 epoksili numuneler %254, hibrit iplikli numuneler %281 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir



	Takviyesiz	Ham	E1	E2	E3	HY
Takviyesiz	74,38					
10x40		1644,62	5291,60	4849,35	6891,00	4265,65
10x8		990,74	7035,37	3802,15	3509,65	3775,47

Şekil 4.144. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

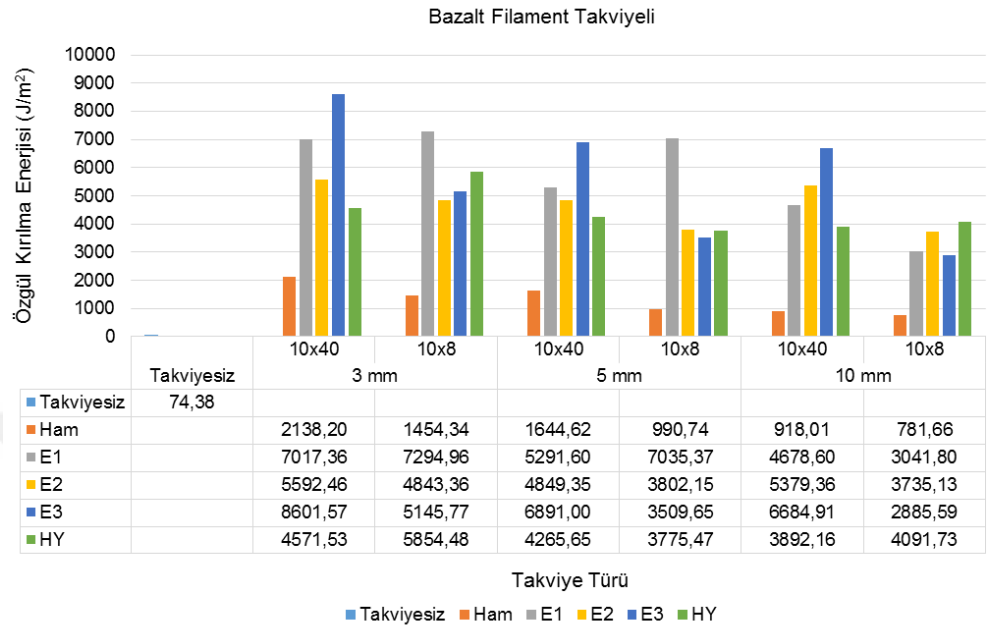
Şekil 4.145'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.145 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri ham bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham bazalt filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %410, E2 epoksili numuneler %486, E3 epoksili numuneler %628, hibrit iplikli numuneler %324 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham bazalt filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre E1 epoksili numuneler %289, E2 epoksili numuneler %378, E3 epoksili numuneler %269, hibrit iplikli numuneler %423 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir



Şekil 4.145. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Epoksi ve hibrit iplikli filament takviyeli numunelerin özgül kırılma enerji grafikleri eğilme dayanımı garfikleri ile benzerlik göstermektedir. Sadece 10x40 tekstil yüzeylerinin kullanıldığı numunelerde daha büyük deplasman değerleri elde edildiği için 10x8 tekstil yüzeyli numunelere göre daha büyük özgül kırılma enerjisi değerleri vermiştir.

Şekil 4.146'da ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.146 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri ham bazalt filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerlerinden daha yüksek değerler vermekte olup takviye bileşenin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E3 epoksili numuneler, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E1 epoksili numuneler, takviye bileşenin 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E3 epoksili numuneler, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E1 epoksili numuneler, takviye bileşenin 10 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E3 epoksili numuneler, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için hibrit iplikli numuneler en yüksek katkıyı sağlamıştır. Takviye bileşeni kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır.



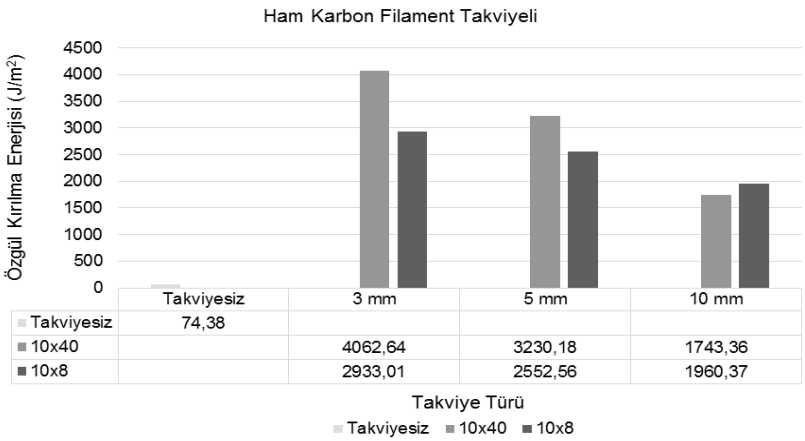
	Takviyesiz	10x40 (3 mm)	10x8 (3 mm)	10x40 (5 mm)	10x8 (5 mm)	10x40 (10 mm)	10x8 (10 mm)
Takviyesiz	74,38						
Ham		2138,20	1454,34	1644,62	990,74	918,01	781,66
E1		7017,36	7294,96	5291,60	7035,37	4678,60	3041,80
E2		5592,46	4843,36	4849,35	3802,15	5379,36	3735,13
E3		8601,57	5145,77	6891,00	3509,65	6684,91	2885,59
HY		4571,53	5854,48	4265,65	3775,47	3892,16	4091,73

Şekil 4.146. Bazalt filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

4.3.3.3. Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Özgül Kırılma Enerjileri Sonuçları

Şekil 4.147'de ham karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.147 incelendiğinde ham karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjileri takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %85,3, 10x8 tekstil yüzeyi için %30,2'lik bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %25,7, 10x8 tekstil yüzeyi için %14,9'luk bir artış elde edilmiştir. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelere göre 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numuneler hariç daha yüksek özgül kırılma

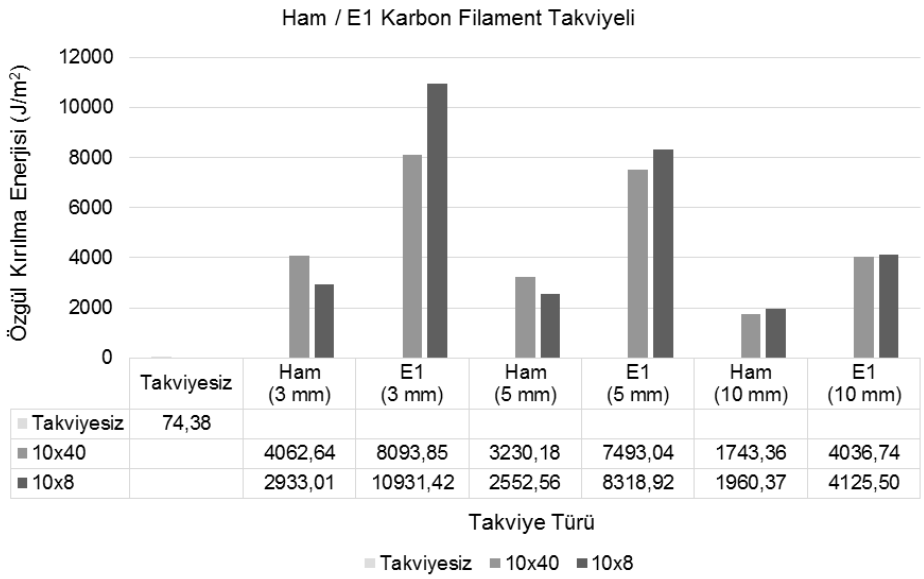
enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %38,5, 5 mm'de %26,6 iken 10 mm'de %11,1'lik bir azalış vardır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.147. Ham karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.148'de ham ve E1 epoksili karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.148 incelendiğinde E1 epoksili karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjileri takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %85,6, 10x8 tekstil yüzeyi için %101,6'lık bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %8, 10x8 tekstil yüzeyi için %31,4'lük bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E1 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E1 epoksili numunelere göre hep daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %35, 5 mm'de %11, 10

mm'de %2,2'dir. E1 epoksili karbon filament kullanımı ham karbon filament kullanımına göre 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %99, 5 mm'de %132 ve 10 mm'de %132'lik katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %273, 5 mm'de %226 ve 10 mm'de %110'luk katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir.

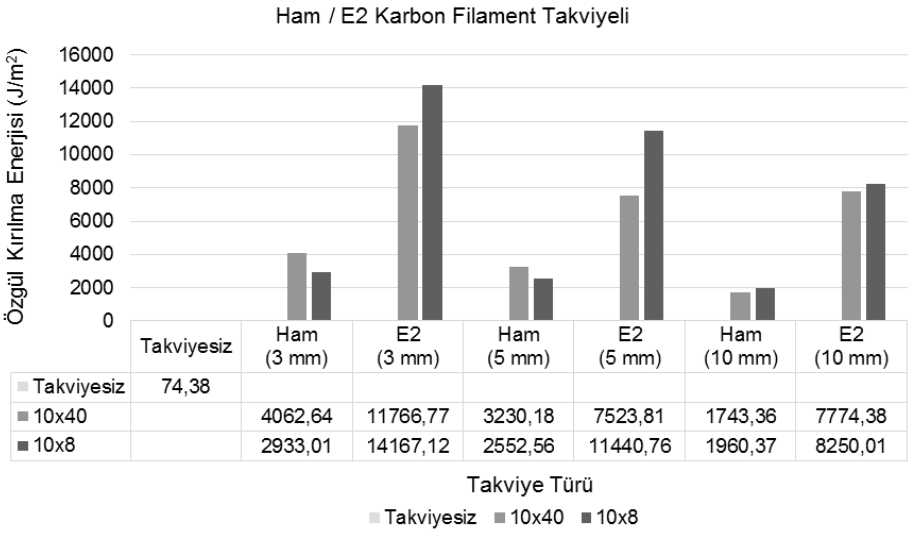


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E1 (3 mm)	Ham (5 mm)	E1 (5 mm)	Ham (10 mm)	E1 (10 mm)
Takviyesiz	74,38						
10x40		4062,64	8093,85	3230,18	7493,04	1743,36	4036,74
10x8		2933,01	10931,42	2552,56	8318,92	1960,37	4125,50

Şekil 4.148. Ham/E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.149'da ham ve E2 epoksili karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.149 incelendiğinde E2 epoksili karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi takviye bileşeni eğilme yüzeyine en yakın olduğu 3 mm'de en yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %3,2'lik azalış, 10x8 tekstil yüzeyi için %38,7'lik bir artış elde

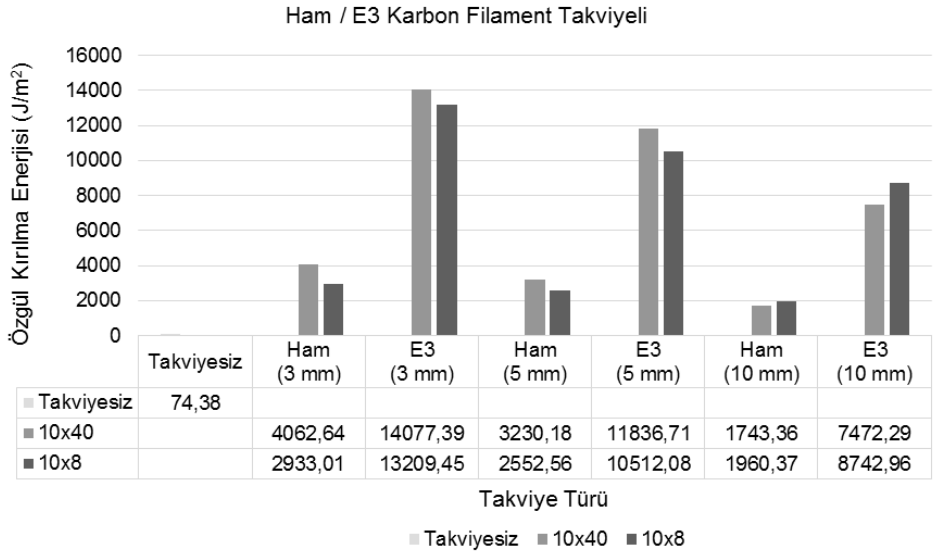
edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %56,4, 10x8 tekstil yüzeyi için %23,8'lik bir artış elde edilmiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre hep daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %20,4, 5 mm'de %52, 10 mm'de %6,1'dir. E2 epoksili karbon filament kullanımı ham karbon filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %190, 5 mm'de %133 ve 10 mm'de %346'lık katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %383, 5 mm'de %348 ve 10 mm'de %321'lik katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir. Sadece takviye bileşenin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde 10x8 tekstil yüzeyli numuneler daha büyük deplasman değeri verdiği için özgül kırılma enerjileri daha büyük olmuştur.



	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E2 (3 mm)	Ham (5 mm)	E2 (5 mm)	Ham (10 mm)	E2 (10 mm)
Takviyesiz	74,38						
10x40		4062,64	11766,77	3230,18	7523,81	1743,36	7774,38
10x8		2933,01	14167,12	2552,56	11440,76	1960,37	8250,01

Şekil 4.149. Ham/E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.150'de ham ve E3 epoksili karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.150 incelendiğinde E3 epoksili karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjileri takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %58,4, 10x8 tekstil yüzeyi için %20,2'lik bir artış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %19, 10x8 tekstil yüzeyi için %25,7'lik bir artış elde edilmiştir. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre 10 mm mesafeye yerleştirilmiş numuneler hariç daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %6,6, 5 mm'de %12,6 iken 10 mm'de %14,5'lik bir azalış vardır. E3 epoksili karbon filament kullanımı ham karbon filament kullanımına göre 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %247, 5 mm'de %266 ve 10 mm'de %329'luk katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %350, 5 mm'de %312 ve 10 mm'de %346'lık katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir.

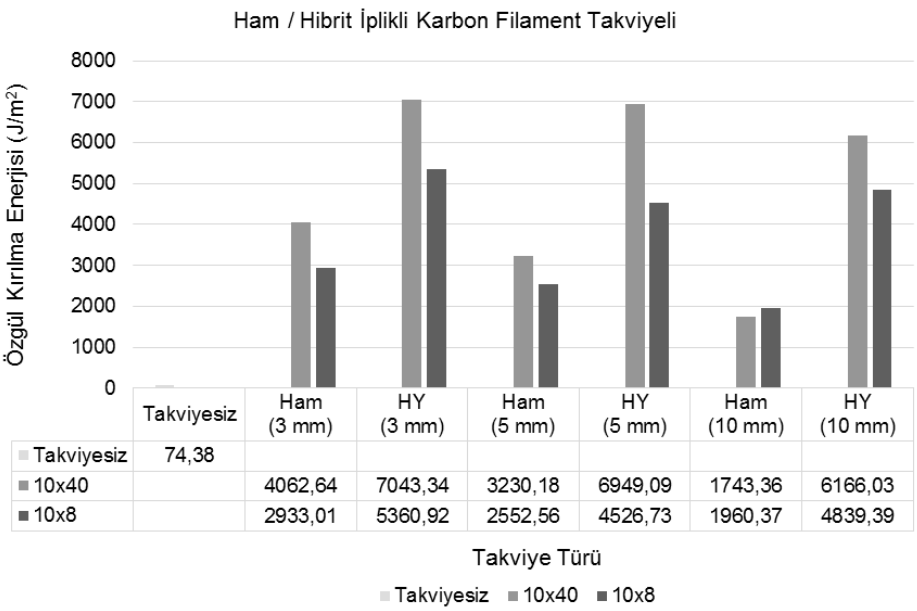


	Takviyesiz	Ham (3 mm)	E3 (3 mm)	Ham (5 mm)	E3 (5 mm)	Ham (10 mm)	E3 (10 mm)
Takviyesiz	74,38						
10x40		4062,64	14077,39	3230,18	11836,71	1743,36	7472,29
10x8		2933,01	13209,45	2552,56	10512,08	1960,37	8742,96

Şekil 4.150. Ham/E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.151'de ham ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.151 incelendiğinde hibrit iplikli karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi takviye bileşeni eğilme yüzeyine en yakın olduğu 3 mm'de en yüksek çıkmaktadır. Tekstil yüzeyi 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde 10 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %12,7'lik artış, 10x8 tekstil yüzeyi için %6,5'lik bir azalış elde edilmiştir. Tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde ise 5 mm mesafeye yerleştirilmeye göre; 10x40 tekstil yüzeyi türü için %1,4, 10x8 tekstil yüzeyi için %18,4'lük bir artış elde edilmiştir. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre hep daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış 3 mm'de %31,4, 5 mm'de %53,4, 10 mm'de %27,4'tür. Hibrit iplikli karbon filament kullanımı ham

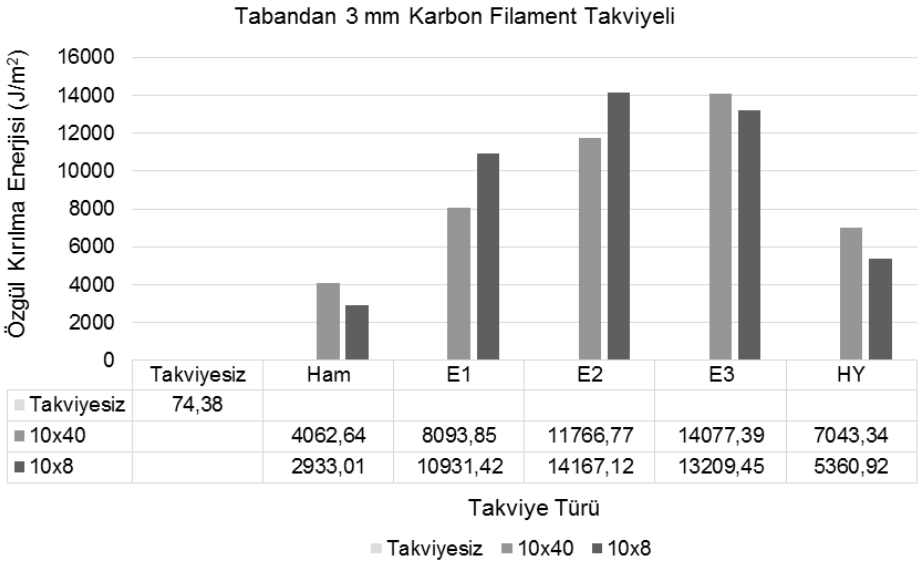
karbon filament kullanımına göre; 10x40 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %73,4, 5 mm'de %115 ve 10 mm'de %254'lük katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi için 3 mm'de %82,8, 5 mm'de %77,3 ve 10 mm'de %147'lik katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir. Ancak hibrit iplikli ve ham filament numunelerin özgül kırılma enerji oranlamaları farklılık göstermektedir. Hibrit iplikli numuneler ham filamentli numunelere göre daha büyük deplasman değerleri verdiği için özgül kırılma enerjileri daha büyük olmuştur.



Şekil 4.151. Ham/hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.152'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.152 incelendiğinde epoksili ve hibrit

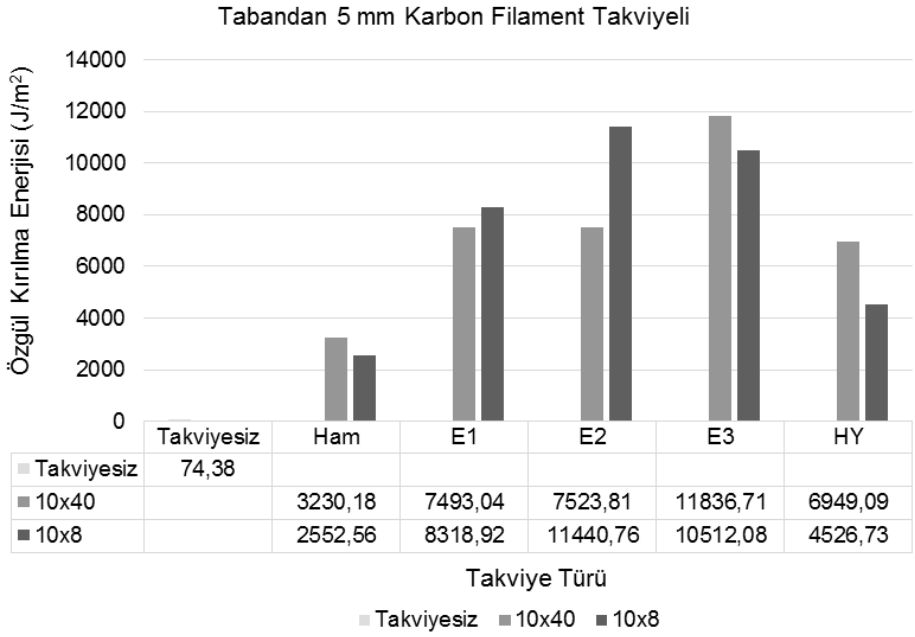
iplikli karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri ham karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham karbon filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %99, E2 epoksili numuneler %190, E3 epoksili numuneler %247, hibrit iplikli numuneler %73 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham karbon kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %273, E2 epoksili numuneler %383, E3 epoksili numuneler %350, hibrit iplikli numuneler %83 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir.



Şekil 4.152. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.153'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül

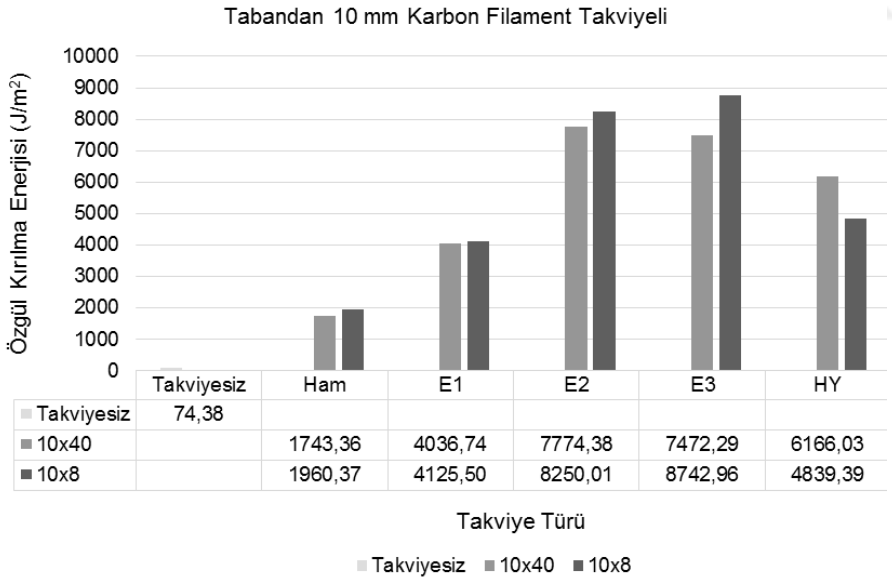
kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.153 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri ham karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham karbon filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %132, E2 epoksili numuneler %133, E3 epoksili numuneler %266, hibrit iplikli numuneler %115 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham karbon filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %226, E2 epoksili numuneler %348, E3 epoksili numuneler %312, hibrit iplikli numuneler %77 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir.



	Takviyesiz	Ham	E1	E2	E3	HY
Takviyesiz	74,38					
10x40		3230,18	7493,04	7523,81	11836,71	6949,09
10x8		2552,56	8318,92	11440,76	10512,08	4526,73

Şekil 4.153. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Şekil 4.154'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.154 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri ham karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ham karbon filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %132, E2 epoksili numuneler %346, E3 epoksili numuneler %327, hibrit iplikli numuneler %254 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelerde ise ham karbon filament kullanımıyla oluşturulan yüzeylere göre; E1 epoksili numuneler %110, E2 epoksili numuneler %321, E3 epoksili numuneler %346, hibrit iplikli numuneler %147 daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir.

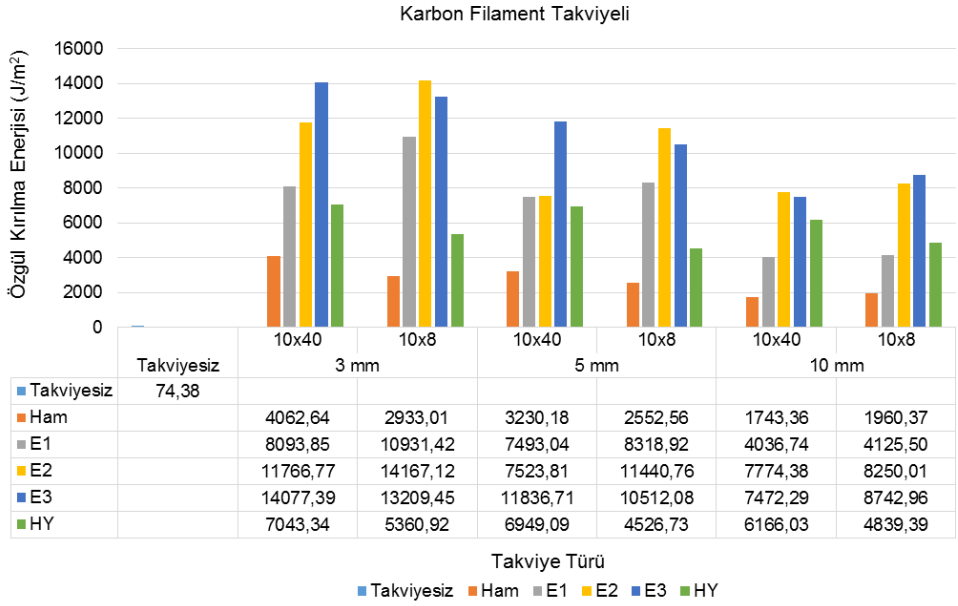


	Takviyesiz	Ham	E1	E2	E3	HY
Takviyesiz	74,38					
10x40		1743,36	4036,74	7774,38	7472,29	6166,03
10x8		1960,37	4125,50	8250,01	8742,96	4839,39

Şekil 4.154. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

Epoksi ve hibrit iplikli filament takviyeli numunelerin özgül kırılma enerji grafikleri eğilme dayanımı garfikleri büyük oranda benzerlik göstermektedir.

Şekil 4.155'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.155 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri ham karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerlerinden daha yüksek değerler vermekte olup takviye bileşenin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E3 epoksili numuneler, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E2 epoksili numuneler, takviye bileşenin 5 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E3 epoksili numuneler, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E2 epoksili numuneler, takviye bileşenin 10 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E2 epoksili numuneler, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler için E3 epoksili numuneler en yüksek katkıyı sağlamıştır. Takviye bileşeni kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça daha yüksek çıkmaktadır.



	Takviyesiz	10x40 (3 mm)	10x8 (3 mm)	10x40 (5 mm)	10x8 (5 mm)	10x40 (10 mm)	10x8 (10 mm)
Takviyesiz	74,38						
Ham		4062,64	2933,01	3230,18	2552,56	1743,36	1960,37
E1		8093,85	10931,42	7493,04	8318,92	4036,74	4125,50
E2		11766,77	14167,12	7523,81	11440,76	7774,38	8250,01
E3		14077,39	13209,45	11836,71	10512,08	7472,29	8742,96
HY		7043,34	5360,92	6949,09	4526,73	6166,03	4839,39

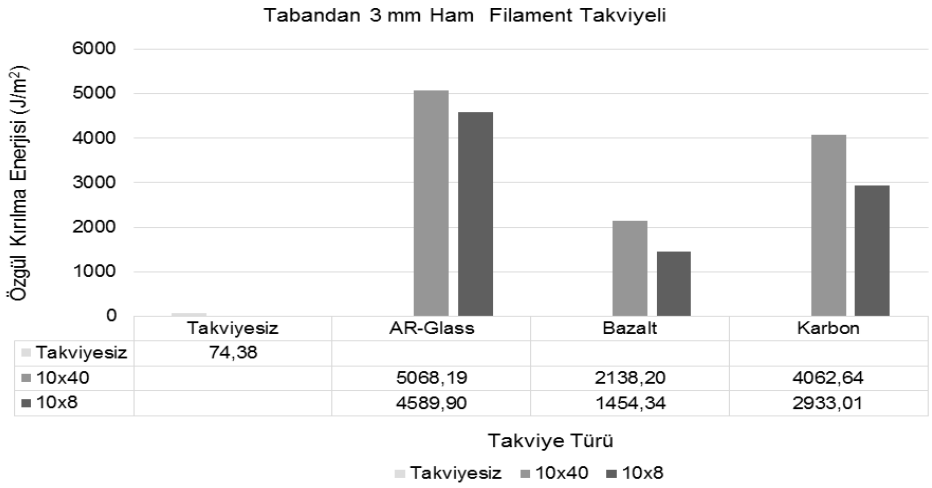
Şekil 4.155. Karbon filament takviyeli beton numunelerin özgül kırılma enerjileri

4.3.3.4. AR-Glass, Bazalt ve Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Özgül Kırılma Enerjileri Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde AR-Glass, bazalt ve karbon filamentlerin ham, E1-E2-E3 epoksili ve hibrit iplik formlarının tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafede kullanımı ile elde edilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Kıyaslama yapmak amacıyla filamentlerin ham kullanım sonucu elde edilen değerler de grafiklerde gösterilmiştir. Son bölümde ise takviye bileşenlerinin tabandan 3, 5 ve 10 mm mesafeye yerleştirilerek elde edilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri toplu olarak verilmiştir.

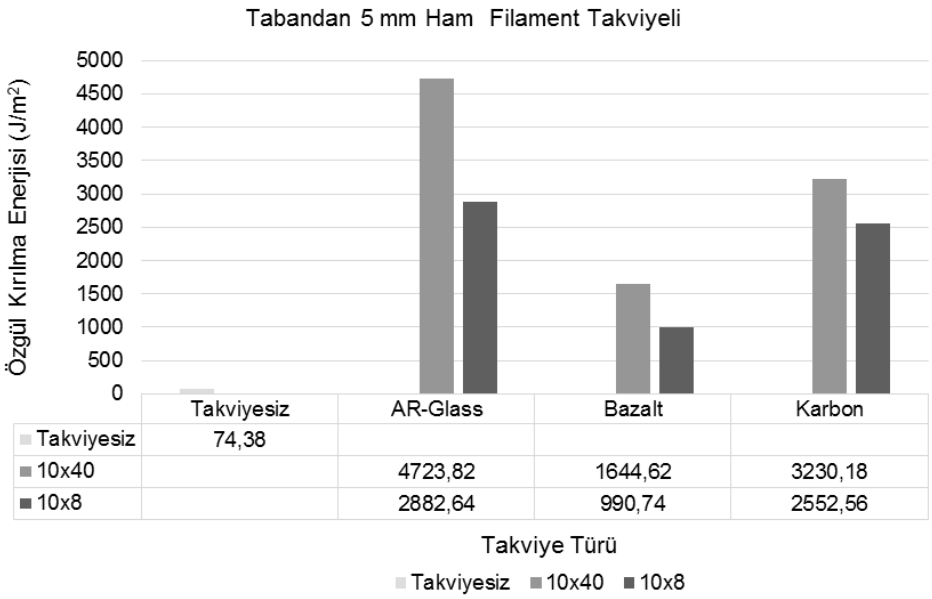
Şekil 4.156'da ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.156 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerlerine en fazla katkıyı AR-Glass filament sağlarken, en düşük katkıyı ise bazalt filament

sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelere göre daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile bazalt ve karbon filamentli numuneler için benzerlik göstermektedir. AR-Glass filament kullanılan numuneler daha büyük deplasman değeri verdiği için özgül kırılma enerjileri daha büyük olmuştur.



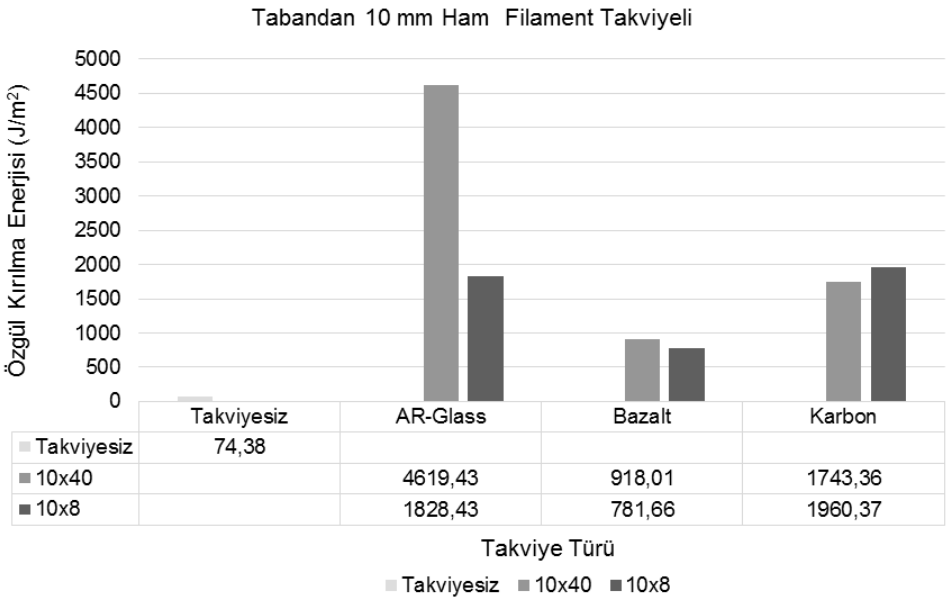
Şekil 4.156. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.157'de ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.157 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerlerine en fazla katkıyı AR-Glass filament sağlarken, en düşük katkıyı ise bazalt filament sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelere göre daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir. Özgül kırılma enerji grafiği, eğilme dayanımı grafiğine takviye bileşenin 3 mm mesafeye yerleştirildiği durumdaki gibi benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.157. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

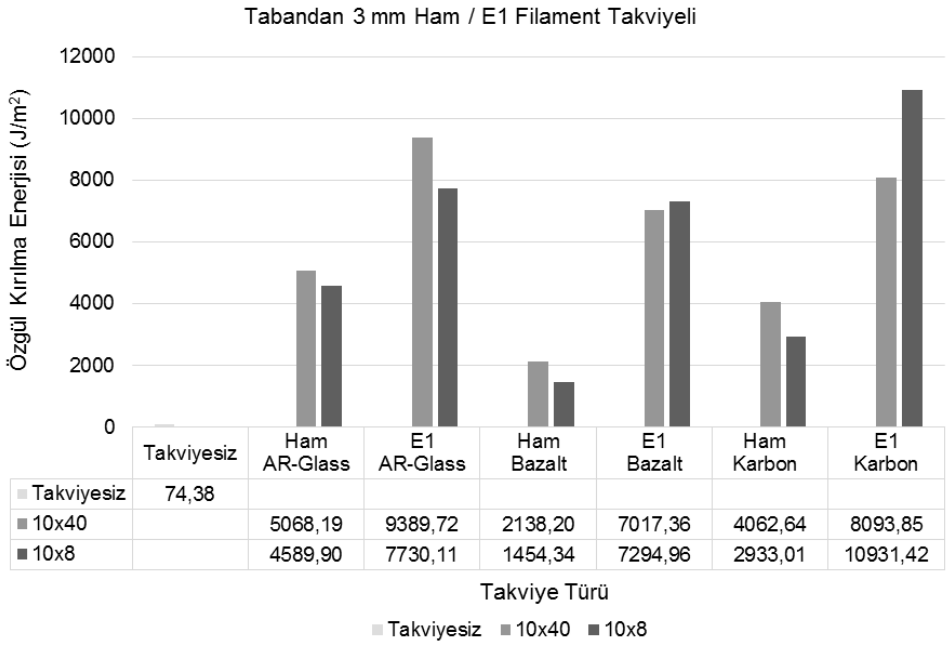
Şekil 4.158'de ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.158 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerlerine en fazla katkıyı AR-Glass filament sağlarken, en düşük katkıyı ise bazalt filament sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı AR-Glass ve bazalt filamentli numunelerde 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numunelere göre daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri verirken karbon filament kullanıldığı durumda 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiştir. Takviye bileşenin 3 ve 5 mm mesafeye yerleştirildiği durumdaki özgül kırılma enerjisi ve eğilme dayanımı arasındaki benzerlik bu numunelerde de devam etmektedir.



Şekil 4.158. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.159'da ham ve E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.159 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerine en fazla katkıyı 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde E1 epoksili AR-Glass filament, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde E1 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E1 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E1 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E1 epoksili numunelere göre AR-Glass filament kullanılan numuneler haricinde daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış bazalt filament kullanımında %4, karbon filament kullanımında %35 iken AR-Glass filament kullanımında ise %17,7'lik azalış gerçekleşmiştir. E1 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre özgül kırılma enerjisi

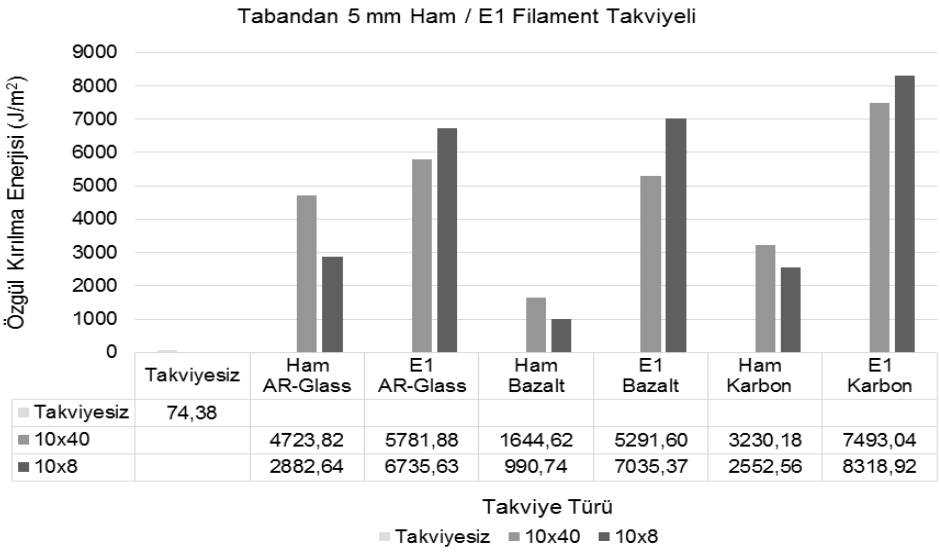
değerlerinde 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %85,3, bazalt filamentte %228, karbon filamentte %99,2 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %68,4, bazalt filamentte %402, karbon filamentte %273 katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir. Ancak epoksi takviyeli numuneler yüksek deplasman değerleri verdiği için bu numuneler daha büyük özgül kırılma enerjisi değerleri vermiştir.



Şekil 4.159. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E1 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.160'da ham ve E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.160 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerine en fazla katkıyı E1 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı

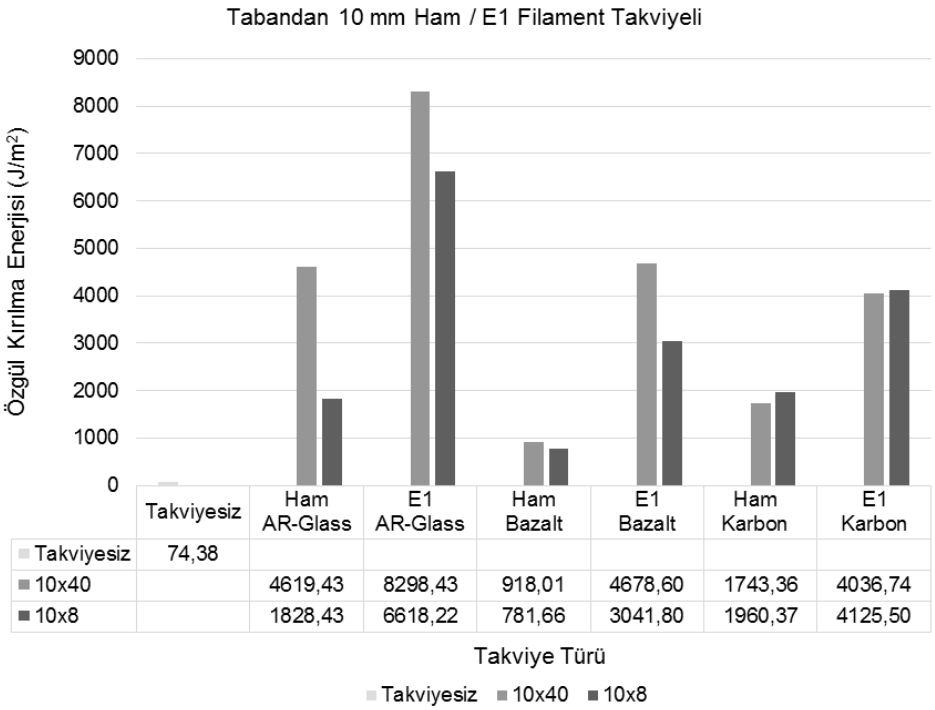
ise 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde E1 epoksili bazalt filament, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde E1 epoksili AR-Glass filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E1 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E1 epoksili numunelere göre hep daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %16,5, bazalt filament kullanımında %33, karbon filament kullanımında %11'dir. E1 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre özgül kırılma enerjisi değerlerinde 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %22,4, bazalt filamentte %222, karbon filamentte %132 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %134, bazalt filamentte %610, karbon filamentte %226 katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir. Ancak epoksi takviyeli numuneler yüksek deplasman değerleri verdiği için bu numuneler daha büyük özgül kırılma enerjisi değerleri vermiştir.



	Takviyesiz	Ham AR-Glass	E1 AR-Glass	Ham Bazalt	E1 Bazalt	Ham Karbon	E1 Karbon
Takviyesiz	74,38						
10x40		4723,82	5781,88	1644,62	5291,60	3230,18	7493,04
10x8		2882,64	6735,63	990,74	7035,37	2552,56	8318,92

Şekil 4.160. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E1 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.161'de ham ve E1 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.161 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerine en fazla katkıyı E1 epoksili AR-Glass filament sağlarken, en düşük katkıyı ise 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde E1 epoksili karbon filament, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde E1 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E1 epoksili numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E1 epoksili numunelere göre karbon filament kullanılan numuneler haricinde daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %25,4, bazalt filament kullanımında %53,8 iken karbon filament kullanımında ise %2,28298'lik azalış gerçekleşmiştir. E1 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre özgül kırılma enerjisi değerlerinde 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %79,6, bazalt filamentte %410, karbon filamentte %132 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %262, bazalt filamentte %289, karbon filamentte %110 katkı sağlamıştır. AR-Glass filament takviyeli numuneler daha büyük deplasman değeri verdiği için özgül kırılma enerji değerleri de büyük olmuştur.

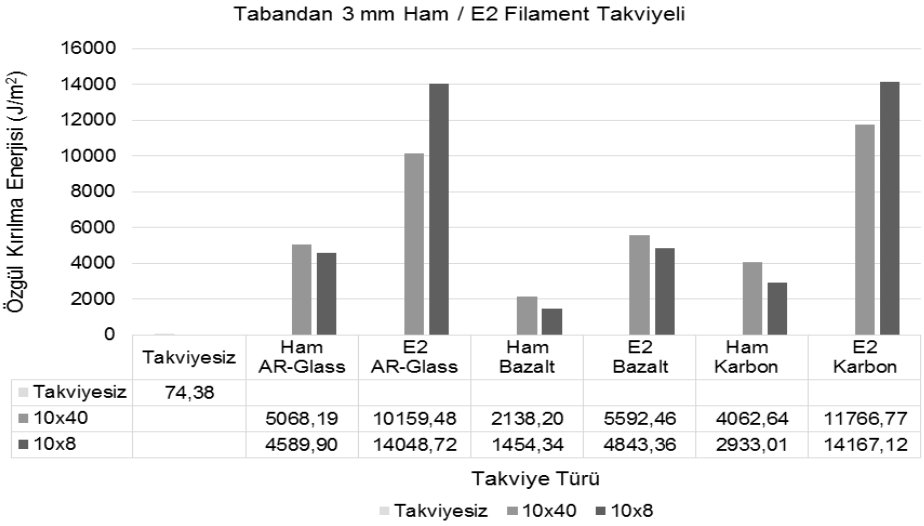


	Takviyesiz	Ham AR-Glass	E1 AR-Glass	Ham Bazalt	E1 Bazalt	Ham Karbon	E1 Karbon
Takviyesiz	74,38						
10x40		4619,43	8298,43	918,01	4678,60	1743,36	4036,74
10x8		1828,43	6618,22	781,66	3041,80	1960,37	4125,50

Şekil 4.161. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E1 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.162'de ham ve E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.162 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerine en fazla katkıyı E2 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E2 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre bazalt filament kullanılan numuneler haricinde daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %38,3, karbon filament kullanımında %20,4 iken bazalt filament kullanımında ise %13,4'lük azalış gerçekleşmiştir. E2 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre özgül kırılma enerjisi değerlerinde 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass

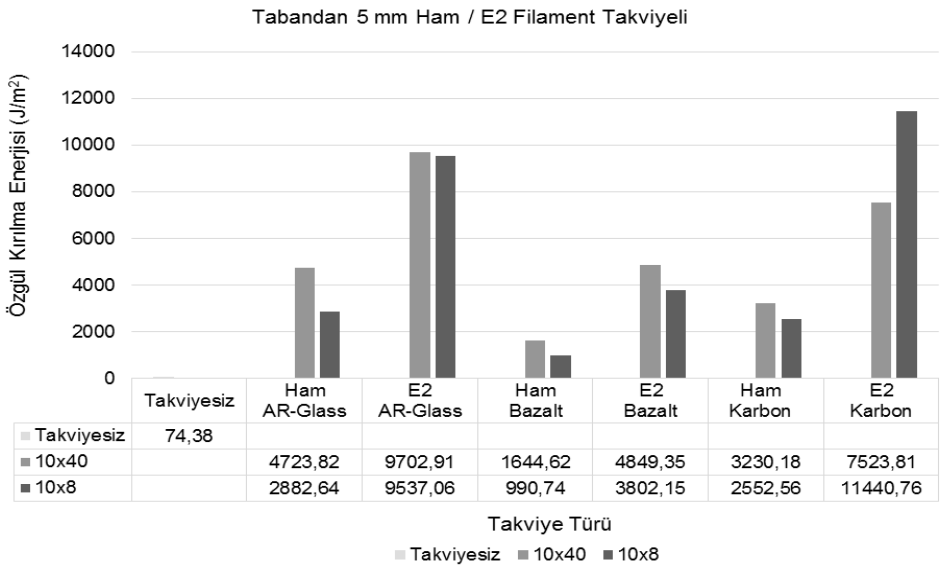
filamentte %100, bazalt filamentte %162, karbon filamentte %190 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %206, bazalt filamentte %233, karbon filamentte %383 katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile bazalt ve karbon filamentli numuneler için benzerlik göstermektedir. AR-Glass filament kullanılan numuneler büyük deplasman değeri verdiği için eğilme dayanımlarına oranla daha büyük özgül kırılma enerji değerleri vermiştir.



Şekil 4.162. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E2 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.163'de ham ve E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.163 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerine en fazla katkıyı 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde E1 epoksili AR-Glass filament, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde E1 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E2 epoksili bazalt filament

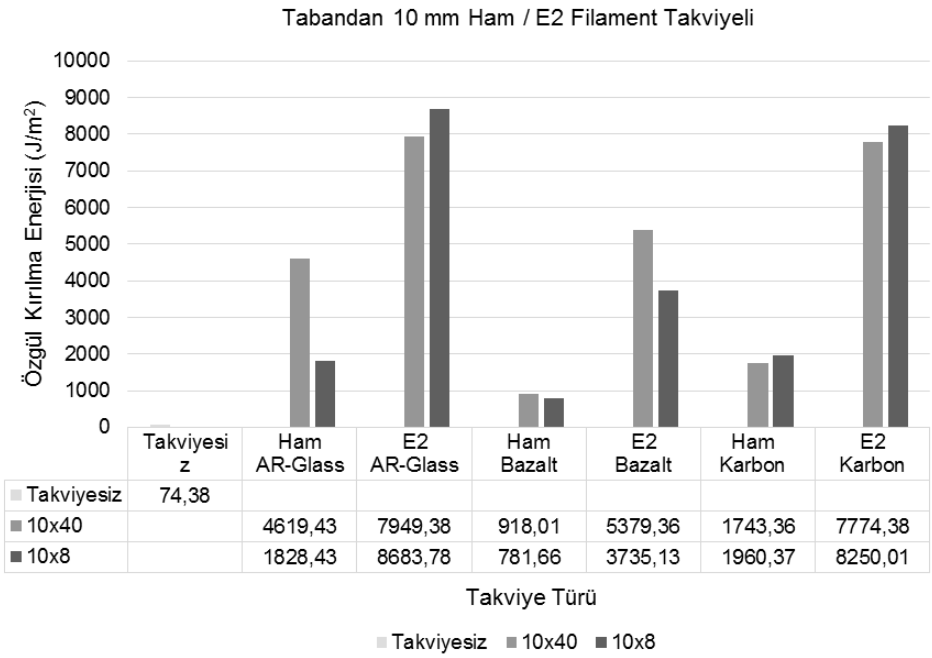
sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre karbon filament kullanılan numuneler haricinde daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %1,7, bazalt filament kullanımında %27,6 iken karbon filament kullanımında ise %34,2'lik azalış gerçekleşmiştir. E2 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre özgül kırılma enerjisi değerlerinde 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %105, bazalt filamentte %195, karbon filamentte %133 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %231, bazalt filamentte %284, karbon filamentte %348 katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile bazalt ve karbon filamentli numuneler için benzerlik göstermektedir. AR-Glass filament kullanılan numuneler büyük deplasman değeri verdiği için eğilme dayanımlarına oranla daha büyük özgül kırılma enerji değerleri vermiştir.



	Takviyesiz	Ham AR-Glass	E2 AR-Glass	Ham Bazalt	E2 Bazalt	Ham Karbon	E2 Karbon
Takviyesiz	74,38						
10x40		4723,82	9702,91	1644,62	4849,35	3230,18	7523,81
10x8		2882,64	9537,06	990,74	3802,15	2552,56	11440,76

Şekil 4.163. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E2 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

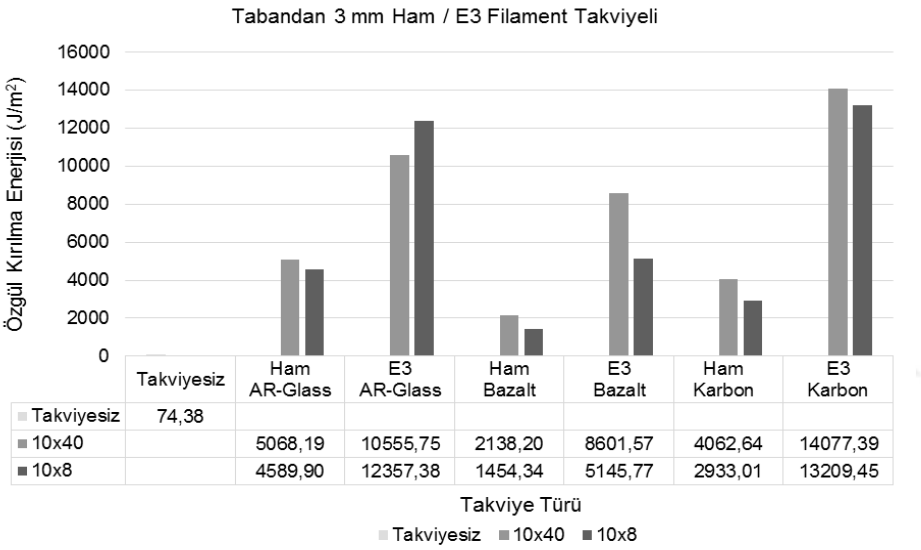
Şekil 4.164'de ham ve E2 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.164 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerine en fazla katkıyı E1 epoksili AR-Glass filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E2 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E2 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E2 epoksili numunelere göre bazalt filament kullanılan numuneler haricinde daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %9,2, karbon filament kullanımında %6,1 iken bazalt filament kullanımında ise %30,6'lık azalış gerçekleşmiştir. E2 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre özgül kırılma enerjisi değerlerinde 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %72, bazalt filamentte %486, karbon filamentte %346 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %375, bazalt filamentte %378, karbon filamentte %321 katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile bazalt ve karbon filamentli numuneler için benzerlik göstermektedir. AR-Glass filament kullanılan numuneler diğer takviyelere göre daha büyük deplasman değeri verdiği için en büyük özgül kırılma enerjisi değerlerini vermiştir.



Şekil 4.164. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E2 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.165'de ham ve E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.165 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerine en fazla katkıyı E3 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E3 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre AR-Glass filament kullanılan numuneler haricinde daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış bazalt filament kullanımında %67,2, karbon filament kullanımında %6,6 iken AR-Glass filament kullanımında ise %14,6'lık azalış gerçekleşmiştir. E3 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre özgül kırılma enerjisi değerlerinde 10x40 tekstil yüzeyi türünde

AR-Glass filamentte %108, bazalt filamentte %302, karbon filamentte %247 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %169, bazalt filamentte %254, karbon filamentte %350 katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile bazalt ve karbon filamentli numuneler için benzerlik göstermektedir. AR-Glass filament kullanılan numuneler büyük deplasman değeri verdiği için eğilme dayanımlarına oranla daha büyük özgül kırılma enerji değerleri vermiştir.

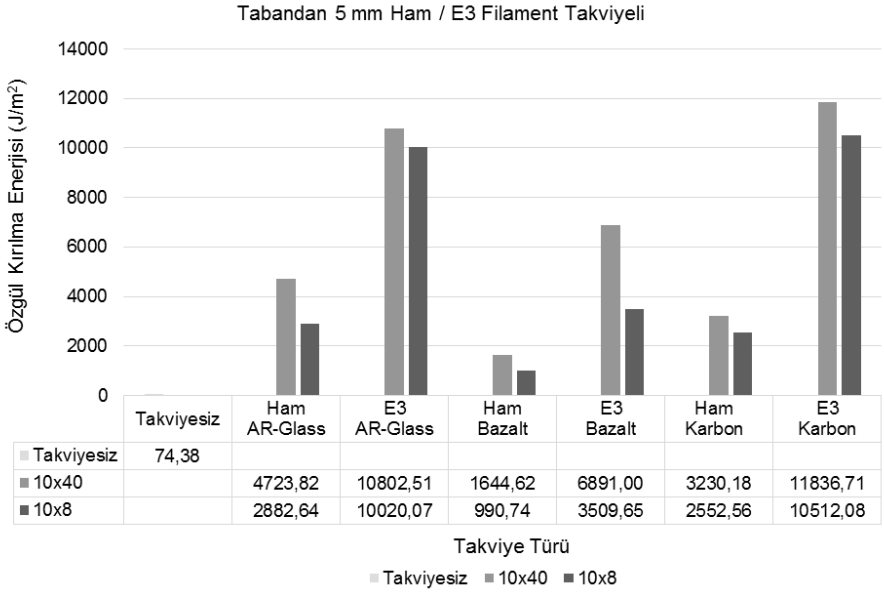


	Takviyesiz	Ham AR-Glass	E3 AR-Glass	Ham Bazalt	E3 Bazalt	Ham Karbon	E3 Karbon
Takviyesiz	74,38						
10x40		5068,19	10555,75	2138,20	8601,57	4062,64	14077,39
10x8		4589,90	12357,38	1454,34	5145,77	2933,01	13209,45

Şekil 4. 165. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E3 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.166'da ham ve E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.166 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerine en fazla katkıyı E3 epoksili karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E3 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün

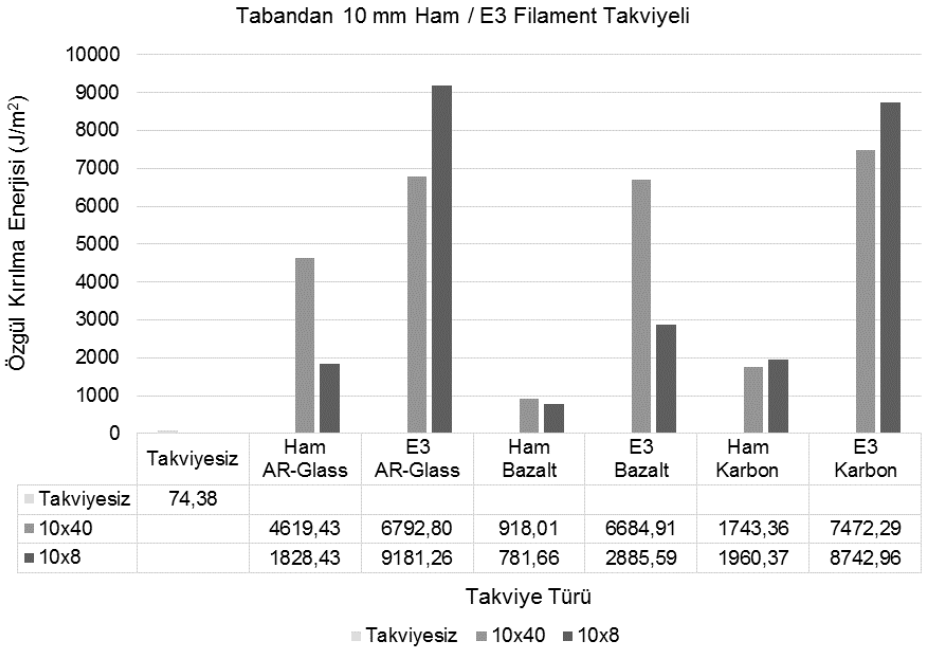
kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre hep daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %7,8, bazalt filament kullanımında %96,3, karbon filament kullanımında %12,6'dır. E3 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre özgül kırılma enerjisi değerlerinde 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %129, bazalt filamentte %319, karbon filamentte %266 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %248, bazalt filamentte %254, karbon filamentte %312 katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile bazalt ve karbon filamentli numuneler için benzerlik göstermektedir. AR-Glass filament kullanılan numuneler büyük deplasman değeri verdiği için eğilme dayanımlarına oranla daha büyük özgül kırılma enerji değerleri vermiştir.



	Takviyesiz	Ham AR-Glass	E3 AR-Glass	Ham Bazalt	E3 Bazalt	Ham Karbon	E3 Karbon
Takviyesiz	74,38						
10x40		4723,82	10802,51	1644,62	6891,00	3230,18	11836,71
10x8		2882,64	10020,07	990,74	3509,65	2552,56	10512,08

Şekil 4.166. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E3 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.167'de ham ve E3 epoksili AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.167 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerine en fazla katkıyı 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde E3 epoksili karbon filament, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde E3 epoksili AR-Glass filament sağlarken, en düşük katkıyı ise E3 epoksili bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı E3 epoksili numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı E3 epoksili numunelere göre bazalt filament kullanılan numuneler haricinde daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %35,2, karbon filament kullanımında %17 iken bazalt filament kullanımında ise %56,8'lik azalış gerçekleşmiştir. E3 epoksili filament kullanımı ham filament kullanımına göre özgül kırılma enerjisi değerlerinde 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %47, bazalt filamentte %628, karbon filamentte %329 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %402, bazalt filamentte %269, karbon filamentte %346 katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile bazalt ve karbon filamentli numuneler için benzerlik göstermektedir. AR-Glass filament kullanılan numuneler büyük deplasman değeri verdiği için eğilme dayanımlarına oranla daha büyük özgül kırılma enerji değerleri vermiştir.

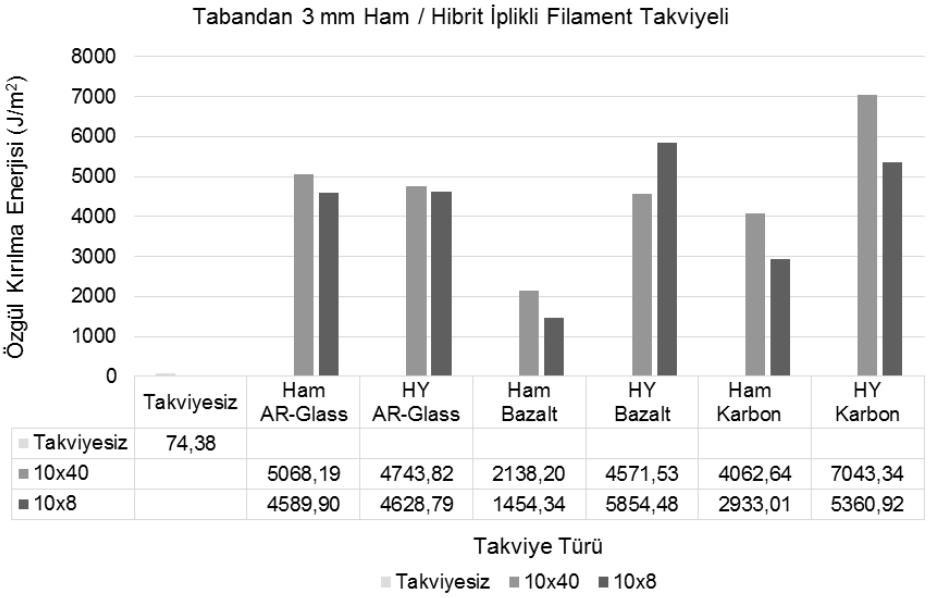


	Takviyesiz	Ham AR-Glass	E3 AR-Glass	Ham Bazalt	E3 Bazalt	Ham Karbon	E3 Karbon
Takviyesiz	74,38						
10x40		4619,43	6792,80	918,01	6684,91	1743,36	7472,29
10x8		1828,43	9181,26	781,66	2885,59	1960,37	8742,96

Şekil 4.167. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve E3 epoksili filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.168'de ham ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.168 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerine en fazla katkıyı 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde hibrit iplikli karbon filament, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde hibrit iplikli bazalt filament sağlarken, en düşük katkıyı ise 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde hibrit iplikli bazalt filament, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde hibrit iplikli AR-Glass filament sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre bazalt filament kullanılan numuneler haricinde daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %2,5, karbon filament kullanımında %31,4 iken bazalt

filament kullanımında ise %21,9'luk azalış gerçekleşmiştir. Hibrit iplikli filament kullanımı ham filament kullanımına göre özgül kırılma enerjisi değerlerinde 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %6,4'lük azalış, bazalt filamentte %114, karbon filamentte %73,4 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %1, bazalt filamentte %303, karbon filamentte %82,8 katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir. Sadece, ham bazalt fialmentlerin katkısı daha düşük çıktığı için özgül kırılma enerjisi değerleri de eğilme dayanımına oranla biraz düşük çıkmıştır.

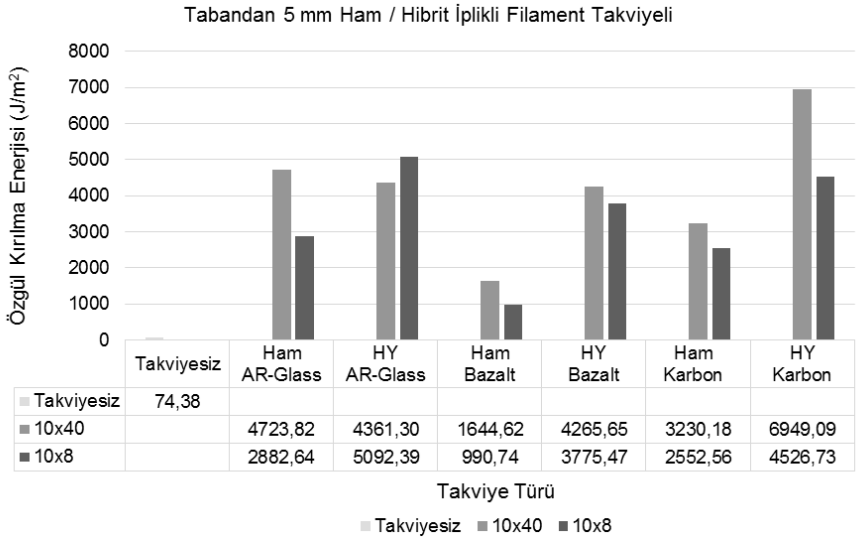


	Takviyesiz	Ham AR-Glass	HY AR-Glass	Ham Bazalt	HY Bazalt	Ham Karbon	HY Karbon
Takviyesiz	74,38						
10x40		5068,19	4743,82	2138,20	4571,53	4062,64	7043,34
10x8		4589,90	4628,79	1454,34	5854,48	2933,01	5360,92

Şekil 4.168. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve hibrit iplikli filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

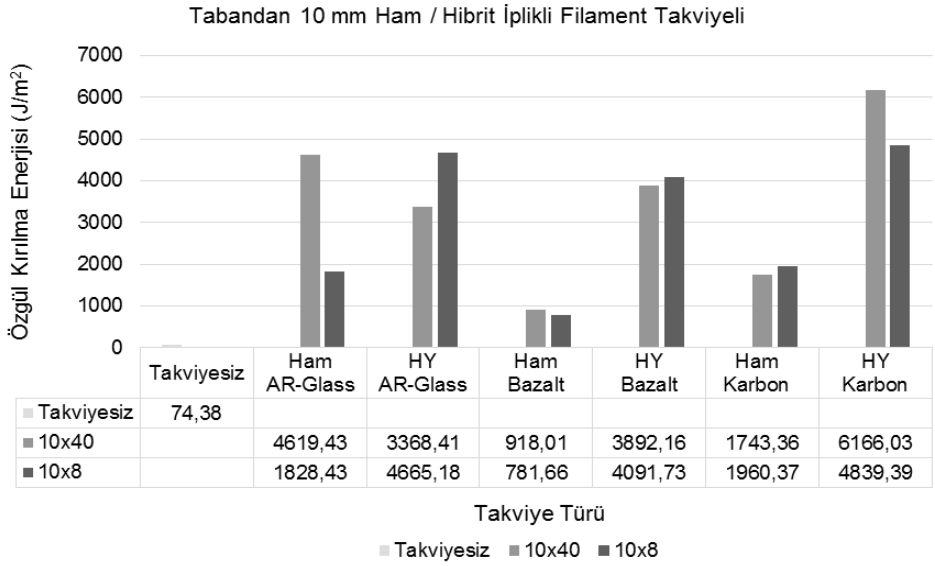
Şekil 4.169'da ham ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.169 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerine en fazla katkıyı 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde hibrit

iplikli karbon filament, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde hibrit iplikli AR-Glass filament sağlarken, en düşük katkıyı ise hibrit iplikli bazalt filament sağlamıştır. 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre AR-Glass filament kullanılan numuneler haricinde daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış bazalt filament kullanımında %13, karbon filament kullanımında %53,5 iken AR-Glass filament kullanımında ise %14,4'lük azalış gerçekleşmiştir. Hibrit iplikli filament kullanımı ham filament kullanımına göre özgül kırılma enerjisi değerlerinde 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %7,7'lik azalış, bazalt filamentte %159, karbon filamentte %115 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %33, bazalt filamentte %281, karbon filamentte %77,3 katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir. Sadece, ham bazalt fialmentlerin katkısı daha düşük çıktığı için özgül kırılma enerjisi değerleri de eğilme dayanımına oranla biraz düşük çıkmıştır.



Şekil 4.169. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve hibrit iplikli filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.170'de ham ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.170 incelendiğinde özgül kırılma enerjisi değerine en fazla katkıyı hibrit iplikli karbon filament sağlarken, en düşük katkıyı ise 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde hibrit iplikli AR-Glass filament, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde hibrit iplikli bazalt filament sağlamıştır. 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı hibrit iplikli numuneler 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı hibrit iplikli numunelere göre karbon filament kullanılan numuneler haricinde daha yüksek özgül kırılma enerjisi değeri vermiş olup bu artış AR-Glass filament kullanımında %38,5,bazalt filament kullanımında %5,1 iken karbon filament kullanımında ise %21,5'lik azalış gerçekleşmiştir. Hibrit iplikli filament kullanımı ham filament kullanımına göre özgül kırılma enerjisi değerlerinde 10x40 tekstil yüzeyi türünde AR-Glass filamentte %27'lik azalış, bazalt filamentte %324, karbon filamentte %254 katkı sağlarken, 10x8 tekstil yüzeyi türünde ise AR-Glass filamentte %155, bazalt filamentte %423, karbon filamentte %147 katkı sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir. Sadece, ham bazalt fialmentlerin katkısı daha düşük çıktığı için özgül kırılma enerjisi değerleri de eğilme dayanımına oranla biraz düşük çıkmıştır.

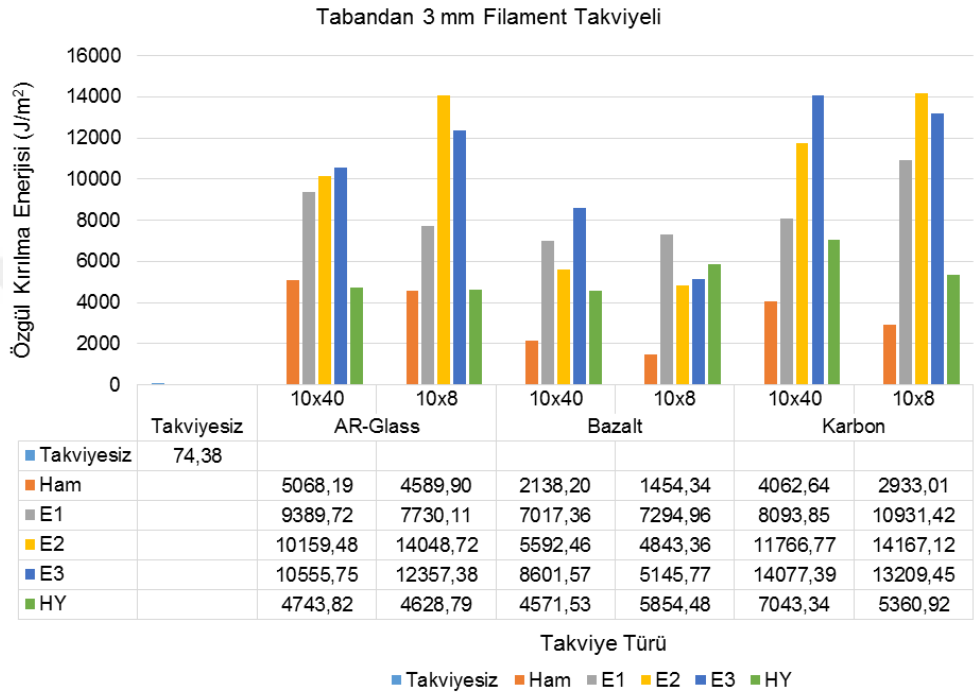


	Takviyesiz	Ham AR-Glass	HY AR-Glass	Ham Bazalt	HY Bazalt	Ham Karbon	HY Karbon
Takviyesiz	74,38						
10x40		4619,43	3368,41	918,01	3892,16	1743,36	6166,03
10x8		1828,43	4665,18	781,66	4091,73	1960,37	4839,39

Şekil 4.170. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham ve hibrit iplikli filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.171'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.171 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli AR-Galss, bazalt ve karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri hibrit iplikli AR-Glass filamentli numuneler haricinde ham AR-Glass, bazalt ve karbon kullanılarak üretilen numunelere göre daha yüksek özgül kırılma enerjisi değerleri vermekte olup en yüksek katkıyı 10x40 tekstil yüzeyi türünde E3 epoksili karbon filament numuneler, 10x8 tekstil yüzeyi türünde E2 epoksili karbon filament numuneler sağlamıştır. En düşük katkıyı ise 10x40 tekstil yüzeyi türünde hibrit iplikli bazalt filament numuneler, 10x8 tekstil yüzeyi türünde hibrit iplikli AR-Glass filament numuneler sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir. Sadece, AR-Glass takviyeli numuneler daha büyük

deplasman değerleri verdiği için eğilme dayanımına oranla daha büyük özgül kırılma enerjisi değerleri vermiştir.

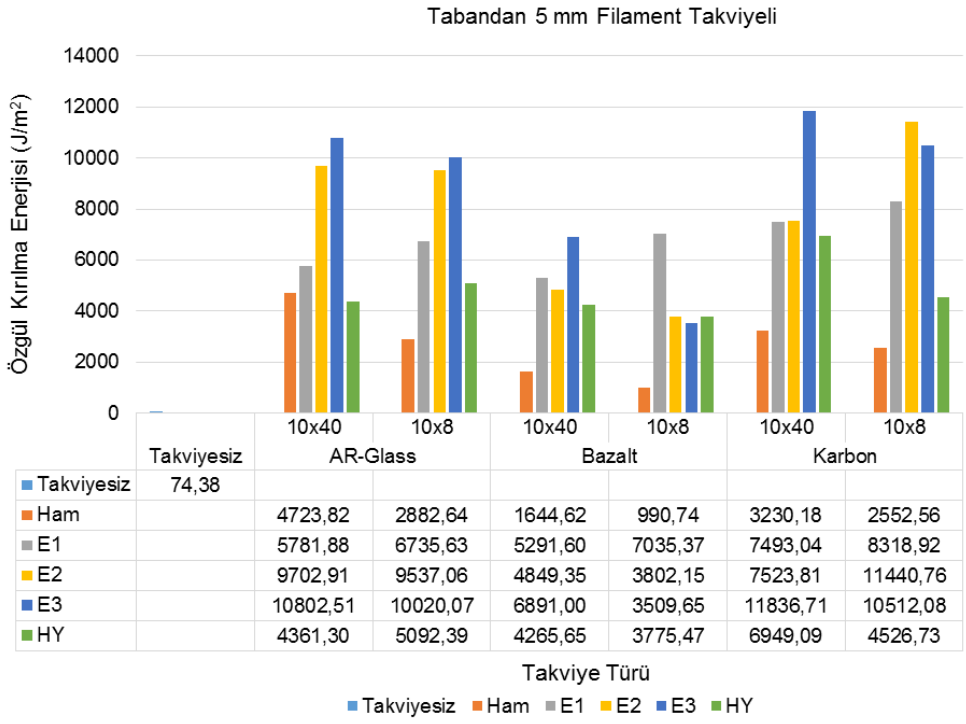


	Takviyesiz	AR-Glass 10x40	AR-Glass 10x8	Bazalt 10x40	Bazalt 10x8	Karbon 10x40	Karbon 10x8
Takviyesiz	74,38						
Ham		5068,19	4589,90	2138,20	1454,34	4062,64	2933,01
E1		9389,72	7730,11	7017,36	7294,96	8093,85	10931,42
E2		10159,48	14048,72	5592,46	4843,36	11766,77	14167,12
E3		10555,75	12357,38	8601,57	5145,77	14077,39	13209,45
HY		4743,82	4628,79	4571,53	5854,48	7043,34	5360,92

Şekil 4.171. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.172'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeylerinin tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.172 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli AR-Galss, bazalt ve karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri hibrit iplikli AR-Glass filamentli numuneler haricinde ham AR-Glass, bazalt ve karbon kullanılarak üretilen numunelere göre daha yüksek özgül kırılma enerjisi değerleri vermekte olup en

yüksek katkıyı 10x40 tekstil yüzeyi türünde E3 epoksili karbon filament numuneler, 10x8 tekstil yüzeyi türünde E2 epoksili karbon filament numuneler sağlamıştır. En düşük katkıyı ise 10x40 tekstil yüzeyi türünde hibrit iplikli bazalt filament numuneler, 10x8 tekstil yüzeyi türünde E3 epoksili bazalt filament numuneler sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir. Sadece, AR-Glass takviyeli numuneler daha büyük deplasman değerleri verdiği için eğilme dayanımına oranla daha büyük özgül kırılma enerjisi değerleri vermiştir.

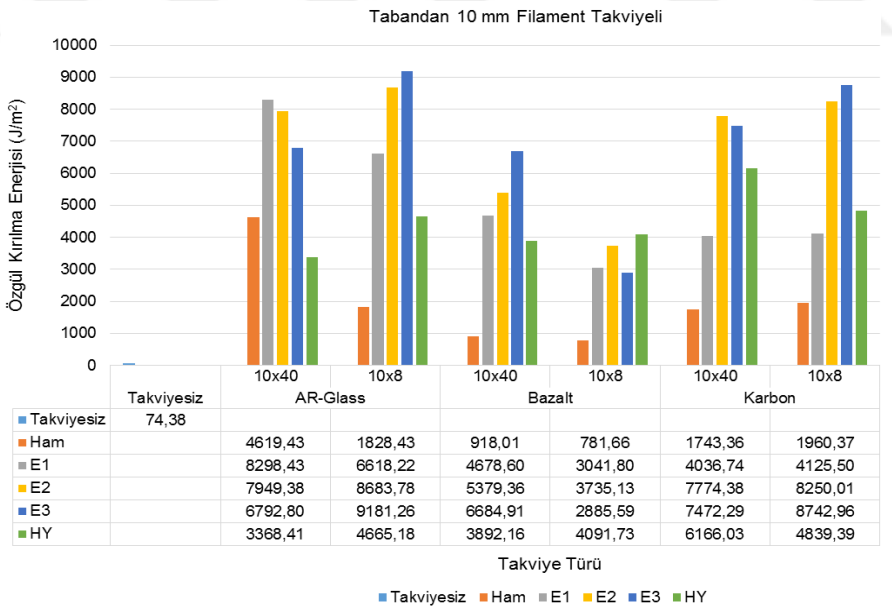


	Takviyesiz	AR-Glass 10x40	AR-Glass 10x8	Bazalt 10x40	Bazalt 10x8	Karbon 10x40	Karbon 10x8
Takviyesiz	74,38						
Ham		4723,82	2882,64	1644,62	990,74	3230,18	2552,56
E1		5781,88	6735,63	5291,60	7035,37	7493,04	8318,92
E2		9702,91	9537,06	4849,35	3802,15	7523,81	11440,76
E3		10802,51	10020,07	6891,00	3509,65	11836,71	10512,08
HY		4361,30	5092,39	4265,65	3775,47	6949,09	4526,73

Şekil 4.172. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

Şekil 4.173'de ham, E1, E2 ve E3 epoksi takviyeli ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş 10x40 ve 10x8 tekstil

yüzeylerinin tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmesi sonucu elde edilmiş beton numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri verilmiştir. Şekil 4.173 incelendiğinde epoksili ve hibrit iplikli AR-Galss, bazalt ve karbon filament kullanılarak üretilen numunelerin özgül kırılma enerjisi değerleri hibrit iplikli AR-Glass filamentli numuneler haricinde ham AR-Glass, bazalt ve karbon kullanılarak üretilen numunelere göre daha yüksek özgül kırılma enerjisi değerleri vermekte olup en yüksek katkıyı 10x40 tekstil yüzeyi türünde E1 epoksili AR-Glass filament numuneler, 10x8 tekstil yüzeyi türünde E3 epoksili AR-Glass filament numuneler sağlamıştır. En düşük katkıyı ise 10x40 tekstil yüzeyi türünde hibrit iplikli AR-Glass filament numuneler, 10x8 tekstil yüzeyi türünde E3 epoksili bazalt filament numuneler sağlamıştır. Özgül kırılma enerji grafiği eğilme dayanımı grafiği ile benzerlik göstermektedir. Sadece, AR-Glass takviyeli numuneler daha büyük deplasman değerleri verdiği için eğilme dayanımına oranla daha büyük özgül kırılma enerjisi değerleri vermiştir.

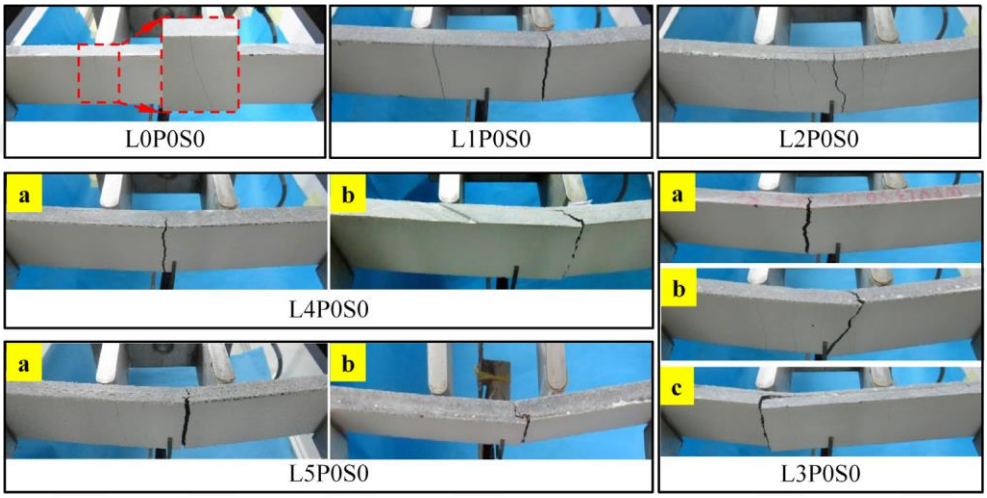


	Takviyesiz	AR-Glass 10x40	AR-Glass 10x8	Bazalt 10x40	Bazalt 10x8	Karbon 10x40	Karbon 10x8
Takviyesiz	74,38						
Ham		4619,43	1828,43	918,01	781,66	1743,36	1960,37
E1		8298,43	6618,22	4678,60	3041,80	4036,74	4125,50
E2		7949,38	8683,78	5379,36	3735,13	7774,38	8250,01
E3		6792,80	9181,26	6684,91	2885,59	7472,29	8742,96
HY		3368,41	4665,18	3892,16	4091,73	6166,03	4839,39

Şekil 4.173. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş AR-Glass, bazalt ve karbon filament takviyeli beton numunelerin kırılma enerjileri

4.3.4. Tekstil Takviyeli Beton Numunelerin Deney Sonrası Görüntü Analizleri

Bu bölümde deney sonrası numunelerin çatlak görüntülerine yer verilmiştir. Du ve ark, (2018), yürüttükleri çalışmada eğilme deneyinde meydana gelen çatlak şeklinin takviye bileşeni ile beton arasındaki bağlantı hakkında bilgi verdiğini belirtmişlerdir (Şekil 4.174).



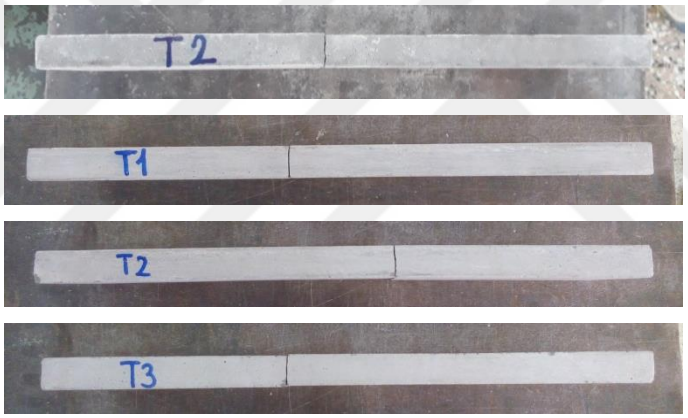
Şekil 4.174. Eğilme deneyindeki numunelerin kırılma davranışları (Du ve ark, 2018)

Eğilme deneyinde takviye bileşeni beton ile birlikte hareket ederek dayanımı artırmaktadır. Takviye bileşeni numunelerin kırılmasını geciktirmekte olup kendisi koptuğunda da deney sonlanmaktadır. Şekil 4.174'de eğilme deneyi sonrası numunelerin kırık görüntülerine yer verilmiştir. Takviyesiz betonda eğilme eksenine dik bir şekilde kırık meydana gelmektedir (L0P0S0). Takviyeli bileşenlerde meydana gelen kırık şekilleri çeşitlilik göstermektedir. Bu da tekstil bileşeni ile beton matris ara yüzeyi performansından kaynaklanmaktadır. Eğer takviye bileşeni ile beton arasındaki bağlanma iyiyse takviyesiz bileşendeki gibi eğilme eksenine dik bir çatlak meydana gelmektedir (L2P0S0, L3P0S0 (a), L4P0S0 (a) ve L5P0S0 (a)). Takviye bileşeni ile beton arasındaki bağlanma yeterli

değilse takviye bileşeni boyunca çatlaklar meydana gelmektedir (L3P0S0 (c) ve L5P0S0 (b)). Eğer takviye bileşeni ile beton arasındaki bağlanma bu ikisinin arasındaysa çapraz yönlü çatlaklar meydana gelmektedir (L3P0S0 (b) ve L4P0S0 (b)) (Du ve ark, 2018).

4.3.4.1. Takviyesiz Numunelerin Görüntüleri

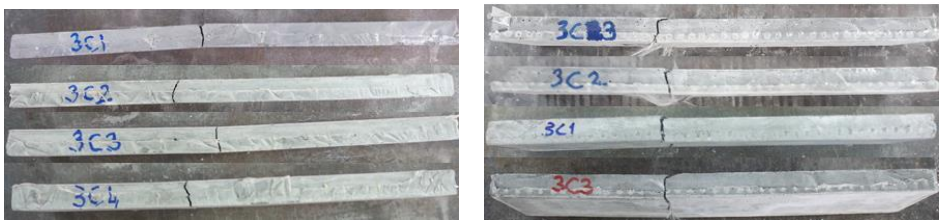
Şekil 4.175'de takviyesiz numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.175 incelendiğinde beklenildiği gibi eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. Numunelerde takviye bileşeni bulunmadığı için oluşan kırık dik doğrultuda devam ederek tamamlanmıştır.



Şekil 4.175. Takviyesiz numunelerin kırık görünümü

4.3.4.2. AR-Glass Filament Takviyeli Numunelerin Görüntüleri

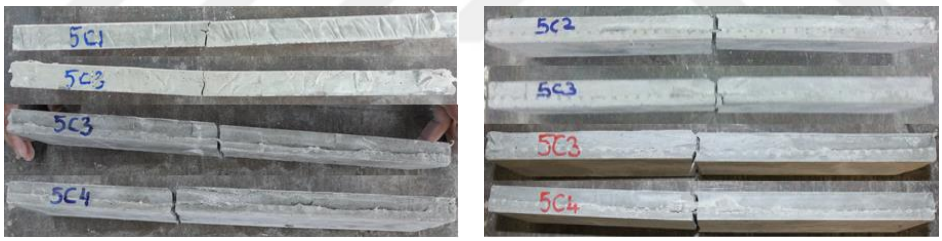
Şekil 4.176'da tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.176 incelendiğinde 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. Kırık oluşumları tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.176. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.177'de tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.177 incelendiğinde 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. Kırık oluşumları tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir.

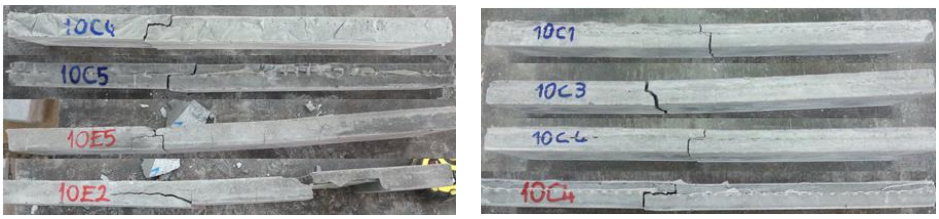


10x8 10x40

Şekil 4.177. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.178'de tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.178 incelendiğinde 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde takviye bileşeni yönünde ve çapraz kırıkların oluştuğu görülmüştür.

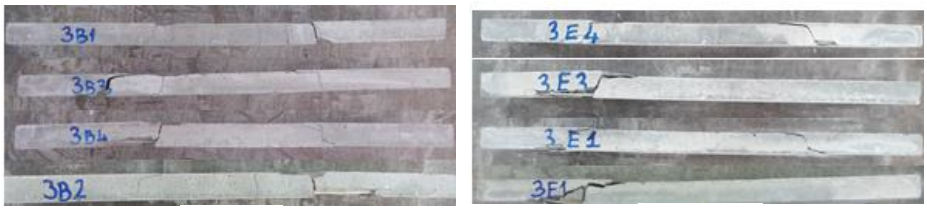
Kırık oluşumları tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının genelde zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.178. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

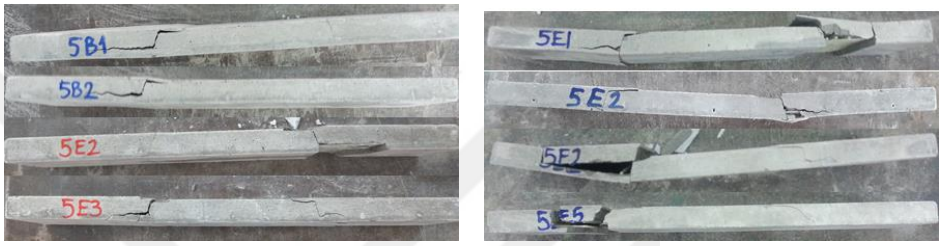
Şekil 4.179'da tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.179 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının daha iyi olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.179. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

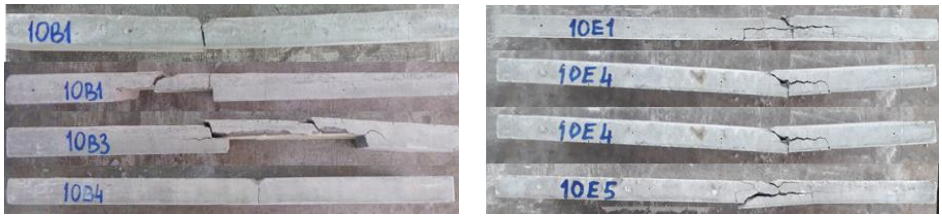
Şekil 4.180'de tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.180 incelendiğinde 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.180. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.181'de tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.181 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantıların iyi veya zayıf düzey olarak çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymuştur. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.181. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.182'de tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.182 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi veya orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.182. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.183'de tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.183 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi veya orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.

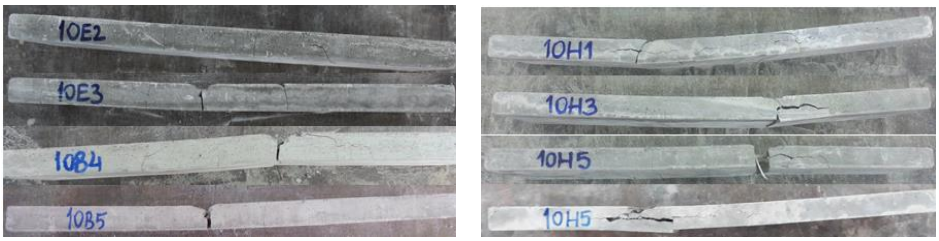


10x8 10x40

Şekil 4.183. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.184'de tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.184 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi veya orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil

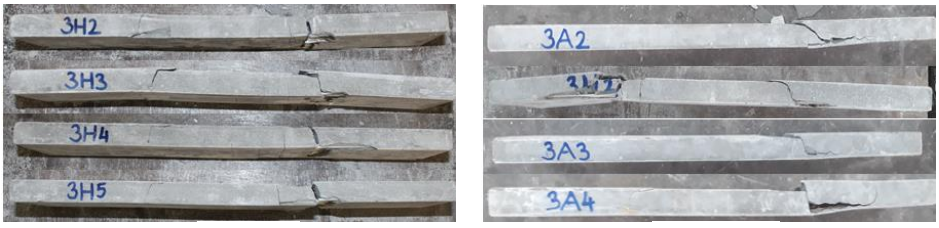
yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.184. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

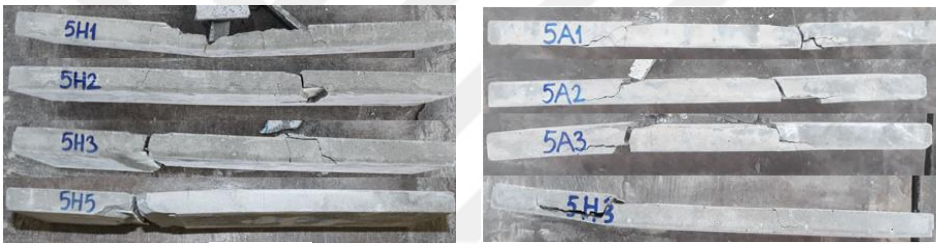
Şekil 4.185'de tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.185 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.185. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.186'da tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.186 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.

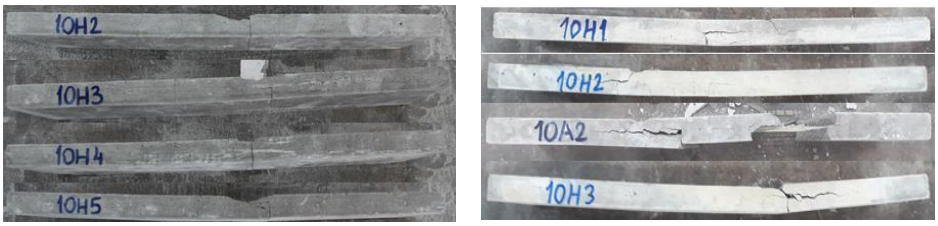


10x8 10x40

Şekil 4.186. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.187'de tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.187 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme ekseni ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan

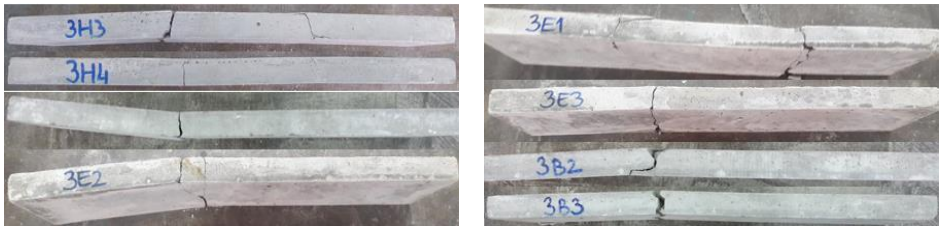
kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.187. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.188'de tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.188 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve iyi düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.188. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.189'da tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.189 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve iyi düzeyde olduğunu göstermektedir.

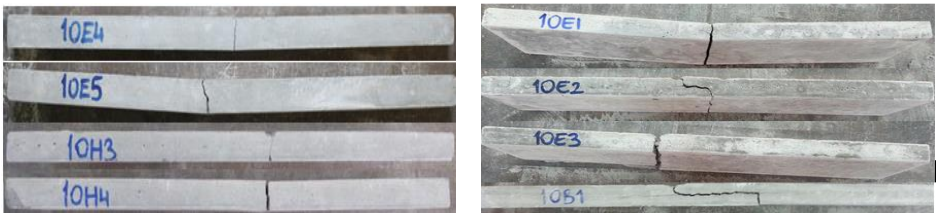


10x8 10x40

Şekil 4.189. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.190'da tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.190 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan

kırıklar ise numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantıların iyi veya zayıf düzey olarak çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

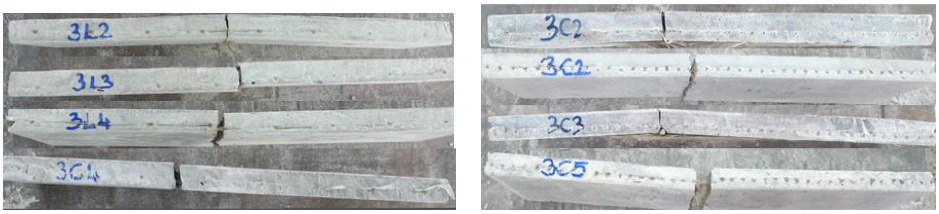


10x8 10x40

Şekil 4.190. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

4.3.4.3. Bazalt Filament Takviyeli Numunelerin Görüntüleri

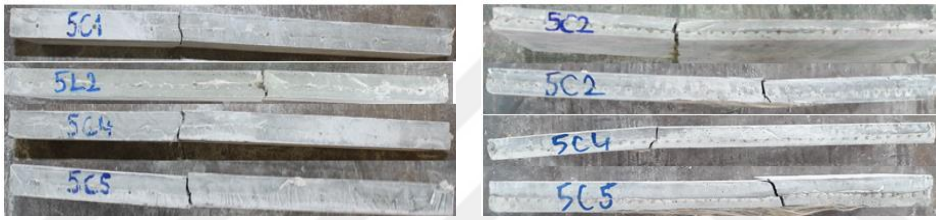
Şekil 4.191'de tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.191 incelendiğinde 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. Kırık oluşumları tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.191. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

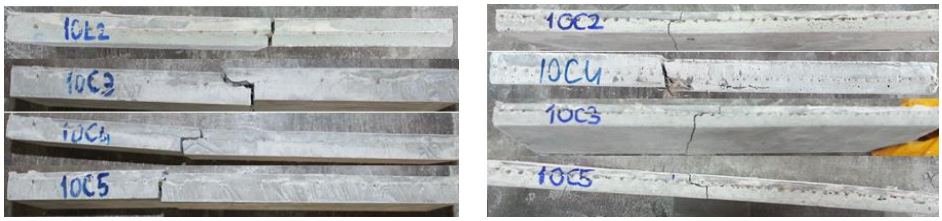
Şekil 4.192'de tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.192 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi ve orta düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.192. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

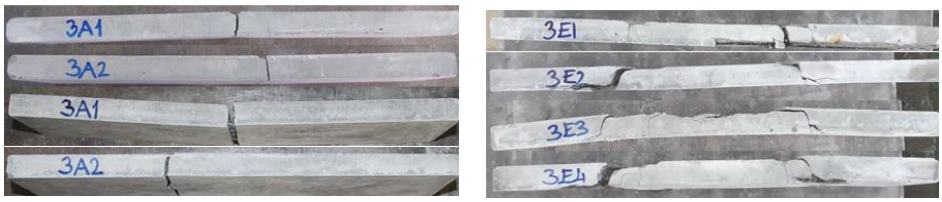
Şekil 4.193'de tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.193 incelendiğinde 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.193. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.194'de tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.194 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi ve orta düzeyde olduğunu göstermektedir.

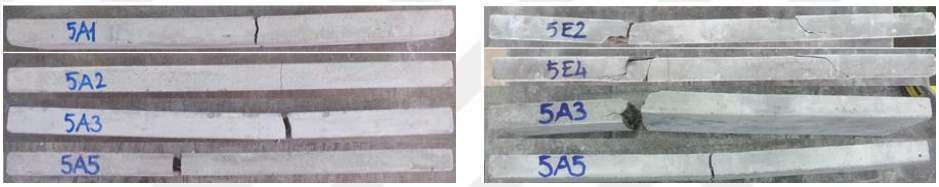


10x8 10x40

Şekil 4.194. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.195'de tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir.

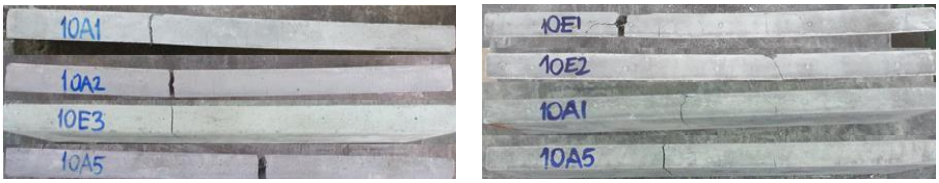
Şekil 4.195 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi ve orta düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.195. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

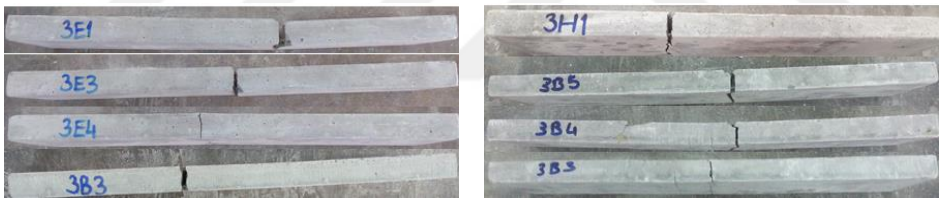
Şekil 4.196'da tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.196 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi ve orta düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.196. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

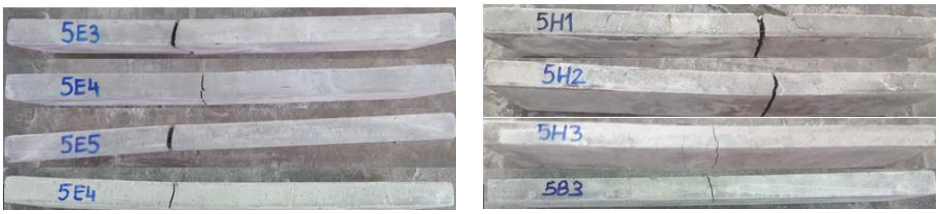
Şekil 4.197'de tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.197 incelendiğinde 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. Kırık oluşumları tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.197. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

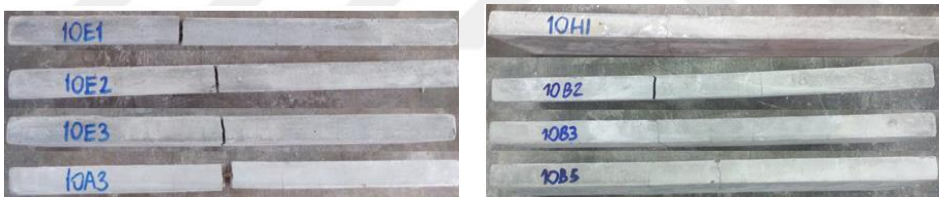
Şekil 4.198'de tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.198 incelendiğinde 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. Kırık oluşumları tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.198. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.199'da tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.199 incelendiğinde 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. Kırık oluşumları tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir.

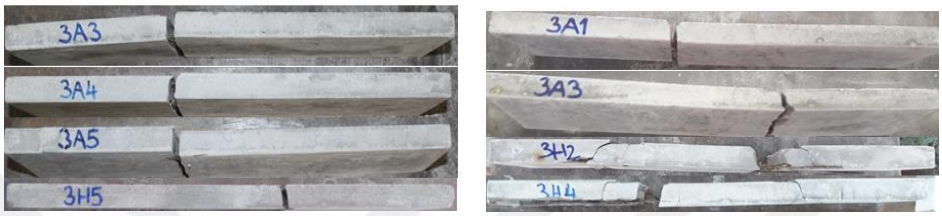


10x8 10x40

Şekil 4.199. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.200'de tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.200 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı

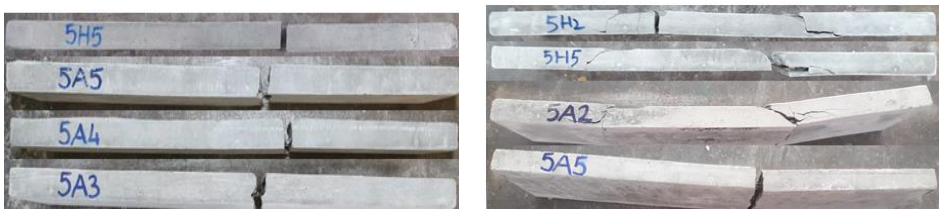
numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi ve orta düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.200. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

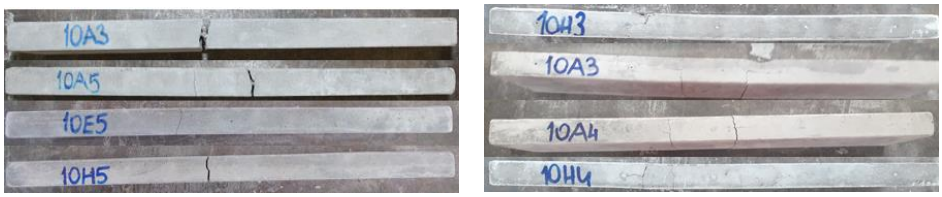
Şekil 4.201'de tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.201 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi ve orta düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.201. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

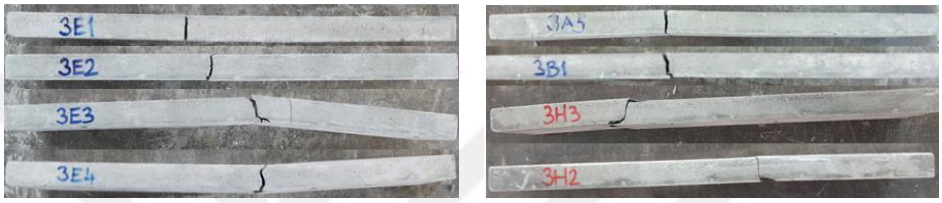
Şekil 4.202'de tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.202 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi ve orta düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.202. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

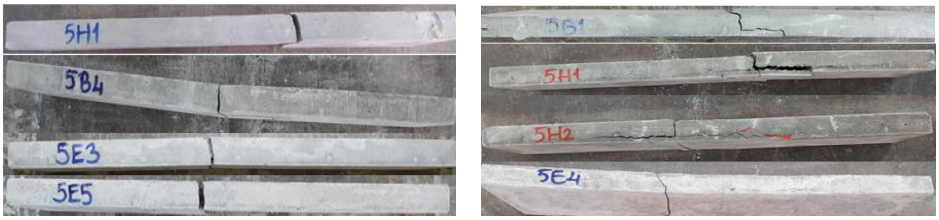
Şekil 4.203'de tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.203 incelendiğinde 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. Kırık oluşumları tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi ve orta düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.203. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.204'de tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.204 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.204. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.205'de tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli bazalt filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.205 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.

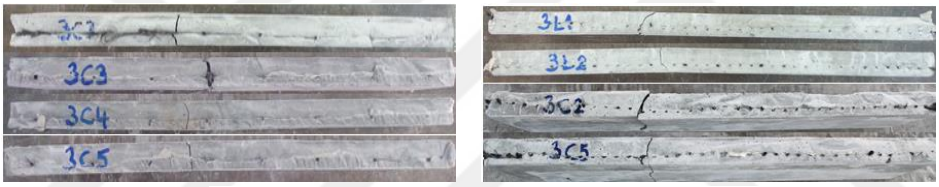


10x8 10x40

Şekil 4.205. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli bazalt filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

4.3.4.4. Karbon Filament Takviyeli Numunelerin Görüntüleri

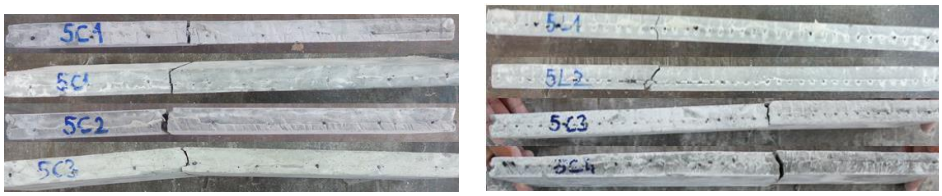
Şekil 4.206'da tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.206 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.206. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş ham karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

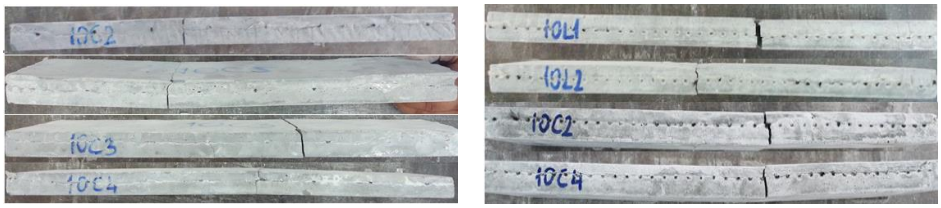
Şekil 4.207'da tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.207 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.207. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş ham karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.208'de tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.208 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi ve orta düzeyde olduğunu göstermektedir.

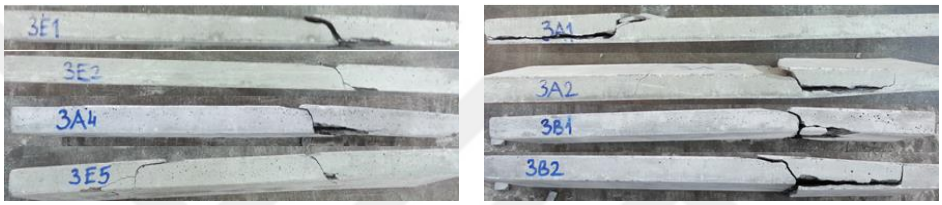


10x8 10x40

Şekil 4.208. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş ham karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.209'da tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.209 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme

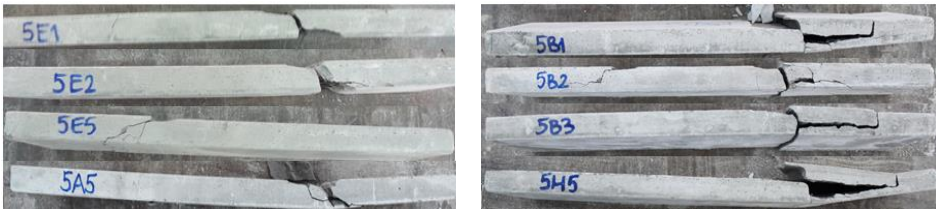
eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.209. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.210'da tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.210 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.210. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

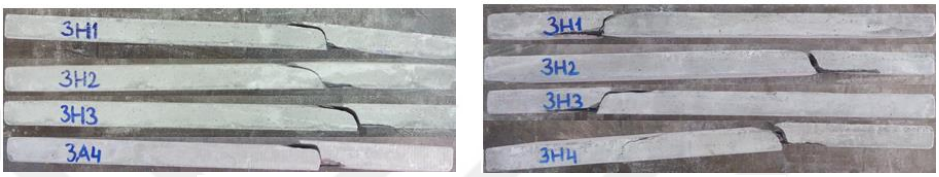
Şekil 4.211'de tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.211 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.211. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

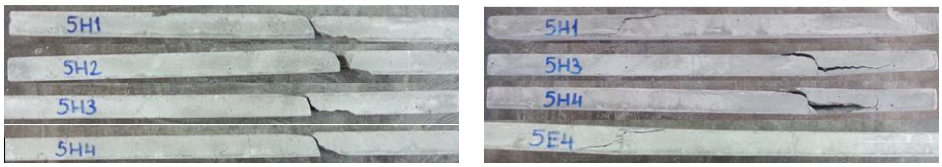
Şekil 4.212'de tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.212 incelendiğinde 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. Kırık oluşumları tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.212. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

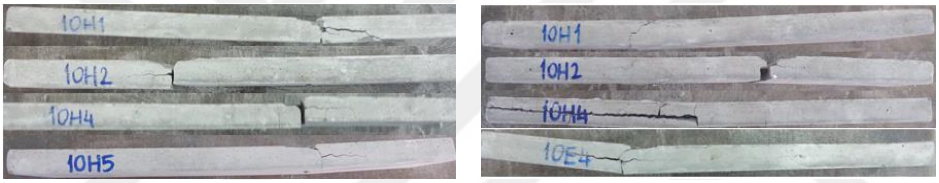
Şekil 4.213'de tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.213 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.213. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

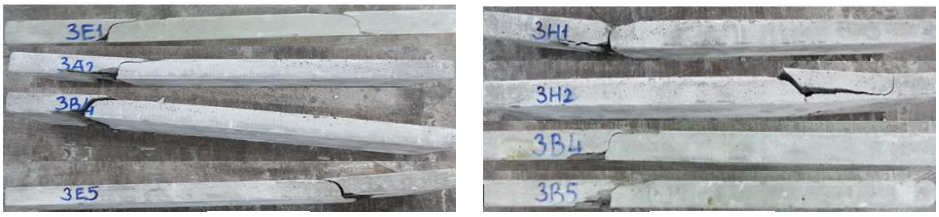
Şekil 4.214'de tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.214 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine dik ve çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının iyi ve orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.214. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.215'de tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.215 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.215. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

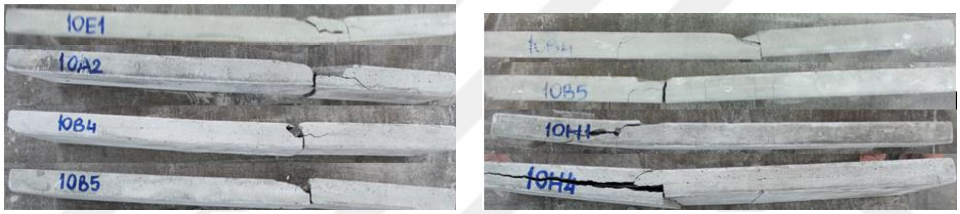
Şekil 4.216'da tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.216 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.216. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

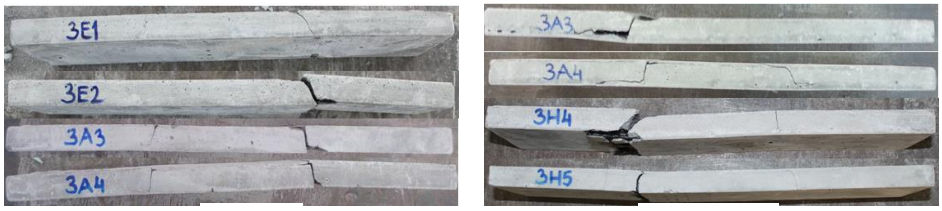
Şekil 4.217'de tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.217 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.217. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

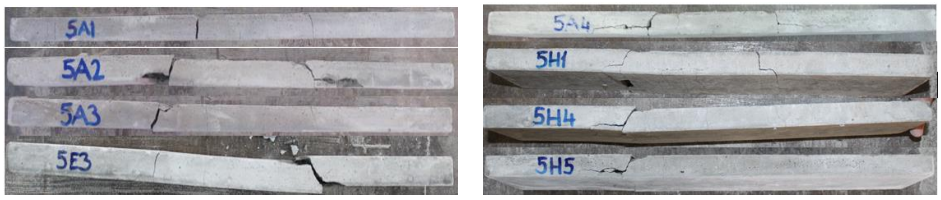
Şekil 4.218'de tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.218 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.218. Tabandan 3 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.219'da tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.219 incelendiğinde 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde eğilme eksenine çapraz yönde kırıkların oluştuğu görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde ise eğilme eksenine çapraz yönde ve takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta düzeyde olduğunu göstermektedir. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının orta ve zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.

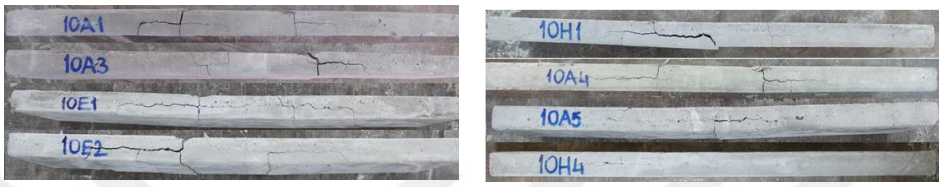


10x8 10x40

Şekil 4.219. Tabandan 5 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Şekil 4.220'de tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli karbon filament takviyeli numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görüntülerine yer verilmiştir. Şekil 4.220 incelendiğinde 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyinin

kullanıldığı numunelerde takviye bileşeni boyunca kırıklar meydana gelmiştir. Kırık oluşumları tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde oluşan kırıklar ise tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir.



10x8 10x40

Şekil 4.220. Tabandan 10 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli karbon filament takviyeli beton numunelerin eğilme deneyi sonrası kırık görünümleri

Numunelerde oluşan kırık görüntü analizlerinin sonuçları toplu olarak Çizelge 4.2 de verilmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde ham filamentli numunelerin epoksili ve hibrit iplikli numunelere göre daha iyi tekstil yüzeyi-beton bağlantısı gösterdiği görülmektedir. Ham filamentte bulunan her bir filamanın beton içerisinde dağılarak bu katkıya neden olduğu düşünülmektedir. Çizelgenin geneli incelendiğinde ise bazalt filamentli numunelerin en iyi tekstil yüzeyi-beton bağlantısına sahip olduğu görülmektedir. Tekstil yüzeyi-beton bağlantısı iyi düzeyde olmasına rağmen elde edilen dayanım değerlerinin yeterli olmadığı görülmüştür. Bazalt filament başlangıçta sahip olduğu dayanımı eğilme dayanıma aktaramamıştır. Eğilme deneyinde diğer takviye bileşenlerine göre elde edilen daha düşük yük ve deplasman değerlerinin tekstil yüzeyi-beton bağlantı düzeyinin iyi gözükmesine neden olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.2. Eğilme deneyi sonrası numunelerdeki tekstil bileşeni-beton matris bağlantı durumları

Takviye türü	Tekstil yüzeyi mesafesi	Tekstil yüzeyi	Takviye bileşeni		
			AR-Glass	Bazalt	Karbon
Ham	3 mm	10x8	iyi	iyi	iyi
		10x40	iyi	iyi	orta
	5 mm	10x8	iyi	iyi	iyi
		10x40	iyi	orta-iyi	orta
	10 mm	10x8	zayıf-orta	zayıf-orta	iyi
		10x40	zayıf-orta	zayıf-orta	orta
E1	3 mm	10x8	orta	iyi	orta
		10x40	zayıf-orta	orta-iyi	zayıf-orta
	5 mm	10x8	zayıf-orta	iyi	orta
		10x40	zayıf-orta	orta-iyi	zayıf-orta
	10 mm	10x8	zayıf-orta	iyi	orta
		10x40	zayıf-orta	orta-iyi	zayıf-orta
E2	3 mm	10x8	orta-iyi	iyi	orta
		10x40	zayıf-orta	iyi	orta
	5 mm	10x8	orta-iyi	iyi	orta
		10x40	zayıf-orta	iyi	zayıf-orta
	10 mm	10x8	orta-iyi	iyi	orta-iyi
		10x40	zayıf-orta	iyi	zayıf-orta
E3	3 mm	10x8	orta	iyi	orta
		10x40	zayıf-orta	orta-iyi	zayıf-orta
	5 mm	10x8	orta	iyi	orta
		10x40	zayıf-orta	orta-iyi	zayıf-orta
	10 mm	10x8	iyi	iyi	orta
		10x40	zayıf	orta-iyi	zayıf-orta
HY	3 mm	10x8	iyi	orta-iyi	orta
		10x40	orta-iyi	orta-iyi	zayıf-orta
	5 mm	10x8	iyi	iyi	orta
		10x40	orta-iyi	zayıf-orta	zayıf-orta
	10 mm	10x8	iyi	iyi	zayıf
		10x40	orta-iyi	zayıf-orta	zayıf

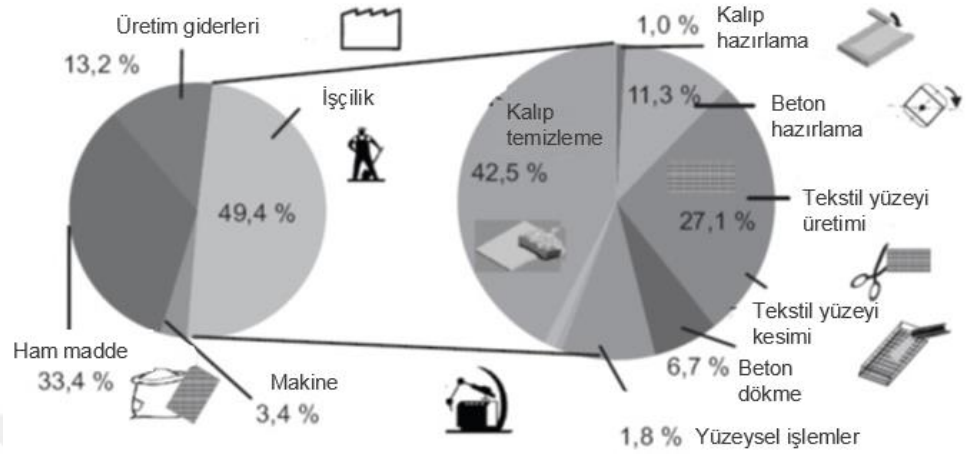
4.4. Tekstil Takviyeli Beton Numunelerin Maliyet-Performans Analizi

4.4.1. Tekstil Takviyeli Betonlarda Maliyet

TTB'ler geniş kullanım alanı yanında ekonomik ve ekolojik özellikleri nedeniyle de kullanımı artan yapı malzemeleridir. Birçok kullanım alanı bulunan bu yapıları oluşturmak için farklı tekstil takviyeleri kullanılmaktadır. Bu takviyeler klasik çelik takviyeli betonlara göre korozyon riskinin olmaması nedeniyle daha ince yapıların eldesine olanak kılmaktadır. Çelik takviyeli yapılarda korozyon riski nedeniyle en az 8-10 cm kalınlığında yapılar elde edilmesi gerekirken TTB'lerde bu kalınlık 4 mm'ye kadar düşmektedir (Gries ve ark, 2015). Elde edilecek yapılarda beton kalınlığının düşmesi daha az beton kullanılmasına ve dolayısıyla daha az CO_2 salınmasına neden olmaktadır. Beton kullanımının azalması mali, CO_2 salınımın azalması ise ekolojik katkı sağlamaktadır. Böylece TTB'ler gerekli dayanımı sağlamak koşuluyla binalardaki yükün azaltılmasına sağladıkları katkı yanında çevreye de duyarlı ürün olduklarını ortaya koymaktadırlar. Bu yapıların eldesinde maliyette %50'lere, CO_2 salınımında ise %80'lere varan bir azalma meydana gelmektedir (Gries, 2009).

Oluşturulan TTB'lerin ham madde maliyeti kullanılan tekstil materyali ve beton karışımı tipine bağlı olmakla birlikte birçok sistemde yaygın olarak kullanılan tekstil materyallerinin maliyeti 4-10 $\$/m^2$, betonun maliyeti ise 500 $\$/m^3$ civarında olmaktadır. Ancak kullanılan TTB yapı elemanları çok ince oldukları için bu yapıların maliyeti 40-60 $\$/m^2$ arasında değişmektedir (Brameshuber, 2006).

Vestweber (2014), gerçekleştirdiği "Lifli hafif kompozit malzemelerin ve tekstil beton üretiminin ölçeklendirilmesi " adlı tez çalışmasında TTB'lerin üretim maliyetleri üzerinde çalışmalarda bulunmuştur ve TTB üretimindeki maliyet kalemlerini sıralamışlardır. Şekil 4.221'de TTB üretim maliyeti dağılımı gösterilmiştir. Şekil 4.221'de de görüldüğü gibi üretim maliyetinin yarısına yakınını işçilik maliyeti oluşturmaktadır. İşçilik maliyetinin %42,5'luk kısmını da kalıp temizleme işçiliği oluşturmaktadır.



Şekil 4.221. TTB üretim maliyet dağılımı (Vestweber, 2014)

4.4.2. Tez Kapsamında Üretilen Numunelerin Maliyet Hesabı

Çalışmanın bu bölümünde tez çalışması kapsamında farklı parametrelerde üretilen numunelerin üretim maliyetleri hesaplanmıştır. Daha sonrasında ise bu parametrelerde üretilmiş numunelerde elde edilmiş en büyük eğilme dayanımından yararlanılarak 1 MPa eğilmeye karşılık gelen üretim maliyeti hesaplanarak karşılaştırılmıştır.

TTB üretiminde standartlaşmış bir seri üretim olmayıp üretilecek olan ürüne göre farklı üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Tez kapsamında ise numune üretimi için bir düzenek kurulmuş olup maliyet hesaplamaları bu düzenek çerçevesinde ele alınmıştır.

Numune maliyetleri hesaplanırken her bir numune için beton maliyeti, tekstil maliyeti, epoksili ürünler için epoksi maliyeti, fikse işlemi uygulanan numuneler için fikse enerji maliyeti ve işçilik maliyetleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. İşçilik maliyetleri ise kendi içinde kalıp hazırlama, beton hazırlama, tekstil yüzeyi hazırlama, beton dökme ve kalıp temizliği olarak alt gruplara ayrılmıştır.

Hesaplamalarda tüm tüketim kalemleri için güncel (31.08.2020) fiyat bilgileri kullanılmış olup öncelikle 400x100x20 mm ebatındaki takviyesiz numune

için gerekli beton miktarı hesaplanmıştır. Sonrasında kullanılan beton reçetesinden yararlanarak takviyesiz numune için gerekli betonun maliyeti bulunmuştur. Takviyesiz numunenin maliyeti hesaplandıktan sonra her bir numune için üretildiği parametreye göre tekstil ham madde maliyeti hesaplanmıştır. 10x8 ve 10x40 tekstil yüzeyleri için gerekli ham madde miktarları ve maliyeti kullanılacak olan materyale göre hesaplanmıştır. Ham filament kullanımı durumuna göre kullanılan ham madde maliyetleri hesaplandıktan sonra bu materyallerin epoksili kullanımları durumunda gerekli olan epoksi kullanım ve fikse enerji maliyetleri hesaplanmıştır. Ham filamentlerin hibrit iplikli kullanımları durumunda gerekli olan PP filament miktarı ve maliyeti de kullanılacak tekstil yüzeyi türüne ve kullanılacak ham maddeye göre hesaplanmıştır. Hibrit iplik üretim maliyeti ise hibrit iplik üretiminin gerçekleştirildiği Kord Endüstriyel İp ve İplik Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den temin edilmiştir. Takviyeli beton numunelerde, takviyesiz numunelerden farklı olarak tekstil yüzeyleri numune içerisinde hacim kapladığı için her bir numune için tekstil yüzeyi hacmi hesaplanmış ve numune hacminden çıkartılarak net beton tüketimi ve dolayısıyla beton maliyeti hesaplanmıştır. Ham madde, enerji ve üretim maliyetleri hesaplandıktan sonra işçilik maliyetleri hesaplanmıştır. Bunun için kalıp hazırlama, beton hazırlama, tekstil yüzeyi hazırlama, beton dökme ve kalıp temizliği için gerekli çalışan sayısı ve çalışma süreleri hesaplanarak her bir işlem için işçilik maliyetleri hesaplanmıştır. En sonunda numune üretimi için gerekli olan tüm ham madde, üretim ve işçilik maliyetleri toplanarak 1 adet numune için toplam maliyet elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Beton numunelerin üretim maliyetleri (TL / numune)

Numune türü	Beton Maliyeti	Tekstil Maliyeti	Epoksi Maliyeti	Fikse Maliyeti	Hibrit İplik Üretimi	İşçilik Maliyeti							Toplam Maliyet
						Kalıp Hazırlama	Beton Hazırlama	Beton Dökme	Tekstil Yüzeyi Hazırlama			Kalıp Temizliği	
									Ham Filament	Epoksili Filament	Hibrit İplik		
Takviyesiz	0,534					0,384	0,769	0,384				3,074	5,145
AR-Glass (10x40)	0,530	0,986				0,384	0,769	0,384	2,305			3,074	8,431
AR-Glass (10x8)	0,532	0,591				0,384	0,769	0,384	1,537			3,074	7,271
AR-Glass +E1(10x40)	0,521	0,986	1,687	0,079		0,384	0,769	0,384		1,710		3,074	9,594
AR-Glass +E1(10x8)	0,526	0,591	1,082	0,079		0,384	0,769	0,384		1,280		3,074	8,169
AR-Glass +E2 (10x40)	0,522	0,986	1,530	0,118		0,384	0,769	0,384		1,710		3,074	9,476
AR-Glass +E2 (10x8)	0,527	0,591	0,929	0,118		0,384	0,769	0,384		1,280		3,074	8,056
AR-Glass +E3 (10x40)	0,522	0,986	1,499	0,118		0,384	0,769	0,384		1,710		3,074	9,446
AR-Glass +E3 (10x8)	0,528	0,591	0,780	0,118		0,384	0,769	0,384		1,280		3,074	7,908
AR-Glass +Hibrit (10x40)	0,519	1,311		0,079	0,680	0,384	0,769	0,384			1,920	3,074	9,119
AR-Glass +Hibrit (10x8)	0,525	0,786		0,079	0,410	0,384	0,769	0,384			1,537	3,074	7,948
Bazalt (10x40)	0,530	1,138				0,384	0,769	0,384	2,305			3,074	8,584
Bazalt (10x8)	0,532	0,683				0,384	0,769	0,384	1,537			3,074	7,363
Bazalt +E1 (10x40)	0,523	1,138	1,410	0,079		0,384	0,769	0,384		1,710		3,074	9,471
Bazalt +E1 (10x8)	0,528	0,683	0,760	0,079		0,384	0,769	0,384		1,280		3,074	7,940
Bazalt +E2 (10x40)	0,523	1,138	1,313	0,118		0,384	0,769	0,384		1,710		3,074	9,413
Bazalt +E2 (10x8)	0,528	0,683	0,729	0,118		0,384	0,769	0,384		1,280		3,074	7,949
Bazalt +E3 (10x40)	0,523	1,138	1,359	0,118		0,384	0,769	0,384		1,710		3,074	9,459
Bazalt +E3 (10x8)	0,528	0,683	0,667	0,118		0,384	0,769	0,384		1,280		3,074	7,887
Bazalt +Hibrit (10x40)	0,519	1,464		0,079	0,680	0,384	0,769	0,384			1,920	3,074	9,272
Bazalt +Hibrit (10x8)	0,525	0,878		0,079	0,410	0,384	0,769	0,384			1,537	3,074	8,040
Karbon(10x40)	0,530	2,685				0,384	0,769	0,384	2,305			3,074	10,131
Karbon(10x8)	0,532	1,611				0,384	0,769	0,384	1,537			3,074	8,291
Karbon +E1 (10x40)	0,523	2,685	1,366	0,079		0,384	0,769	0,384		1,710		3,074	10,974
Karbon +E1 (10x8)	0,528	1,611	0,732	0,079		0,384	0,769	0,384		1,280		3,074	8,840
Karbon +E2 (10x40)	0,523	2,685	1,310	0,118		0,384	0,769	0,384		1,710		3,074	10,957
Karbon +E2 (10x8)	0,528	1,611	0,728	0,118		0,384	0,769	0,384		1,280		3,074	8,876
Karbon +E3 (10x40)	0,523	2,685	1,336	0,118		0,384	0,769	0,384		1,710		3,074	10,984
Karbon +E3 (10x8)	0,528	1,611	0,728	0,118		0,384	0,769	0,384		1,280		3,074	8,876
Karbon +Hibrit (10x40)	0,522	2,902		0,079	0,680	0,384	0,769	0,384			1,920	3,074	10,714
Karbon +Hibrit (10x8)	0,527	1,741		0,079	0,410	0,384	0,769	0,384			1,537	3,074	8,905

Numune üretim maliyetleri hesaplandıktan sonra her bir numune için o numune üretim parametrelerinde gerçekleştirilmiş numunelerde elde edilmiş en büyük eğilme dayanımından yararlanılarak birim eğilme dayanımı için gerekli maliyet hesaplaması gerçekleştirilerek numuneler arası fiyat-performans kıyaslaması yapılmasına olanak tanınmıştır (Çizelge 4.4).

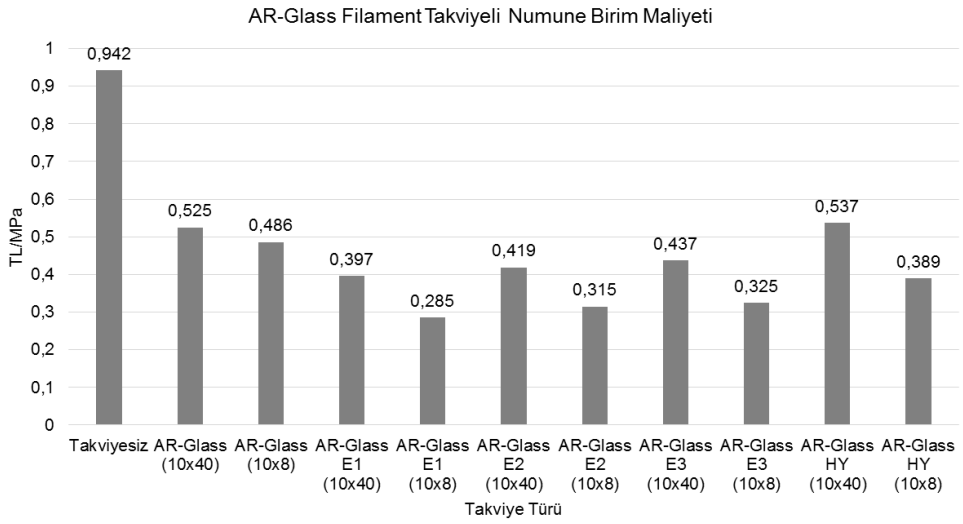
Çizelge 4.4. Beton numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri

Numune Türü	Toplam Maliyet (TL)	Eğilme Dayanımı (MPa)	TL/MPa
Takviyesiz	5,145	5,46	0,942
AR-Glass (10x40)	8,431	16,05	0,525
AR-Glass (10x8)	7,271	14,95	0,486
AR-Glass +E1(10x40)	9,594	24,19	0,397
AR-Glass +E1(10x8)	8,169	28,63	0,285
AR-Glass +E2 (10x40)	9,476	22,64	0,419
AR-Glass +E2 (10x8)	8,056	25,61	0,315
AR-Glass +E3 (10x40)	9,446	21,6	0,437
AR-Glass +E3 (10x8)	7,908	24,31	0,325
AR-Glass +Hibrit (10x40)	9,119	16,98	0,537
AR-Glass +Hibrit (10x8)	7,948	20,44	0,389
Bazalt (10x40)	8,584	12,14	0,707
Bazalt (10x8)	7,363	14,18	0,519
Bazalt +E1 (10x40)	9,471	21,38	0,443
Bazalt +E1 (10x8)	7,940	27,15	0,292
Bazalt +E2 (10x40)	9,413	17,38	0,542
Bazalt +E2 (10x8)	7,949	23,48	0,339
Bazalt +E3 (10x40)	9,459	20,22	0,468
Bazalt +E3 (10x8)	7,887	21,77	0,362
Bazalt +Hibrit (10x40)	9,272	13,81	0,671
Bazalt +Hibrit (10x8)	8,040	14,49	0,555
Karbon(10x40)	10,131	21,51	0,471
Karbon(10x8)	8,291	17,68	0,469
Karbon +E1 (10x40)	10,974	39,34	0,279
Karbon +E1 (10x8)	8,840	53,83	0,164
Karbon +E2 (10x40)	10,957	53,54	0,205
Karbon +E2 (10x8)	8,876	50,9	0,174
Karbon +E3 (10x40)	10,984	54,8	0,200
Karbon +E3 (10x8)	8,876	52,48	0,169
Karbon +Hibrit (10x40)	10,714	23,7	0,452
Karbon +Hibrit (10x8)	8,905	23,1	0,386

4.4.3. AR-Glass Filament Takviyeli Beton Numunelerin Maliyet-Performans Analizi

Şekil 4.222'de AR-Glass takviyeli üretilmiş beton numunelerin birim eğilme dayanımına karşılık gelen üretim maliyetleri verilmiştir. Şekil 4.222 incelendiğinde AR-Glass takviyeli tüm numunelerin bir maliyet avantajı sağladığı görülmüştür. AR-Glass takviyeli ürünler içerisinde en düşük maliyetli numuneler

E1 epoksi takviyeli 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler olurken (0,285 TL/MPa), en yüksek maliyetli numuneler ise hibrit iplikli 10x40 tekstil yüzeylerinin kullanıldığı numuneler olmuştur (0,537 TL/MPa). 10x40 tekstil yüzeyi kullanılarak oluşturulmuş numunelerin üretim maliyetleri 10x8 tekstil yüzeyi kullanılarak oluşturulmuş numunelerin üretim maliyetlerinden hep yüksek çıkmıştır. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde maliyet sıralaması en yüksekten en aza doğru hibrit iplikli, ham filament, E3 epoksili, E2 epoksili ve E1 epoksili filament olarak sıralanmıştır. 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde maliyet sıralaması en yüksekten en aza doğru ham filament, hibrit iplikli, E3 epoksili, E2 epoksili ve E1 epoksili filament olarak sıralanmıştır.

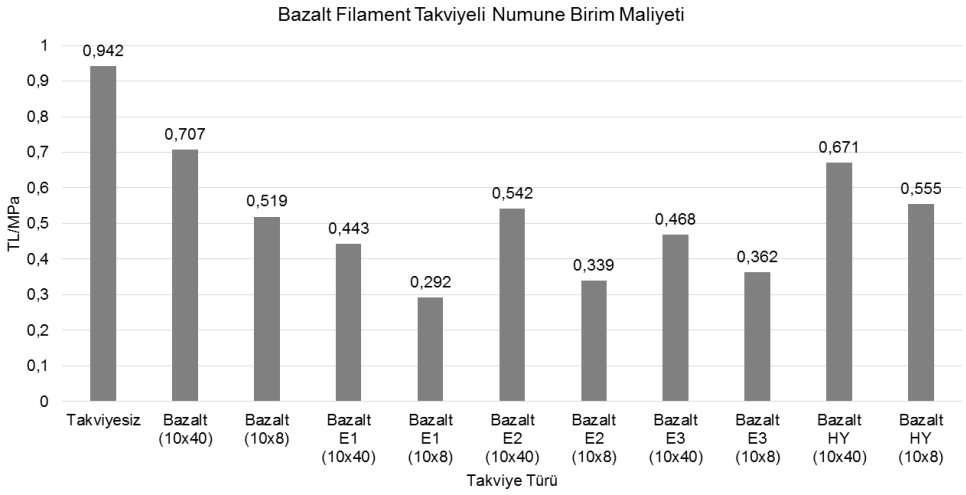


Şekil 4.222. AR-Glass filament takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri

4.4.4. Bazalt Filament Takviyeli Beton Numunelerin Maliyet-Performans Analizi

Şekil 4.223'de bazalt takviyeli üretilmiş beton numunelerin birim eğilme dayanımına karşılık gelen üretim maliyetleri verilmiştir. Şekil 4.223 incelendiğinde

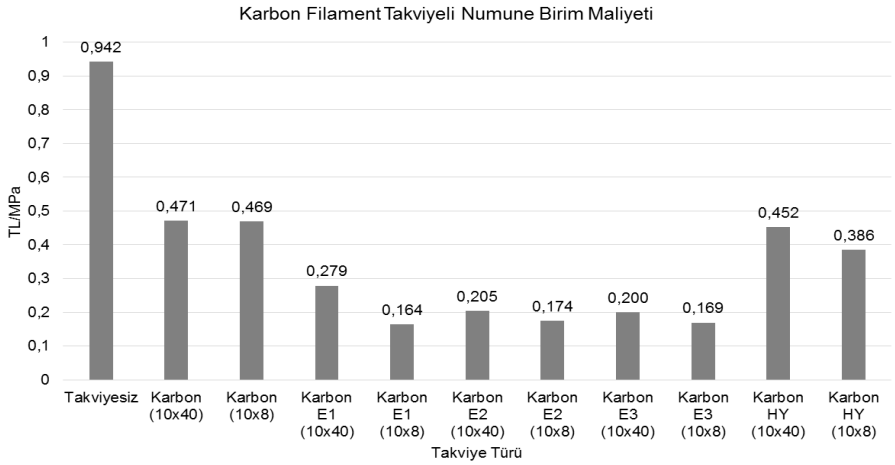
bazalt takviyeli tüm numunelerin bir maliyet avantajı sağladığı görülmüştür. Bazalt takviyeli ürünler içerisinde en düşük maliyetli numuneler E1 epoksi takviyeli 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler olurken (0,292 TL/MPa), en yüksek maliyetli numuneler ise ham filamentli 10x40 tekstil yüzeylerinin kullanıldığı numuneler olmuştur (0,707 TL/MPa). 10x40 tekstil yüzeyi kullanılarak oluşturulmuş numunelerin üretim maliyetleri 10x8 tekstil yüzeyi kullanılarak oluşturulmuş numunelerin üretim maliyetlerinden hep yüksek çıkmıştır. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde maliyet sıralaması en yüksekten en aza doğru ham filament, hibrit iplikli, E2 epoksili, E3 epoksili ve E1 epoksili filament olarak sıralanmıştır. 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde maliyet sıralaması en yüksekten en aza doğru hibrit iplikli, ham filament, E3 epoksili, E2 epoksili ve E1 epoksili filament olarak sıralanmıştır.



Şekil 4.223. Bazalt filament takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri

4.4.5. Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Maliyet-Performans Analizi

Şekil 4.224'de karbon takviyeli üretilmiş beton numunelerin birim eğilme dayanımına karşılık gelen üretim maliyetleri verilmiştir. Şekil 4.224 incelendiğinde karbon takviyeli tüm numunelerin bir maliyet avantajı sağladığı görülmüştür. Karbon takviyeli ürünler içerisinde en düşük maliyetli numuneler E1 epoksi takviyeli 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numuneler olurken (0,164 TL/MPa), en yüksek maliyetli numuneler ise ham filamentli 10x40 tekstil yüzeylerinin kullanıldığı numuneler olmuştur (0,471 TL/MPa). 10x40 tekstil yüzeyi kullanılarak oluşturulmuş numunelerin üretim maliyetleri 10x8 tekstil yüzeyi kullanılarak oluşturulmuş numunelerin üretim maliyetlerinden hep yüksek çıkmıştır. 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde maliyet sıralaması en yüksekten en aza doğru ham filament, hibrit iplikli, E1 epoksili, E2 epoksili ve E3 epoksili filament olarak sıralanmıştır. 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelerde maliyet sıralaması en yüksekten en aza doğru ham filament, hibrit iplikli, E2 epoksili, E3 epoksili ve E1 epoksili filament olarak sıralanmıştır.

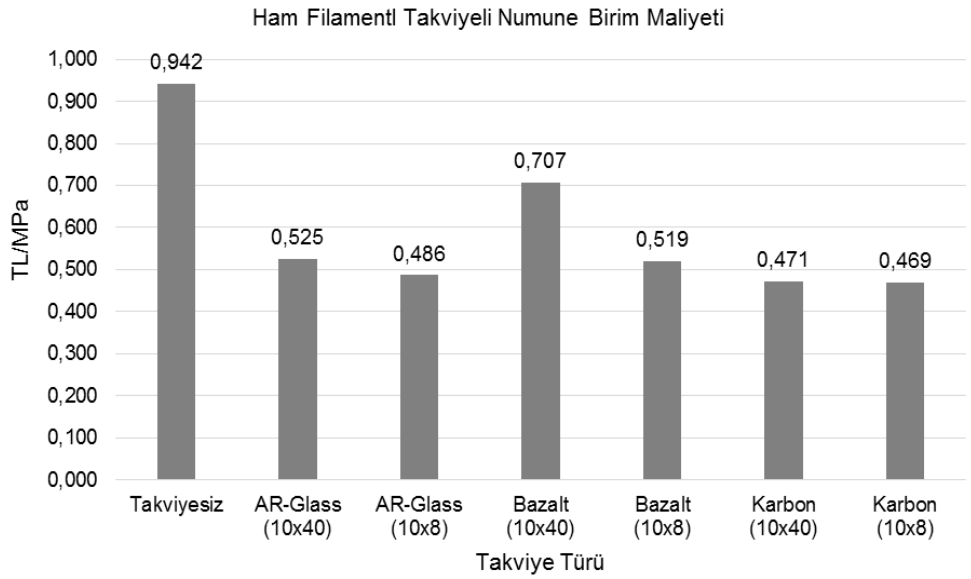


Şekil 4.224. Karbon filament takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri

4.4.6. AR-Glass, Bazalt ve Karbon Filament Takviyeli Beton Numunelerin Maliyet-Performans Analizi

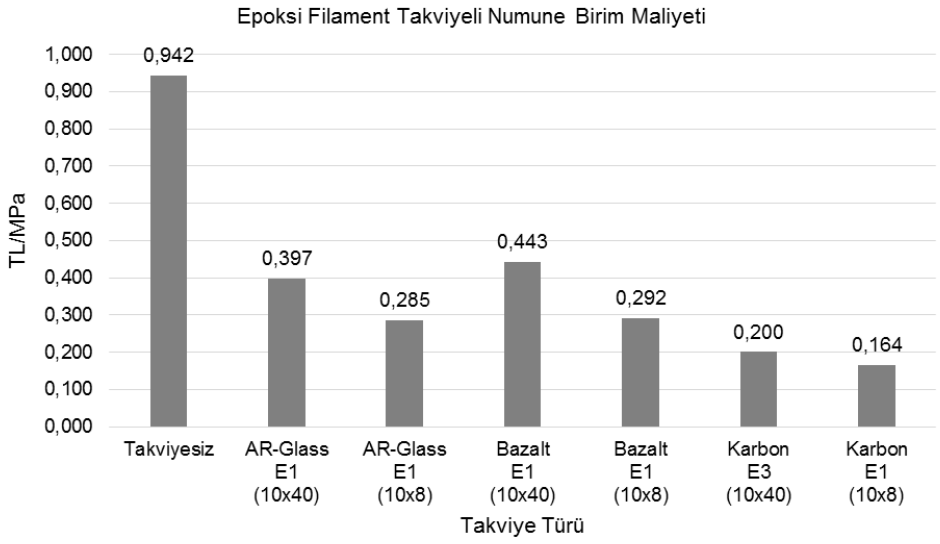
Bu bölümde takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımına karşılık gelen maliyetleri ham filament, epoksili filamentler ve hibrit iplikli kullanımları olarak üç grup halinde incelenecektir. Epoksili numnelerde en düşük maliyeti sağlayan numuneler esas alınmıştır.

Şekil 4.225'de ham filament takviyeli üretilmiş beton numunelerin birim eğilme dayanımına karşılık gelen üretim maliyetleri verilmiştir. Şekil 4.225 incelendiğinde takviyeli tüm numunelerin maliyet avantajı sağladığı görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyi kullanılarak oluşturulmuş numunelerin üretim maliyetleri 10x8 tekstil yüzeyi kullanılarak oluşturulmuş numunelerin üretim maliyetlerinden hep yüksek çıkmıştır. Her iki tekstil yüzeyi kullanımında da en yüksek maliyet bazalt filament takviyeli numunelerde meydana gelirken, en düşük maliyet ise karbon filament takviyeli numunelerde meydana gelmiştir.



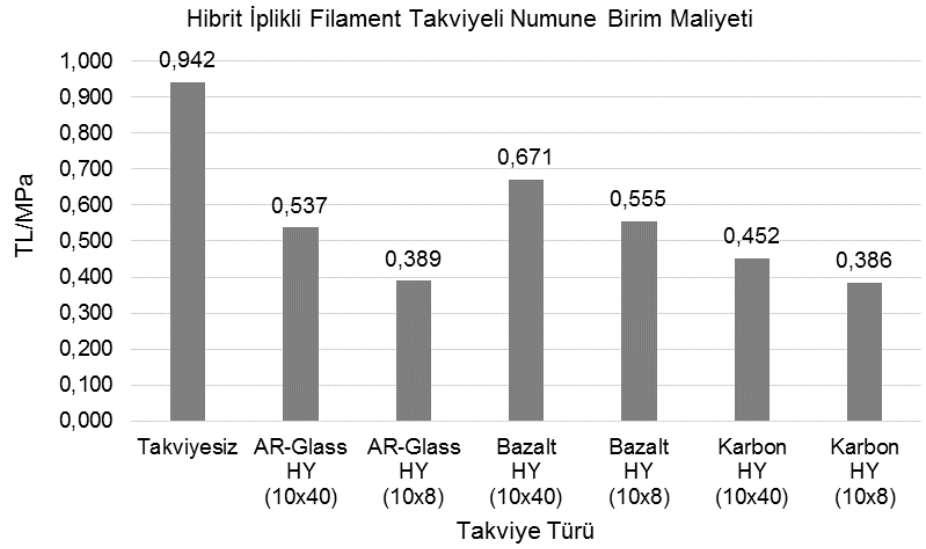
Şekil 4.225. Ham filament takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri

Şekil 4.226'da epoksi filament takviyeli üretilmiş beton numunelerin birim eğilme dayanımına karşılık gelen üretim maliyetleri verilmiştir. Şekil 4.226 incelendiğinde takviyeli tüm numunelerin maliyet avantajı sağladığı görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyi kullanılarak oluşturulmuş numunelerin üretim maliyetleri 10x8 tekstil yüzeyi kullanılarak oluşturulmuş numunelerin üretim maliyetlerinden hep yüksek çıkmıştır. Her iki tekstil yüzeyi kullanımında da en yüksek maliyet bazalt filament takviyeli numunelerde meydana gelirken, en düşük maliyet ise karbon filament takviyeli numunelerde meydana gelmiştir. Karbon filament ham madde maliyeti diğer filament gruplarına göre daha yüksek olmasına rağmen, epoksi takviyeli kullanımında sağladığı yüksek eğilme dayanımı nedeniyle önemli bir maliyet avantajı sağlamaktadır.



Şekil 4.226. Epoksi filament takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri

Şekil 4.227'de hibrit iplik takviyeli üretilmiş beton numunelerin birim eğilme dayanımına karşılık gelen üretim maliyetleri verilmiştir. Şekil 4.227 incelendiğinde takviyeli tüm numunelerin maliyet avantajı sağladığı görülmüştür. 10x40 tekstil yüzeyi kullanılarak oluşturulmuş numunelerin üretim maliyetleri 10x8 tekstil yüzeyi kullanılarak oluşturulmuş numunelerin üretim maliyetlerinden hep yüksek çıkmıştır. Her iki tekstil yüzeyi kullanımında da en yüksek maliyet bazalt filament takviyeli numunelerde meydana gelirken, en düşük maliyet ise karbon filament takviyeli numunelerde meydana gelmiştir.



Şekil 4.227. Hibrit iplikli filament takviyeli numunelerin birim eğilme dayanımı maliyetleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında son dönemlerde inşaat sektöründe kullanımı giderek artan TTB'lerin farklı üretim parametrelerinde elde edilen ürünlerin dayanımları, yük altında gösterdiği davranışlar, enerji tutma kapasiteleri incelenmiş son olarak da üretim parametrelerinin üretim maliyetleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Tez çalışması, kapsam itibariyle hazırlanan beton harca uygulanan basınç dayanımı testi sonuçları açısından, hazırlanan beton numunelere uygulanan eğilme dayanımı testi sonuçları açısından, eğilme deneyi sırasında elde edilen yük-deplasman eğrileri açısından, numunelerin özgül kırılma enerjileri sonuçları açısından, deney sonunda numunelerin kırık görünümü değerlendirilmesi açısından ve üretilen numunelerin üretim maliyetleri açısından çeşitli sonuçlar içermektedir. Sıradaki bölümde çalışma sonuçları genel olarak değerlendirilmiş ve sonraki çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

5.1. Sonuç ve Değerlendirme

5.1.1. Basınç Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında kullanılan beton numuneleri üretebilmek için hazırlanan beton harca basınç deneyi uygulanmıştır. Deney sonucunda "TS EN 206: 2013+A1: Beton- Özellik, performans, imalat ve uygunluk" standardına göre C30 ve C35 sınıfında beton elde edilmiştir. 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde ise tüm yapılarda en az C25 beton sınıfının kullanılması zorunlu hâle gelmiştir. Çalışmada kullanılan betonun dayanım sınıfı istenen değerden daha iyi olup kullanılan beton harç reçetesinin uygun olduğu ve belirlenen hedefler için yeterli olduğu görülmektedir.

5.1.2. Eğilme Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

5.1.2.1. Eğilme Deneyi Dayanım Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında hazırlanan beton numunelere uygulanan eğilme dayanımı sonuçları açısından elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Herbir takviye bileşeni eğilme dayanımına katkı sağlamış ve çoğu teknik şartnamede sınır değer olan 5 MPa'ın çok üzerinde değerler vermiştir.
- Ham, E1, E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli filament kullanılan numunelerde, takviye bileşeninin yerleştirildiği tüm mesafelerde en iyi eğilme dayanımı karbon filament takviyeli ürünler verirken, en az eğilme dayanımını ise bazalt filament takviyeli ürünler vermiştir (10 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 epoksili filament takviyeli numuneler hariç). Kullanılan filamentler içerisinde çekme dayanımına en büyük olan karbon filamentler en büyük eğilme dayanımı değerlerini vermiştir. AR-Glass filamentler bazalt filamente göre daha düşük çekme dayanımına sahip olmasına rağmen, filamentin beton matris ve epoksi reçine ile uyumu nedeniyle bu filamentten üretilen numunelerin daha yüksek eğilme dayanımı değerleri verdiği düşünülmektedir.
- AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanımında her bir filament için en iyi dayanım Lv ve ark (2012)'nın çalışmasında belirtildiği gibi epoksi takviyeli numunelerde elde edilirken en düşük dayanım ham filament kullanılan numunelerde elde edilmiştir. Epoksi takviyeli numuneler ham filament takviyeli numunelere göre ortalama; AR-Glass filamentte %42-75, bazalt filamentte %60-70 ve karbon filamentte %120-190 artış sağlarken, hibrit iplik takviyeli numuneler ise ham filament takviyeli numunelere göre ortalama; AR-Glass filamentte %6-37, bazalt filamentte %2-14 ve karbon filamentte %10-30 artış sağlamıştır.

- En büyük eğilme dayanımı, en düşük liner yoğunluğa sahip olmasına rağmen yüksek çekme dayanımına sahip olan karbon filamentin E3 epoksi takviyeli 10x40 tekstil yüzeyinin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde elde edilmiştir (54,8 MPa).
- AR-Glass filament takviyeli numunelerde en büyük eğilme dayanımı E1 epoksili 10x8 tekstil yüzeyinin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde elde edilmiştir (28,63 MPa). Tüm mesafeler için E1 epoksili numuneler en iyi eğilme dayanımı değerini vermiştir. Epoksili numune üretimi için E1 epoksili numune üretim şartlarının AR-Glass filament için uygun olduğu düşünülmektedir.
- Bazalt filament takviyeli numunelerde en büyük eğilme dayanımı E1 epoksili 10x8 tekstil yüzeyinin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde elde edilmiştir (27,15 MPa).
- Ham, E1, E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş numunelerde takviye bileşeni eğilme yüzeyine (tabana) yaklaştıkça elde edilen eğilme dayanımı artmaktadır. Takviye tekstil yüzeyleri eğilme yüzeyine yaklaştıkça eğilme esnasında etki eden kuvvetlerle daha erken karşılaşıp ortaya çıkan gerilimleri karşılamakta ve eğilme dayanıma daha büyük katkı sağladığı düşünülmektedir.
- Ham AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş numunelerde 10x40 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler, 10x8 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelere göre daha yüksek eğilme dayanımı vermiştir (Bazalt filamentli 3 mm'ye ve karbon filamentli 5 mm'ye yerleştirilen numuneler hariç). Takviye için kullanılan 10x40 tekstil yüzeyleri 10x8 tekstil yüzeylerine göre daha fazla temas yüzeyi oluşturmaktadır. Bu yapılarda kullanılan ham filamentler multifilament yapıda olduklarından beton içerinde daha iyi konumlanmakta ve her bir

filament dayanıma katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, ham filament takviyesinde 10x40 tekstil yüzeylerin 10x8 tekstil yüzeylerine göre daha iyi eğilme dayanımı gösterdiği düşünülmektedir.

- E1, E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş numuneler, ham filament kullanılarak oluşturulmuş numunelere göre hep daha yüksek eğilme dayanımı değeri vermiştir. Epoksi kullanımı, fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle takviye amacıyla kullanılan tekstil yüzeylerin eğilme dayanımına olan katkısını kayda değer oranlarda artırmıştır.
- E1, E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş numunelerde 10x8 tekstil yüzeyi türünün kullanıldığı numuneler, 10x40 tekstil yüzeyinin kullanıldığı numunelere göre genellikle daha yüksek eğilme dayanımı vermiştir (10 mm mesafeye yerleştirilmiş hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli, 10 mm mesafeye yerleştirilmiş E1 epoksili ve 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 epoksili bazalt filament takviyeli, 3 mm mesafeye yerleştirilmiş E2 epoksili, 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirilmiş E3 epoksili karbon filament takviyeli numuneler hariç). Epoksi ile kaplanmış ham filamentler daha fazla yüzey alanına sahip olmaktadır. Epoksi kaplı filamentlerden elde edilmiş 10x40 tekstil yüzeyleri, numune içerisinde beton bağlantısını azaltabilmekte bunun da eğilme dayanımında düşüşlere neden olduğu düşünülmektedir.
- Eğilme dayanımının en yüksek olduğu hibrit iplik takviyeli numunelerde ham filament kullanımına göre AR-Glass filament kullanımında %36,7, bazalt filament kullanımında %13,7, karbon filament kullanımında %30,7 dayanım artışı sağlanmıştır.

5.1.2.2. Yük-Deplasman Grafiklerinin Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında hazırlanan beton numunelere uygulanan eğilme deneyi sırasında elde edilen yük-deplasman eğrileri açısından elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Yük-deplasman eğrilerinde Durum I'de tüm numuneler takviyesiz numune gibi benzer (elastik) bir davranış göstermiştir.
- Ajdukiewicz ve ark (2012)'nın çalışmasında belirtildiği gibi beton numuneler ilk çatlak oluşumuna kadar elastik davranış göstermişler, sonrasında ise azalan bir eğim ile davranışlarını sürdürmüşlerdir.
- Ham, E1, E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş numunelerde takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça Durum II bölgesinde eğim daha büyük çıkmaktadır.
- Ham, E1, E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş numunelerde, Durum II bölgesinde eğimin eşit olduğu durumlarda, takviye bileşenin eğilme yüzeyine daha yakın yerleştirildiği numuneler daha büyük yük dayanımı ve deplasman değeri vermektedir.
- AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş numunelerde epoksili filament takviyeli numuneler hibrit iplik ve ham filament takviyeli numunelere göre Durum II bölgesinde genelde daha büyük eğim vermiştir. Eğimin eşit olduğu durumda epoksili filament takviyeli numuneler daha büyük yük dayanımı ve deplasman değeri vermektedir.
- AR-Glass, bazalt ve karbon filament kullanılarak oluşturulmuş numunelerde Durum II bölgesinde karbon filament takviyeli numuneler hep en büyük eğimi vermiştir.

- Bazalt takviyeli numunelerde, ham filament kullanılan numuneler hibrit iplikli ve epoksili numunelere göre belirgin bir şekilde düşük deplasman değeri vermektedir. Ham bazalt filamentlerin beton içerisinde yeterli dayanım göstermediği düşünülmektedir.
- Karbon filament takviyeli numunelerde, epoksili filament takviyeli numuneler Durum II bölgesinde en büyük eğimi verirken, ham ve hibrit iplikli filament numuneler benzer eğimi vermiştir. Hibrit iplikli filament takviyeli numuneler ham filament takviyeli numunelere göe daha büyük yük ve deplasman değeri vermiştir.
- Ham filament takviyeli numunelerde AR-Glass filament takviyeli numuneler en büyük deplasman değerini verirken, bazalt filament takviyeli numuneler en küçük deplasman değerini vermektedir.
- E1 epoksili filament takviyeli numunelerde AR-Glass filament takviyeli numuneler en büyük deplasman değerini verirken, karbon filament takviyeli numuneler en küçük deplasman değerini vermektedir.
- E2 ve E3 epoksili filament takviyeli numunelerde AR-Glass filament takviyeli numuneler en büyük deplasman değerini verirken; 10x40 tekstil yüzeylerinin kullanıldığı numunelerde karbon filament takviyeli numuneler, 10x8 tekstil yüzeylerinin kullanıldığı numunelerde bazalt filament takviyeli numuneler en küçük deplasman değerini vermektedir.
- Hibrit filament takviyeli numunelerde tüm numuneler birbirine yakın deplasman değeri vermiştir.

5.1.2.3. Özgül Kırılma Enerjisi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında hazırlanan beton numunelere uygulanan eğilme deneyi sırasında elde edilen yük-deplasman eğrilerinden hesaplanan özgül kırılma enerjileri sonuçları açısından elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Ham, E1, E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli filament takviyeli numunelerde tüm filament bileşenleri ve tekstil yüzeyleri için özgül kırılma enerjisi, takviye bileşeni eğilme yüzeyine yaklaştıkça çoğunlukla daha yüksek çıkmaktadır (E1/E3 epoksili AR-Glass fialment takviyeli 10x40 tekstil yüzeyli, hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli 10x8 tekstil yüzeyli, E2 epoksili bazalt ve karbon filament takviyeli 10x40 tekstil yüzeyli numuneler hariç).
- E1, E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli filament takviyeli numunelerde tüm filament bileşenleri için özgül kırılma enerjisi, ham filamentli numunelerin özgül enerjilerinden daha yüksek çıkmıştır (AR-Glass filament takviyeli 10x40 tekstil yüzeyli numuneler hariç) .
- Ham filament takviyeli numunelerde tüm filament türleri için takviye bileşenin yerleştirildiği tüm mesafelerde 10x40 tekstil yüzeyli numuneler 10x8 tekstil yüzeyli numunelere göre daha büyük özgül kırılma enerji değeri vermiştir (Karbon filament takviyeli bileşenin 10 mm mesafeye yerleştirildiği numuneler hariç).
- En büyük özgül kırılma enerji değeri E2 epoksili karbon filament takviyeli 10x8 tekstil yüzeyinin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde elde edilmiştir (14167,12 J/m^2).
- AR-Glass filament takviyeli numunelerde en büyük özgül kırılma enerji değeri E2 epoksili 10x8 tekstil yüzeyinin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde elde edilmiştir (14048,72 J/m^2).
- Bazalt filament takviyeli numunelerde en büyük özgül kırılma enerji değeri E3 epoksili 10x40 tekstil yüzeyinin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde elde edilmiştir (8601,57 J/m^2).
- Ham filament takviyeli numunelerde tüm mesafelerde 10x40 ve 10x8 tekstil yüzeyli numuneler için AR-Glass filamentli numuneler en büyük,

bazalt filamentli numuneler en küçük özgül kırılma enerji değerini vermiştir.

- E1, E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli 10x8 tekstil yüzeyli numuneler, 10x40 tekstil yüzeyli numuneler göre genelde daha büyük özgül kırılma enerji değeri vermiştir.
- Hibrit iplikli AR-Glass filament takviyeli numunelerde 10x40 tekstil yüzeyi kullanıldığında, ham AR-Glass filament takviyeli numunelere göre daha düşük özgül kırılma enerjisi değeri elde edilmiştir. Eritilmiş tekstil yüzeyi beton matrisin hareketini sağlayacak gözenekleri daraltarak bu sonuca neden olduğu düşünülmektedir.
- AR-Glass filament takviyeli numunelerde 10x40 tekstil yüzeyi 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde E3 epoksili, 10 mm mesafeye yerleştirildiğinde E1 epoksili numuneler en büyük özgül kırılma enerjisini verirken, tüm mesafeler için en düşük özgül kırılma enerjisini hibrit iplikli numuneler vermiştir.
- AR-Glass filament takviyeli numunelerde 10x8 tekstil yüzeyi 3 mm mesafeye yerleştirildiğinde E2 epoksili, 5 mm ve 10 mm mesafeye yerleştirildiğinde E3 epoksili numuneler en büyük özgül kırılma enerjisini verirken, tüm mesafeler için en düşük özgül kırılma enerjisini ham AR-Glass filamentli numuneler vermiştir.
- E1, E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli bazalt filament takviyeli 10x40 tekstil yüzeyli numuneler, 10x8 tekstil yüzeyli numuneler göre genelde daha büyük özgül kırılma enerji değeri vermiştir.
- Bazalt filament takviyeli numunelerde 10x40 tekstil yüzeyinin yerleştirildiği numuneler tüm mesafelerde E3 epoksili numuneler en büyük özgül kırılma enerjisini verirken, tüm mesafeler için en düşük özgül kırılma enerjisini ham bazalt filament takviyeli numuneler vermiştir.

- Bazalt filament takviyeli numunelerde 10x8 tekstil yüzeyi 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde E1 epoksili, 10 mm mesafeye yerleştirildiğinde hibrit iplikli numuneler en büyük özgül kırılma enerjisini verirken, tüm mesafeler için en düşük özgül kırılma enerjisini ham bazalt filamentli numuneler vermiştir.
- E1, E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli karbon filament takviyeli 10x8 tekstil yüzeyli numuneler, 10x40 tekstil yüzeyli numuneler göre genelde daha büyük özgül kırılma enerji değeri vermiştir.
- Karbon filament takviyeli numunelerde 10x40 tekstil yüzeyi 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde E3 epoksili, 10 mm mesafeye yerleştirildiğinde E2 epoksili numuneler en büyük özgül kırılma enerjisini verirken, tüm mesafeler için en düşük özgül kırılma enerjisini ham karbon filamentli numuneler vermiştir.
- Karbon filament takviyeli numunelerde 10x8 tekstil yüzeyi 3 mm ve 5 mm mesafeye yerleştirildiğinde E2 epoksili, 10 mm mesafeye yerleştirildiğinde E3 epoksili numuneler en büyük özgül kırılma enerjisini verirken, tüm mesafeler için en düşük özgül kırılma enerjisini ham karbon filamentli numuneler vermiştir.
- Özgül kırılma enerjisinin en büyük olduğu E1, E2, E3 epoksili ve hibrit iplikli filament takviyeli bileşeninin 3 mm mesafeye yerleştirildiği numunelerde karbon filamentli numuneler en büyük, bazalt filamentli numuneler en küçük özgül kırılma enerjisi değerini vermiştir (E1 epoksili filament takviyeli 10x40 tekstil yüzeyli numuneler ve hibrit iplikli filament takviyeli 10x8 tekstil yüzeyli numuneler hariç).

5.1.2.4. Numune Kırık Görüntülerinin Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında hazırlanan beton numunelere uygulanan eğilme deneyi sonrasında numunelerin kırık görünümü değerlendirilmesi açısından elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Numune kırık görüntüleri incelendiğinde tekstil yüzeyi ile beton arasındaki bağlantının en iyi bazalt filament takviyeli numunelerde, en zayıf ise karbon filament takviyeli numunelerde olduğu görülmüştür.
- Tüm filament bileşenleri için 10x80 tekstil yüzeyli numunelerin 10x40 tekstil yüzeyli numunelere göre daha iyi takviye bileşeni-beton bağlantısı sağladığı görülmüştür. Bu da 10x8 tekstil yüzeylerindeki açıklığın 10x40 tekstil yüzeylerine gör daha fazla olması, bunun da betonun daha fazla bağlantı kurmaya imkan bulmasına neden olduğu düşünülmektedir.
- Tüm filament bileşenleri için ham filament takviyeli yüzeylerin kullanıldığı numunelerin, epoksili ve hibrit iplikli filament takviyeli kullanılan numunelere göre daha iyi tekstil yüzeyi-beton bağlantı düzeyi verdiği görülmüştür (E2 epoksili bazalt filament takviyeli numuneler hariç).
- Tekstil yüzeyi ile beton arasındaki en iyi bağlantı düzeyi E2 epoksili bazalt filament takviyeli numunelerde elde edilmiştir.
- Ham filament takviyeli numunelerde en iyi tekstil yüzeyi-beton bağlantısı AR-Glass filamentli numunelerde, en zayıf tekstil yüzeyi-beton bağlantısı karbon filamentli numunelerde elde edilmiştir.
- Epoksili filament takviyeli numunelerde tüm filament bileşenleri için en iyi tekstil yüzeyi-beton bağlantısı E2 epoksili numunelerde elde edilmiştir.
- Hibrit iplikli filament takviyeli numunelerde en iyi tekstil yüzeyi-beton bağlantısı AR-Glass filamentli numunelerde, en zayıf tekstil yüzeyi-beton bağlantısı karbon filamentli numunelerde elde edilmiştir.

5.1.3. Maliyet-Performans Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında hazırlanan numunelerin üretim maliyetleri açısından elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Vestweber (2014)'in çalışmasında olduğu gibi TTB üretiminde maliyete en fazla etki eden işçilik maliyetidir (% 60-70).
- Vestweber (2014)'in çalışmasında olduğu gibi işçilik maliyeti içerisinde en büyük payı kalıp temizleme işçiliği oluşturmaktadır (% 45-55).
- Birim eğilme dayanımı için üretim maliyeti 10x40 tekstil yüzeyli numunelerde hep yüksek çıkmıştır.
- Ham, epoksili ve hibrit iplikli numunelerde birim eğilme dayanımı için en yüksek maliyeti bazalt filamentli numuneler, en düşük maliyeti ise karbon filamentli numuneler vermiştir.
- Tüm filament grupları için birim eğilme dayanımı için en düşük maliyeti E1 epoksili numuneler vermiştir.
- Birim eğilme dayanımı için en yüksek maliyeti bazalt ve karbon filament grupları için ham filamentli 10x40 tekstil yüzetli numuneler, AR-Glass filamentli numuneler için hibrit iplikli filament takviyeli 10x40 tekstil yüzeyli numuneler vermiştir.
- Birim eğilme dayanımı için en düşük maliyet E1 epoksili karbon filament takviyeli 10x8 tekstil yüzeylerinin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir (0,164 TL/MPa).
- AR-Glass filament takviyeli numunelerde birim eğilme dayanımı için en düşük maliyet E1 epoksili filament takviyeli 10x8 tekstil yüzeylerinin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir (0,285 TL/MPa).

- Bazalt filament takviyeli numunelerde birim eğilme dayanımı için en düşük maliyet E1 epoksili filament takviyeli 10x8 tekstil yüzeylerinin kullanıldığı numunelerde elde edilmiştir (0,292 TL/MPa).
- Hibrit iplik filament takviyesi kullanılarak AR-Glass filament kullanımında %9, bazalt filament kullanımında %8 ve karbon filament kullanımında %7 maliyet artışı olmasına rağmen eğilme dayanımında sırasıyla %37, %14 ve %31'lik artışlar elde edilmiştir.

5.2. Sonraki Çalışmalar İçin Öneriler

Doktora tez çalışmasından elde edilen veriler ışığında, bundan sonraki yürütülebilecek çalışmalar için öneriler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Numune ebatları değiştirilerek çalışmalar tekrarlanabilir,
- Kullanılan tekstil yüzeyi sıklıkları değiştirilebilir,
- İki veya daha fazla katta tekstil yüzeyi kullanılabilir,
- Hibrit tekstil yüzeyleri oluşturulabilir,
- Numunelerde kullanılan tekstil yüzeyleri farklı oranlarda germeli olarak kullanılabilir,
- Hibrit iplik üretim parametrelerini değiştirilebilir,
- Farklı hibrit iplik üretim metotları denenebilir,
- AR-Glass, bazalt veya karbon filament kullanılarak epoksi takviyeli çubuklar üretip etkinliği incelenebilir,
- AR-Glass, bazalt veya karbon filamentten yüzey eldesini sağlayacak numune yüzey oluşturma düzeneği tasarlanabilir,
- Epoksi kaplama prosesi için laboratuvar tipi kaplama düzeneği tasarlanabilir,
- Kısa lif takviyeli numune üretimi gerçekleştirilebilir,

- Beton-takviye bileşeni bağlantısını artırmak için takviye bileşen yüzeyi modifiyesi için farklı yöntemler geliştirilebilir,
- Farklı ürün grupları için değişik ebatlarda numuneler üretilip sonuçları karşılaştırılabilir,
- Çelik takviyeli betonların kullanıldığı alanlar için ürün tasarımı yapılabilir,
- Sandviç panel için numune üretimi gerçekleştirilebilir,
- Beton mobilya üretimi gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

Ajdukiewicz, A., Kotala, B.,Węglorz, M., 2012. Concept and Practical Applications of Textile Reinforced Concrete (J. Jasieńko editör), Structural Analysis of Historical Constructions, DWE, Wroclaw, Poland, ISSN 0860-2395H ISBN 978-83-7125-216-7.

Alagirusamy, R., Ogale, V., 2004. Commingled and Air Jet-textured Hybrid Yarns for Thermoplastic Composites. Journal of Industrial Textiles, Vol. 33, No. 4, 223-243.

Alagirusamy, R., Fangueiro, R., Ogale, V., Padaki, N. 2006. Hybrid Yarns and Textile Preforming for Thermoplastic Composites. Textile Progress, 38:4, 1-71.

Araz, N.G., Aksoy, A., İskender, E., Sayın, A., 2018. Beton Üretiminde Bazalt Fiber Kullanımının Değerlendirilmesi. 9. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 1-3 Kasım 2018, s: 298-309.

Arslan, M.E., 2017. Bazalt liflerin geleneksel betonların mekanik özelikleri ve kırılma enerjilerine etkilerinin incelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23(3), 203-208.

Augenti, N., Nanni, A., Parisi, F., 2013. Construction Failures and Innovative Retrofitting. Buildings 201, 3, 100-121.

Ayrancı, C., Carey, J., 2008. 2D braided composites: A review for stiffness critical applications. Composite Structures, 85: p.43–58.

Bagherzadeh, R., Sadeghi, A.H., Latifi, M., 2011. Utilizing polypropylene fibers to improve physical and mechanical properties of concrete. Textile Research Journal, 82(1): 88-96.

Bahrar, M., Djamai, Z.I., Mankibi, M.E., Larbi, A.S., Salvia, M., 2018. Numerical and experimental study on the use of microencapsulated phase change materials (PCMs) in textile reinforced concrete panels for energy storage. Sustainable Cities and Society. 41: 455–468.

Baradan, B., Yazıcı, H., Aydın, S., 2012. Beton. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:334, İzmir.

BASF, 2015, MasterGlenium® RMC 303 Kataloğu.

Boğazkesen, K.K., 2011. PVA Lif Donatılı Çimento Esaslı Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 87 sayfa.

Brameshuber, W., 2006. Textile Reinforced Concrete, In State-of the- art Report of RILEM Technical Committee 201-TRC, RILEM Publications S.A.R.L., Bagneux, France.

Brückner, A., Ortlepp, R., Curbach, M., 2006. Textile reinforced concrete for strengthening in bending and shear. Materials and Structures, 39:741–748.

Cembureau, 2011. Activity 2010 Report. Brussels.

Cembureau, 2020. Activity 2019 Report. Brussels.

Chira, A., Kumar, A., Vlach, T., Laiblova, L., Skapin, A.S., Hajek, P., 2016. Property improvements of alkali resistant glass fibres/epoxy composite with nanosilica for textile reinforced concrete applications. Materials and Design, 89: 146-155.

Chudoba, R., Vorechovsky, M., Konrad, M., 2006. Stochastic modeling of multi-filament yarns. I. Random properties within the cross-section and size effect, International Journal of Solids and Structures, 43, 413–434.

Çağlayan, M., Haberveren, S., İpekoğlu, B., Kurşun, İ., 1999. Beton Yapımında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Örnek Bir Kuruluş "İSTON". 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 1999, İstanbul.

Çevik, N., 2014. Bazalt Elyafların Yollarda Kullanılabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 85 sayfa.

Demirel, M., 2007. Cam Elyaf Takviyeli Poliester Kompozitlere Yanmazlık Özelliği Kazandırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 160 sayfa.

Dey, V., Zani, G., Colombo, M., Di Prisco, M., Mobasher, B., 2015. Flexural impact response of textile-reinforced aerated concrete sandwich panels. Materials and Design, 86: 187-197.

Du, Y., Zhang, M., Zhou, F., Zhu, D., 2017. Experimental study on basalt textile reinforced concrete under uniaxial tensile loading. Construction and Building Materials, 138: 88–100.

Du, Y., Zhang, X, Liu, L., Zhou, F., Zhu, D., Pan, W., 2018. Flexural Behaviour of Carbon Textile-Reinforced Concrete with Prestress and Steel Fibres. Polymers, 10, 98: 1-19.

Erdoğan, T. Y., 2003. Beton, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 757s.

Funke, H., Gelbrich, S., Ehrlich, A., 2013. Development of a new hybrid material of textile reinforced concrete and glass fibre reinforced plastic. Procedia Materials Science, 2: 103 – 110.

Gelbrich, S., Funke, H.L., Ehrlich, A., Kroll, L., 2018. Flexible fiber-reinforced plastic formworks for the production of curved textile-reinforced concrete. Advances in Structural Engineering, Vol. 21(4): 580–588.

Glowania, M., Gries, T., Schoene, J., Schleser, M., Reisgen, U., 2011. Innovative coating technology for textile reinforcements of concrete applications. Key Engineering Materials, Vol. 466, p. 167-173.

Goldfeld, Y., Quadflieg, T., Gries, T., 2017. Sensing capabilities of carbon based TRC beam from slack to pull-out mechanism. Composite Structures, 181: 294–305.

Golzar, M., Brünig, H., Mäder, E., 2007. Commingled Hybrid Yarn Diameter Ratio in Continuous Fiber-reinforced Thermoplastic Composites. Journal of Thermoplastic Composite Materials, Vol. 20, p.17-25.

Gries, T., 2009. Eco-Efficient Building using textile reinforced concrete technology. Manufacture 2009 conference, RWTH Aachen University.

Gries, T., Veit, D., Wulfhorst, B., 2015. Textile Technology. 2nd ed. Hanser Publishers; 441 p. ISBN 978-1-56990-565-4.

Güler, G., Güler, E., İpekoğlu, Ü., Mordoğan, H., 2005. Uçucu Küllerin Özellikleri ve Kullanım Alanları. Türkiye 19. Uluslar arası Madencilik Kongresi ve Fuarı (IMCET2005), 9-12 Haziran 2005, İzmir.

Hasan, M.M.B., Offermann, M., Haupt, M., Nocke, A., Cherif, C., 2014. Carbon filament yarn-based hybrid yarn for the heating of textile-reinforced concrete, Journal of Industrial Textiles, Vol. 44(2): 183-197.

Hawkins, W., Orr, J., Shepherd, P., Ibell, T., 2019. Design, Construction and Testing of a Low Carbon Thin-Shell Concrete Flooring System. Structures, 18: 60–71.

Häußler-Combe, U, Harting, J. 2007. Bond and failure mechanisms of textile reinforced concrete (TRC) under uniaxial tensile loading. Cement & Concrete Composites; 29: 279–289.

Hegger, J., Zell, M., Horstmann, M., 2008. Textile Reinforced Concrete – Realization in applications. Tailor Made Concrete Structures. Taylor & Francis Group, London, p.357-362.

Hegger, J., Kulas, C., Horstmann, M., 2011. Realization of TRC façades with impregnated AR-glass textiles. Key Engineering Materials Vol. 466, pp 121-130.

Hegger, J., Curbach, M., Stark, A., Wilhelm, S., Farwig, K., 2017. Innovative design concepts: Application of textile reinforced concrete to shell structures. Structural Concrete, 19:637–646.

Hexcel, 2010, Reinforcements for Composites, Technical Fabrics Handbook.

Horrocks, A.R., Anand, S.C., 2000. Handbook of Technical Textiles. The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited.

https://www.weforum.org/agenda/2020/01/how-to-build-a-more-climate-friendly-chemical-industry/ 15.08.2020

http://www.htctex.com/boss/img/2016520125837.jpg 20.08.2020

İTKİB, 2008. Türkiye'de ve Dünya'da Teknik Tekstiller Üzerine Genel ve Güncel Bilgiler. İTKİB Genel Sekreterliği, Ar&Ge ve Mevzuat Şubesi.

Kapkaç, F., 2013. Çimento Çeşitleri, Özellikleri, Hammaddeleri ve Üretim Aşamaları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Kaplan, M., 2016. Termoplastik Kompozitler için Hibrit İplik Üretimi. Tekstil ve Mühendis, 23: 101, 61-79.

Karakurt, C., 2008. Çimento Üretiminde Doğal Zeolit ve Volkanik Tüflerin Endüstriyel Atıklarla Birlikte Kullanılmasının Beton Performansı Üzerine Etkileri. Doktor Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 189 sayfa.

Karl Mayer, 2013. The Karl Mayer Guide to Technical Textiles.

Karl Mayer, 2015. Biaxial.

Kızılkanat, A.B., Kabay, N., Akyüncü, V., Erdoğan, G., 2014. Basalt Fibers and Mechanical Properties of Basalt Fiber Reinforced Concrete, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma 32, 444-452.

Koçak, Y., 2011. Termik Santral Atığı Uçucu Külün Portland Çimentosu Özelliklerine Etkisi. Politeknik Dergisi, Cilt:14, Sayı: 2 s. 135-140.

Koeckritz, U., Cherif, C.H., Weiland, S., Curbach, M., 2010. In-Situ Polymer Coating of Open Grid Warp Knitted Fabrics for Textile Reinforced Concrete Application. Journal of Industrial Textiles, Vol.40, No.2, 157-169.

Khondker, O.A., Ishiaku, U.S., Nakai, A., Hamada, H., 2006. A novel processing technique for thermoplastic manufacturing of unidirectional composites reinforced with jute yarns. Composites: Part A, 37, 2274–2284.

Kravaev, P., Janetzko, S., Gries, T., Kang, B., Brameshuber, W., Zel, M., Hegger, J., 2009. Commingling Yarns for Reinforcement of Concrete. 4th Colloquium on Textile Reinforced Structures (CTRS4), Dresden, 3.6. - 5.6.2009, p. 17 – 28.

Kravaev, P., Stolyarov, O., Seide, G., Gries, T., 2014a. Influence of process parameters on filament distribution and blending quality in commingled yarns used for thermoplastic composites. Journal of Thermoplastic Composite Materials, Vol. 27(3) 350–363.

Kravaev, P., Stolyarov, O., Seide, G., Gries, T., 2014b. A method for investigating blending quality of commingled yarns. Textile Research Journal, 83(2): 122–129.

Krüger, M., Reinhardt, H.W., Fichtlscherer, M., 2001. Bond behaviour of textile reinforcement in reinforced and prestressed concrete. Otto-Graf-Journal Vol. 12, 33-50.

Kurban, M., Babaarslan, O., 2016. Desing of hibrit yarn for production of textile reinforced concrete. International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC-2016), ADANA, TÜRKİYE, 26-28 Ekim 2016, pp.4032-4033.

Kurban, M., Babaarslan, O., 2017. Saç Örgü Tekniği işe Tasarlanan Hibrit İpliklerin Tekstil Takviyeli Beton Üretiminde Kullanımı. 2. Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu, BURSA, TÜRKİYE, 27-28 Nisan 2017, pp.62-63.

Kurban, M., Babaarslan, O., Çağatay İ.H., 2017. Hybrid Yarn Composites for Construction. Textiles for Advanced Applications (Bipin Kumar and Suman Thakur, Editör), InTech Open, Londra, pp.135-160.

Kurt, G., 2006. Lif İçeriği ve Su/Çimento Oranının Fibrobetonun Mekanik Davranışına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 87 sayfa.

Kyosev, Y., 2015. Braiding Technology for Textiles. 1st ed. Woodhead Publishing.

Liu, S., Zhu, D., Yao, Y., Shi, C., 2018. Effects of Strain Rate and Temperature on the Flexural Behavior of Basalt and Glass Textile–Reinforced Concrete. Journal of Materials in Civil Engineering, 30(8): 04018172, p.1-13.

Long, A.C., Wilks, C.E., Rudd, C.D., 2001. Experimental characterisation of the consolidation of a commingled glass/polypropylene composite. Composites Science and Technology, 61: 1591–1603.

Lv, L.B., Du, M., Xun, Y., 2012. Design and Production of Pre-Stressed Carbon Fabric Used in Fabric Reinforced Concrete Board. Applied Mechanics and Materials,Volumes: 174-177, 900-904.

Mağdala, M.Ö., 2009. Isı Kalkanları için Kalıplanabilir Karbon Fenolik Kompozit Üretimi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 79 sayfa.

Mankodi, H., Patel, P., 2009. Study The Effect of Commingling Parameters on Glass/Polypropylene Hybrid Yarns Properties. AUTEX Research Journal, Vol. 9, No:3, p.70-73.

Mäder, E., Rothe, C., Gao, S.L., 2007. Commingled yarns of surface nanostructured glass and polypropylene filaments for effective composite properties. J Mater Sci, 42:8062–8070.

Merter, N.E., 2009. Effects of Processing Parameters on Mechanical Behavior of Continuous Glass Fiber/Polyproylene Composites. Master Thesis, İzmir Institute of Technology, Graduate School of Engineering and Sciences, İzmir, 80 pages.

Mountasir, A., Hoffmanna, G., Cherif, C., Löserb, M., Mühlb, A., Großmannb, K., 2013. Development of non-crimp multi-layered 3D spacer fabric structures using hybrid yarns for thermoplastic composites. Procedia Materials Science, 2: 10 – 17.

Orlowsky, J., Raupach, M., 2008. Durability model for AR-glass fibres in textile reinforced concrete. Materials and Structures, 41: 1225–1233.

Owens Corning, 2011. Composite Solutions Reinforcement Guide.

Özodabaş, A., 2014. Alkalilerle Aktive Edilmiş Yüksek Fırın Cüruflu Harçların Performansının Geliştirilmesi. Doktor Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 201 sayfa.

Peled, A., Bentur, A., 1998. Reinforcement of cementitious matrices by warp knitted fabrics. Materials and Structures, Vol. 31, pp: 543-550.

Peled, A., Cohen, Z., Pasder, Y., Roye, A., Gries, T., 2008. Influences of textile characteristics on the tensile properties of warp knitted cement based composites. Cement & Concrete Composites, 30: 174–183.

Peled, A., Mobasher, B., 2010. Innovative Composites-Textile Reinforced Concrete (TRC) for Sustainable Buldings. Proceedings of the US-Israel Workshop on: Sustainable Buildings – Materials and Energy 12-13 July 2010, Technion, Haifa, Israel.

Picon, A. 2006. Construction history: between technological and cultural history. Construction History. 21: 5-19.

Pidun, K., Gries, T., 2013. Shaped Textile Reinforcement Elements for Concrete Components, Advanced Materials Research Vol. 747, 415-419.

Rampini, M.C., Zani, G., Colombo, M., Prisco, M.D., 2018. Textile reinforced concrete composites for existing structures: performance optimization via mechanical characterization. Proc. of the 12th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, Aug 29 to 31, 2018, Czech Technical University in Prague, Prague, Czech Republic.

Rawal, A., Saraswat, H., Sibal, A., 2015. Tensile response of braided structures: a review, Textile Research Journal, Vol. 85(19) 2083–2096.

Rostamia, R., Zarrebinia, M., Mandegaria, M., Sanginabadib, K., Mostofinejadb, D., Abtahib, S.M., 2019. The effect of concrete alkalinity on behavior of reinforcing polyester and polypropylene fibers with similar properties. Cement and Concrete Composites, 97: 118–124.

Safarian, S., Unnthorsson, R. and Richter, C., 2020. Effect of Coronavirus Disease 2019 on CO2 Emission in the World. Aerosol Air Qual. Res. 20: 1197–1203.

Sakaguchi, M., Nakai, A., Hamada, H., Takeda, N., 2000. The mechanical properties of unidirectional thermoplastic composites manufactured by a micro-braiding technique. Composites Science and Technology 60, 717-722.

Sardar, J., 2011. Study of mechanical behavior of Kevlar/polypropylene hybrid yarns and their composites. J Polym Eng, 31: 279–282.

Sarı, M., 2013. Farklı Tipteki Betonun Mekanik Davranışına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 70 sayfa.

Scheffler, C., Gao, S.L., Plonka, R., Mäder, E., Hempel, S., Butler, M., Mechtcherine, V., 2009. Interphase modification of alkali-resistant glass fibres and carbon fibres for textile reinforced concrete I: Fibre properties and durability. Composites Science and Technology, 69: 531–538.

Shams, A., Hegger, J., Horstmann, M., 2014a. An analytical model for sandwich panels made of textile-reinforced concrete. Construction and Building Materials, 64: 451–459.

Shams, A., Horstmann, M., Hegger, J., 2014b. Experimental Investigations on Textile-Reinforced Concrete (TRC) Sandwich Sections. Composite Structures, 118: 643-653.

Sharei, E., Scholzen, A., Hegger, J., Chudoba, R., 2017. Structural behavior of a lightweight, textile-reinforced concrete barrel vault shell. Composite Structures, 171: 505–514.

Soydan, A.S., Kurbak, A., 2010, Küçük Çaplı Yuvarlak Tekstil Malzemeleri ve Üretim Metodları, Tekstil ve Mühendis, Sayı:80, 30-37.

Stolyarov, O., Quadflieg, T., Gries, T., 2015. Effects of fabric structures on the tensile properties of warp-knitted fabrics used as concrete reinforcements. Textile Research Journal, vol. 85, 18: 1934-1945.

Svensson, N., Shishoomerk, R., Gilchrist, M., 1998, Manufacturing of Thermoplastic Composites from Commingled Yarns- A Review. Journal of Thermoplastic Composite Materials, Vol. 11: 22-56.

Şimşek, O., Dur, A., Yaprak, H., 2004. Silis Dumanı ve Süperakışkanlaştırıcı Katkılı Harçların Özellikleri. Politeknik Dergisi, Cilt: 7, Sayı: 2, s.169-178.

Taşdemir, M.A., Bayramov, F., Kocatürk, A.N., Yerlikaya, M., 2004. Betonun Performansa Göre Tasarımında Yeni Gelişmeler. Beton 2004 Kongresi Bildirileri, İstanbul.

Tian, W., Zhang, L., 2013. Study on bond properties of textile reinforced concrete. Advanced Materials Research Vols. 639-640, pp 334-340.

Topçu, İ.B., Bilir, T., Baylavlı, H., 2008. Kendiliğinden Yerleşen Betonun Özellikleri. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh-Mim.Fak.Dergisi C.XXI: 1-21.

Topçu, İ.B., Canbaz, M., 2001. Uçucu Kül Kullanımının Betondaki Etkileri. Osmangazi Üniversitesi Müh-Mim.Fak.Dergisi, C.XIV, No:2, 11-23.

Topçu, İ.B., Karakurt, C., 2007. Uçucu Kül ve Yüksek Fırın Cürufunun Çimento Üretiminde Katkı Olarak Kullanımı. 7. Ulusal Beton Kongresi, s.395-404.

TS EN 196-1, 2016, Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini, Ankara.

TS EN 197-1, 2012, Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Ankara.

TS EN 206: 2013+A1, 2017, Beton- Özellik, performans, imalat ve uygunluk, Ankara.

TS EN 450-1, 2013. Uçucu Kül – Betonda Kullanılan – Bölüm-1: Tarif, özellikleri ve uygunluk kriterleri, Ankara.

TS EN 1097-6, 2013. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini, Ankara.

TS EN 12350-5, 2010. Beton – Taze Beton Deneyleri - Bölüm 5- Yayılma Deneyi, Ankara.

TS EN 12390-3, 2010, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini, Ankara.

TS EN 12390-5, 2010, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini, Ankara.

TS EN ISO 1889, 2010, Takviye İpleri - Doğrusal Yoğunluk Tayini, Ankara.

TS EN ISO 2307, 2019, Elyaf Halatlar – Belirli Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Tayini, Ankara.

UİB, 2020. Teknik Tekstiller Raporu. Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, Ar&Ge Şubesi.

Ünsal, A., Şen, H., 2008. Beton ve Beton Malzemeleri Laboratuar Deneyleri. Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Malzeme Lab. Şubesi Müdürlüğü, T.C. Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.

Vestweber, N., 2014. Skalierung der Fertigung der Faserverbundwerkstoffe Licht- und Textilbeton. PhD Thesis, RWTH Aachen University, Institut für Textiltechnik, Aachen, Germany.

Wakeman, M.D., Cain, T.A., Rudd, C.D., Brooks, R., Long, A.C., 1998. Compression Moulding of Glass and Polypropylene Composites for Optimised Macro and Micro Mechanical Properties-1 Commingled Glass and Polypropylene. Composites Science and Technology, 58: 1879-1898.

Williams Portal, N., 2013. Sustainability and Flexural Behaviour of Textile Reinforced Concrete. Thesis for The Degree of Licentiate of Engineering, Chalmers University, Department of Civil and Environmental Engineering, Gohenburg, Sweden.

Yaman, N., Öktem, T., Seventekin, N., 2006. Karbon Liflerinin Üretimi. Tekstil ve Mühendis, 3: 164-173.

Yaman, N., Öktem, T., Seventekin, N., 2007. Karbon Liflerinin Özellikleri ve Kullanım Olanakları. Tekstil ve Mühendis, 2: 90-95.

Yang, Q., Zhang, Q., Gong, S., Li, S., 2019. Study on the flexure performance of fine concrete sheets reinforced with textile and short fiber composites. MATEC Web of Conferences, 275.

Yavaşçaoğlu, A., 2012. Leno Dokuma Sistemi, Kumaş Özellikleri ve Kullanım Alanları. Meslek Bilimleri Dergisi, 1 (3) : 22-33.

Yoo, D.Y, Gohil, U., Gries, T., Yoon, Y.S., 2016. Comparative low-velocity impact response of textile-reinforced concrete and steel-fiber-reinforced concrete beams, Journal of Composite Materials, Vol. 50(17) 2421–2431.

Younes, A., Sankaran, V., Seidel, A., Cherif, C., 2014. Study of tensile behavior for high-performance fiber materials under high-temperature loads. Textile Research Journal, Vol. 84(17) 1867–1880.

Zhang, Z., Ding, Y., Qian, S., 2019. Influence of bacterial incorporation on mechanical properties of engineered cementitious composites (ECC). Construction and Building Materials, 196: 195–203.

Zhou, J., Xiang, H., 2011. Research on Mechanical Properties of Recycled Fiber Concrete. Applied Mechanics and Materials Vols. 94-96. pp 1184-1187.

Zhu, D., Liu, S., Yao, Y., Li, Gaosheng, Du, Yunxing, Shi, C., 2019. Effects of short fiber and pre-tension on the tensile behavior of basalt textile reinforced concrete. Cement and Concrete Composites, 96: 33–45.

Zor, M., 2018. Kompozit Malzemelerle İlgili Genel Bilgiler. Kompozit Malzeme Mekaniği Ders Notları, 170 sayfa.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Haguenau / Fransa'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Denizli'de tamamladı. 1997 yılında lisans eğitimine başladığı Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden 2001 yılında mezun oldu. 2001-2002 yılları arasında Tekstilya Tekstil Terbiye İşletmeleri Ltd. Şti. örme terbiye işletmesinde İşletme Mühendisi ve Renk Laboratuvarı Sorumlusu olarak çalıştı. 2002-2003 yılları arasında askerlik vazifesini Gaziemir / İZMİR'de tamamladı. 2003-2008 yılları arasında DEBA A.Ş. dokuma terbiye işletmesinde İşletme Mühendisi ve Baskı Mutfağı Sorumlusu olarak çalıştı. 2008-2012 yılları arasında Adnan Menderes Üniversitesi Nazilli Meslek Yüksekokulu Tekstil Teknolojisi Programı' nda öğretim görevlisi olarak çalıştı. 2009-2012 yılları arasında Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2012 yılında Çukurova Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Tekstil Teknolojisi Programı' nda öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2014 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. 2014-2015 yılları arasında Almanya'da RWTH Aachen Üniversitesi Teknik Tekstil Enstitüsü (ITA)'nde inşaat tekstilleri alanında araştırmacı olarak çalıştı. Halen Çukurova Üniversitesi AOSB Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Tekstil Teknolojisi Programı' nda öğretim görevlisi olarak görevini sürdürmekte olup, evli ve bir çocuk babasıdır.