

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Deniz AKIN

**BETONARME BİNALARIN DEPREME KARŞI
GÜÇLENDİRİLMESİ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2019

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BETONARME BİNALARIN DEPREME KARŞI GÜÇLENDİRİLMESİ

Deniz AKIN

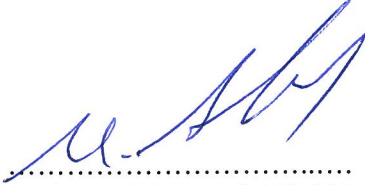
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

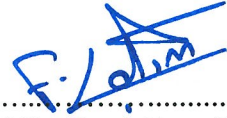
Bu Tez 20/09/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.



Prof. Dr. Hüseyin R. YERLİ
DANIŞMAN



Prof. Dr. H. Murat ARSLAN
ÜYE



Prof. Dr. Faruk Fırat ÇALIM
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETONARME BİNALARIN DEPREME KARŞI GÜÇLENDİRİLMESİ

Deniz AKIN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Hüseyin R.YERLİ
Yıl: 2019, Sayfa: 89
Jüri : Prof. Dr. Hüseyin R.YERLİ
: Prof. Dr. Murat ARSLAN
: Prof. Dr. Faruk Fırat ÇALIM

Dünya tarihi boyunca canlıların en fazla etkilendikleri ve can güvenliklerinin sarsıldığı doğal afet türü olan deprem insanlık ve dünya tarihi boyunca önlem alınması gereken en önemli konulardan biri olmuştur. Ne yazık ki ülkemizde deprem konusu 1999 yılında meydana gelen Marmara depremindeki acı kayıplar sonrasında önemli konulardan biri haline gelmiştir. Türkiye sınırlarının büyük bir bölümü fay hattı üzerinde olduğu düşünülecek olursa, depreme karşı alınan önlemler, günümüz şartlarında ülkenin en önemli konularından biri haline gelmiş durumdadır.

Bu çalışmada; geçtiğimiz aylarda yürürlükten kalkan TDY2007 ve henüz yürürlüğe giren 2018 yılında çalışmaları tamamlanan deprem yönetmeliğinin güçlendirme bölümleri mercek altına alınmıştır. Değişen veya artık kullanılmayan parametrelerin yanı sıra yeni eklenen tanımlara da değinilmiştir. Hesap yöntemlerindeki farklılıklar, değişen deprem haritası, bina yükseklik sınıflarının yeniden tanımlanması ve güçlendirme için kullanılacak hesaplarda gerekli zemin parametrelerinin farklılıkları incelenmiştir. Yapı güvenliğinin maksimum seviyede olmasını gözeterek güçlendirme konusunu ele alınan bu çalışmada olumlu ve olumsuz yönler karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güçlendirme, Yapı Güvenliği, Deprem Yönetmeliği

ABSTRACT

MSc THESIS

STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES AGAINST EARTHQUAKE

Deniz AKIN

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

Supervisor : Prof. Dr. Hüseyin R.YERLİ
Year: 2019, Pages: 89
Jury : Prof. Dr. Hüseyin R.YERLİ
: Prof. Dr. Murat ARSLAN
: Prof. Dr. Faruk Fırat ÇALIM

Earthquake, which is the type of natural disaster in which living beings are most affected and life security is shaken throughout world history has been one of the most important issues that need to be taken precautions during humanity and world history. Unfortunately, the earthquake in our country has become one of the important issues after the loss of the Marmara earthquake in 1999. If the borders of Turkey will be considered to be a large portion of the fault line, the measures taken against earthquakes, one of the country's most important issues in today's world has already become.

In this study; TDY2007, which was repealed in recent months, and the strengthening chapters of the earthquake regulation, whose work was completed in 2018, has been examined. Altered or no longer used parameters as well as newly added definitions were also mentioned. Differences in calculation methods, changing earthquake map, redefinition of building elevation classes and differences in the required soil parameters in the calculations to be used for reinforcement were investigated. In this study, which focuses on strengthening the maximum level of building security, positive and negative aspects were compared.

Keywords: Strengthening, Construction Safety, Turkish Earthquake CodeF
Reinforced

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bu çalışmada incelenen TBDY 2018 ve DBYBHY 2007 yönetmeliklerinin güçlendirme bölümleri, deprem bölgelerindeki betonarme binaların sağlıklı ve doğru bir şekilde güçlendirme uygulanmasına ışık tutmaktadır. Karşılaştırma sonucunda bina önem katsayısındaki değişiklikler daha güvenli bölgede kalmayı mümkün kıldığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, temel hesaplarında gerekli zemin parametrelerinin artık koordinat sistemi yöntemi ile belirlenmesinden dolayı hata payı en aza indirilmekle beraber daha doğru ve sağlıklı temel modellemelerinin önü açılmaktadır.

Bina yükseklik sınıflarının değişmesi ile birlikte yüksek binaların deprem anındaki hareketinin belirlenmesinde ve alınacak önlemlerde daha doğru adımların atılmasının önünü açmaktadır.

Orta bilgi düzeyinin yeni yönetmelikte kalkması ile birlikte projesi olmayan ve güçlendirilmesi gereken betonarme binalarda DBYBHY 2007'ye göre daha güvenli bölgede kalarak uygulama yapılmasının önü açılmıştır. Bu sayede bilgi eksikliğine taviz azalmış olmakla beraber olası felaketlerde can ve mal kaybının azalmasına yönelik adım atılmıştır. Projesi eksik yapılarda DBYBHY 2007'ye göre hesaplar %90 oranında azaltılıp devam edilebiliyorken bu rakam TBDY 2018 ile artık %75, yüzdelerden anlaşılabileceği üzere bilgi eksikliğinde izlenecek adımlar eski yönetmeliğimize göre daha sağlıklı sonuçlara yol açmaktadır.

Değişen zemin sınıflarının ışığında gerek temel modellemeleri gerekse zemine göre yapılacak olan tasarımların güvenilirlik durumu artmış olmakla beraber parametrelerden dolayı oluşacak problemlerin önü kesilmektedir.

Deprem tehlike haritalarındaki değişiklik ile yer ivmelerindeki tutarsızlık ortadan kalkmış olup TBDY 2018 ile yenilenen deprem tehlike haritaları gerek yapıların projelendirme aşamasında gerekse yapıların güçlendirme uygulamalarında daha güvenli sonuçlar elde edilmesinin önünü açmaktadır.

TBDY 2018 ile yeni tanımlanan **düşey elastik tasarım spektrumu** ile büyük kiriş açıklıklı binaların (20 metreyi geçecek şekilde) veya kirişlere oturan kolonların olduğu binalarda hesaplanması zorunlu hale gelmiştir. Bu spektrumla beraber kolonları düşey düzleme göre eğimli olan binaların kolon hesaplarındaki güvenilirlik artmaktadır.

Yapılan bu çalışma sonucunda TBDY 2018'in gerek deprem konusunda gerek güçlendirme konusunda modellemeden yapıma kadar getirmiş olduğu yenilikler ülkemizde yapılacak olan yapıların güvenilirliğini arttırmış olmakla beraber güvenilirliğin önü açılmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince, tecrübesini, zamanını ve ilgisini benden esirgemeyen Prof.Dr.Hüseyin R. Yerli'ye teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezimin oluşum aşamasında yardımlarını esirgemeyen Ar.Gör.Jülide Yüzbaşı'ya teşekkür ederim başarılarının devamını dilerim.

Yüksek lisans dönemim boyunca yardımlarını ve zamanını benden esirgemeyen Ar.Gör. Burcu Dünder'a teşekkür ederim başarılarının hayat boyu devam etmesini dilerim.

Yüksek lisans tezimin oluşumunda çok emeği olan İnşaat Mühendisi Mustafa Bakırcıoğlu'na teşekkür ederim.

,Hayatım boyunca sürekli yanımda olan kararlarımı destekleyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
3. MATERYAL VE METOT	15
3.1 Doğrusal Hesap Yöntemleri İle Deprem Hesabı	15
3.1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	15
3.1.1.1. Deprem Yer Hareketleri Seviyesi.....	18
3.1.1.2. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüğü'nün Bulunması	19
3.1.1.3. Kat Döşemelerinin Levha Sonlu Elemanlar ile Modellenmesi Durumu	19
3.1.1.4. Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabında Burulma Hesabı.....	22
3.1.1.5. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Bodrumlu Binaların Hesabı	24
3.1.2. Modal Hesap Yöntemleri ile Doğrusal Hesap Yöntemi.....	33
3.2. Güçlendirme Tasarımı	36
3.2.1. Binalardan Bilgi Toplanması	36
3.2.1.1. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi.....	37
3.2.1.2. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi	37
3.2.2. Betonarme Yapılarda Hasar Sınırlarının ve Bölgelerinin Belirlenmesi	38
3.2.3. Kesit Hasar Bölgelerinin Belirlenmesi.....	38
3.2.4. TBDY 2018 'e Göre Deprem Hesabı Yapılmadan Uyulması Gereken Kriterler.....	39

3.2.4.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi 1	39
3.2.4.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi 2	40
3.2.4.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi 3	40
3.2.4.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi 4	40
3.2.5. Birim Şekildeğiştirme ve Plastik Dönme Talepleri Belirlenmesi	46
3.2.6. Mevcut Betonarme Binalarda Deprem Performanslarının Belirlenmesi	48
3.2.6.1. Mevcut Betonarme Binalarda Sınırlı Hasar Performans Düzeyi	49
3.2.6.2. Mevcut Betonarme Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi	50
3.2.6.3. Mevcut Betonarme Binalarda Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi	51
3.2.6.4. Mevcut Betonarme Binalarda Göçme Durumu	52
3.3. Betonarme Binaların Güçlendirmesi	52
3.3.1. Kolonların ve Kirişlerin Sarılması	52
3.3.2. Kolonların Eğilme Kapasitelerinin Arttırılması	53
3.3.3. Türkiye Deprem Tehlike Haritası	54
3.3.4. Bina Yükseklik Sınıfları	56
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	57
4.1. Bilgi Düzeyleri	57
4.2. Yapı Elemanlarındaki Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	59
4.3. Bina Kullanım Sınıfları	61
4.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Kavramı	63
4.5. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Arasındaki Temel Farklar	68
4.5.1. Deprem Haritalarında Yapılan Değişiklikler	68
4.5.2. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayısındaki Değişiklikler	69

4.5.3. Bina Kullanım Sınıfları ile İlgili Yapılan Değişiklikler.....	69
4.5.4. Zemin Sınıfları ile İlgili Değişiklikler.....	70
4.5.5. Tasarım ile İlgili Yapılan Değişiklikler	74
4.5.6. Deprem-Yer Arasındaki Etkileşim ile İlgili Yapılan Değişiklikler.....	74
4.5.7. Perde Kalınlığı ve Oranındaki Değişiklikler.....	75
4.5.8. Kolon ve Perde Çiroz Bağlama Biçimlerindeki Değişiklikler	75
4.5.9. Kirişlerdeki Yatay Çiroz Durumundaki Değişiklikler	75
4.5.10. B3 Düzensizlik Kontrolündeki Değişiklikler.....	75
4.5.11. Kullanılacak Betonların Minimum Dayanım Sınıfındaki Değişiklikler	76
4.5.12. Kısa Kolon Hesabındaki Değişiklikler.....	76
4.5.13. Çirozların Yerleşimindeki Değişiklikler	77
4.5.14. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlardaki Değişiklikler.....	78
4.5.15. Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişlerdeki Farklılıklar.....	78
4.6. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerindeki Güçlendirme Yöntemlerinin Temel Farkları.....	79
4.6.1. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması.....	79
4.6.2. Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi.....	80
4.6.3. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi	81
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ	89



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri	18
Çizelge 3.2. Hareketli Yük Katsayısı Değerleri	20
Çizelge 3.3. C_t 'nin Alabileceği Değerler.....	21
Çizelge 3.4. A1 Burulma Düzensizliği ve A2 Döşeme Süreksizliği Durumda İzlenecek Adımlar.....	22
Çizelge 3.5. Betonarme ve Çelik Binalar İçin R, D ve İzin Verilen BYS Sınıfları	26
Çizelge 3.6. Bina Önem Katsayıları ve Bina Kullanım Sınıfları	30
Çizelge 3.7. Bilgi Düzey Katsayıları	37
Çizelge 3.8. Binanın Kullanım Amacına Göre Hareketli Yük Katsayısı.....	43
Çizelge 3.9. Betonarme Taşıyıcı Elemanlarının Eksenel ve Kayma Çarpanları	46
Çizelge 3.10. Performans Hedefleri.....	48
Çizelge 3.11. Deprem Yer Hareketi Düzeyine ve Deprem Tasarım Sınıfına Bağlı Performans Hedefleri	49
Çizelge 3.12 Bina Yükseklik Sınıfı Tanımlar	56
Çizelge 4.1. DBYBHY 2007'ye Göre Bilgi Düzeyi Katsayıları.....	59
Çizelge 4.2. TBDY 2018'e Göre Bilgi Düzeyi Katsayıları	59
Çizelge 4.3. TBDY 2018'e Göre Bina Kullanım Sınıflarına Bağlı Bina Önem Katsayıları	62
Çizelge 4.4. DBYBHY 2007'ye Göre Bina Önem Katsayıları.....	63
Çizelge 4.5. DBYBHY 2007'ye Göre Zemin Sınıflarına Bağlı T_A ve T_B Değerleri	64
Çizelge 4.6. DBYBHY 2007'ye Göre Deprem Bölgesine Bağlı A_0 Katsayısı	64
Çizelge 4.7 TBDY 2018'e Göre Bina Kullanım Sınıflarına Göre Bina Önem Katsayıları	70
Çizelge 4.8 DBYBHY 2007'ye Göre Zemin Sınıfları	70
Çizelge 4.9. DBYBHY 2007'ye Göre Zemin Grupları.....	72

Çizelge 4.10. TBDY 2018'e Göre Zemin Sınıfları	73
--	----



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1.	12 Kasım 1999 Düzce Depremi Sonrası Yapı.....	3
Şekil 1.2.	12 Kasım 1999 Düzce Depremi Sonrası Bir Yapı.....	3
Şekil 1.3.	12 Kasım 1999 Düzce Depremi Sonrası Bir Yapı.....	4
Şekil 1.4.	27 Haziran 1998 Ceyhan Depremi Sonrası Bir Yapı	5
Şekil 1.5.	27 Haziran 1998 Ceyhan Depremi Sonrası Bir Yapı	5
Şekil 1.6.	1992 Erzincan Depremi Sonrası Bir Yapı	6
Şekil 1.7.	Dünya’da Meydana Gelen Depremlerin Yıllara Göre İstatistiği.....	7
Şekil 3.1	Döşemelerin kendi düzlemleri içerisinde rijit eleman olarak çalışmaları durumu	23
Şekil 3.2.	İki Yükleme Durumlu Hesap Yöntemi.....	33
Şekil 3.3.	İç Kuvvet ve Şekil değiştirmeye Bağlı Olarak Belirlenen Kesit Hasar Bölgeleri.....	39
Şekil 3.4.	Yatay Elastik Spektral İvmelerin Doğal Titreşim Periyoduna Bağlı Grafiği.....	41
Şekil 3.5.	Doğal Titreşim Periyoduna Bağlı Olarak Yatay Elastik Tasarım Spektral Yer değiştirmeleri.....	42
Şekil 3.6.	Kısa Kolon Durumuna Düşen Kolonların Gösterimi	44
Şekil 3.7.	Kısa Kolon Duruma İlişkin Eğilme Momentleri	45
Şekil 3.8	Çift Eğrilikli Eğilme Durumunda Şekil Değiştirmiş Betonarme Elemanların i ve j ucundaki Durumu.....	47
Şekil 3.9.	Sargı Donatı Yöntemi İle Onarılmış Kolon ve Kiriş Örneği.....	53
Şekil 3.10.	Kesit Büyütme Yöntemi ile Güçlendirilen Bir Kolon Örneği.....	54
Şekil 3.11.	AFAD, 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası.....	55
Şekil 4.1.	DBYBHY 2007’ye Göre Kesit Hasar Bölgeleri.....	60
Şekil 4.2.	TBDY 2018’e Göre Kesit Hasar Bölgeleri.....	61
Şekil 4.3.	Özel Tasarım İvme Spektrumları	65

Şekil 4.4	Tasarım Spektral İvmelerinin Doğal Titreşim Periyoduna Göre Değişimi	68
Şekil 4.5.	DBYBHY 2007'ye Göre Çiroz Yerleşimi	77
Şekil 4.6.	TBDY 2018'e Göre Çiroz Yerleşimi	77
Şekil 4.7.	TBDY 2018'e Göre Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişlerdeki Çerçeve Eleman Olarak Kabul Edilmeyen Betonarme Kirişin Tanımı	79



SİMGELER VE KISALTMALAR

A_0	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
A_t	: Amprik Olarak Hesaplanan Hakim Doğal Titreşim Periyodu Hesabında Kullanılacak Olan Eşdeğer Alan.
A_{wj}	: j. Perdenin Enkesit Gövde Alanı.
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı.
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı.
C_t	: Amprik Olarak Hesaplanan Hakim Doğal Titreşim Periyodunda Kullanılan Katsayı.
D	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı.
D_{alt}	: Binanın Alt Bölümüne Uygulanan Dayanım Fazlalığı Katsayısı.
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DD	: Deprem Yer Hareketi Seviyesi
$d_{fi}^{(x)}$	: $T_p^{(x)}$ Hesabında (X) Deprem Doğrultusu İçin i. Kata Etki Ettirilen Fiktif Yükten Dolayı Oluşan Yerdeğiştirme.
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
$D_{üst}$	: Binanın Üst Bölümüne Uygulanan Dayanım Fazlalığı Katsayısı.
E_{duvar}	: Dolgu Duvarın Elastisite Modülü
$F_{iE}^{(x)}$	: Binanın i. Kat Yüksekliğinin Kütle Merkezine Etki Eden Eşdeğer Deprem Yüğü.
GÇ	: Göçme Sınırı
GÖ	: Göçme Öncesi Hasar
GV	: Güvenlik Sınırı
H_i	: Binanın i. Katın Üst Bölümünden İtibaren Ölçülen Yüksekliği.
H_j	: Binanın j. Katın Üst Bölümünden İtibaren Ölçülen Yüksekliği.
H_N	: Binanın Toplam Yüksekliği.

I	: Bina Önem Katsayısı.
KH	: Kontrollü Hasar
LF	: Faya Uzaklık Mesafesi
l_n	: Kolonun Kirişler Arasında Kalan Serbest Yüksekliği
l_{wj}	: j. Perdenin Plandaki Uzunluğu.
m_i	: i. Katın Toplam Kütlesi.
m_j	: j. Katın Toplam Kütlesi.
MN	: Minimum Hasar Durumu
$M_o^{(x)}$	: (X) Deprem Doğrultusunda Bina Tabanında Meydana Gelen Devrilme Momentidir.
M_{ra}	: Kolon Veya Perdenin Serbest Yüksekliğinin Alt Ucundaki Taşıma Gücü Momenti
M_{ri}	: Kirişin Sol Ucu i'deki Kolon ve Perde Yüzündeki Pozitif ve Negatif Taşıma Gücü Kuvveti
M_{rj}	: Kirişin Sağ Ucu j'deki Kolon ve Perde Yüzündeki Pozitif ve Negatif Taşıma Gücü Kuvveti
$M_{r\bar{u}}$	: Kolon Veya Perdenin Serbest Yüksekliğinin Üst Ucundaki Taşıma Gücü Momenti
n	; Hareketli Yük Katılım Katsayısıdır.
η_{bi}	: i. Kattaki Burulma Düzensizliği Katsayısı.
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı.
$S_{aR}(T)$	: Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi.
$S_{de}(T)$	: Yatay Elastik Tasarım Spektral Yerdeğiştirme
$\$GDT$	: Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme Ve Tasarım
SH	: Sınırlı Hasar
T	; Doğal Titreşim Periyodunu
$TBDY$	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
T_m ve T_n	: m. ve n. Modlara Ait Titreşim Periyodu
$T_{p,tüm}$	: Birbirine Dik Bina Eksenlerinin Tüm Doğrultularındaki Hakim

	Titreşim Modunda Bodrum Katların Dahil Olması Koşulu İle Tüm Bina İçin Aynı Doğrultuda Hesaplanan Hakim Doğal Titreşim Modu.
$T_{p,üst}$	: Birbirine Dik Bina Eksenlerinin Tüm Doğrultularındaki Hakim Titreşim Modunda Binanın Tümüne Ait Taşıyıcı Sisteminde Bodrum Kütlelerinin Hesaba Katılmama Koşulu İle Aynı Doğrultuda Hesaplanan Hakim Doğal Titreşim Modu.
T_{pA}	: Amprik Olarak Hesaplanan Hakim Doğal Titreşim Periyodu. TS-12504-1 : Türkiye Standardı
$v_{alt}^{(X)}$	: Binanın Alt Bölümünde Kendi Titreşiminden Dolayı Oluşan Azaltılmış İç Kuvvetleri Hesaplamak İçin Kullanılacak Olan Katsayı
V_e	: Kolon Veya Kiriş Birleşim Bölgesi Hesabında Esas Alınan Taban Kesme Kuvveti $r_{m,max}^{(X)}$ ve $r_{n,max}^{(X)}$; En Büyük Modal Davranış Büyüklükleri (m'nci ve n'nci titreşim modları için)
$V_t(E)^{(x)}$	: x Doğrultusu için Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü Taban Kesme Kuvveti
$V_{tn,max}$	: En Büyük Taban Modal Kesme Kuvveti
$V_{üst}^{(X)}$	: Binanın Üst Bölümden Alt Bölüme Aktarılan İç Kuvvetlerin Hesabında Kullanılacak Olan Katsayı.
YF	: Fay Hattına Yakınlık Katsayısı
YM	: Yeterli Titreşim Modu Sayısı
$\Delta F_{NE}^{(x)}$	: (X) Deprem Doğrultusunda Binanın N. Katına Etkiyen Ek Eşdeğer Deprem Yüğü.
$\Delta_i^{(X)}$	: (X) Deprem Doğrultusunda Kolon Veya Perdeler İçin Ardışık İki Kat Arasındaki Yerdeğiştirme Derecesini Gösteren Azaltılmış Göreli Kat Ötelemesidir.

m_t	: Binanın Toplam Kütlesi
$F_{fi}^{(x)}$	; i. kata etkiyen fiktif yük
S_{AR}	; Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi
$T_p^{(x)}$	; Hakim Doğal Titreşim Periyodu
S_{DS}	; Tasarım Spektral İvme Katsayısı
S_{D1}	; Tasarım Spektral İvme Katsayılarını
$m_j^{(s)}$	: j. düğüm noktasının tekil kütlesidir.
D_{bi}	: i. Kattaki Ek Dışmerkezlilik Büyütme Katsayısı.
$w_{Qj}^{(s)}$	: Sonlu Eleman Düğüm Noktası j'ye Etki Eden Hareketli Yükün Bileşkesidir.
$w_{Gj}^{(s)}$	: Sonlu Eleman Düğüm Noktası j'ye Etki Eden Sabit Yükün Bileşkesidir.
$v_{üst}^{(X)}$	: Üst Bölümünden Alt Bölüme Aktarılmış Olan İç Kuvvetleri Hesaplamak İçin Kullanılan Katsayı.
$v^{(X)}$;	: Binanın Alt Bölümü İçin Uygulanan Eşdeğer Deprem Yükü Azaltma Katsayısının Hesabında Kullanılan Katsayı.
$R_a(T)$	; Periyoda Bağlı Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
T_A ve T_B	: Yatay Tasarım Spektrumu Köşe Periyotlarını ifade etmektedir. S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak tanımlanır.
S_S ve S_1	; Harita Spektral İvme Katsayıları.
ζ_m ve ζ_n	; Modal Sönüm Oranları
$(R_a)_{üst}$	: Binanın Üst Bölümündeki Deprem Yükü Azaltma Katsayısı.
$(R_a)_{alt}$	: Bina Alt Bölümüne Uygulanan Deprem Yükü Azaltma Katsayısı.
$(R_a)_{üst}$	: Bina Üst Bölümüne Uygulanan Deprem Yükü Azaltma Katsayısı.

A_W	: Kolon Etkin Gövde Alanı
A_c	: Kolonun Enkesit Alanı
N_{dm}	: Düşey Ve Deprem Yüklerin Ortak Etkisi Altındaki Eksenel Basınç Kuvvetlerinin En Büyüğü
f_{cd}	: Beton Tasarım Basınç Dayanımı
f_{ck}	: Betonun Karakteristik Basınç Dayanımı
f_{duvar}	: Dolgu Duvarın Basınç Dayanımı
θ_{ki}	: i Ucundaki Yerdeğiştirmiş Eksen Dönmesi
θ_{pi}	: i Ucundaki Plastik Dönme
θ_{yi}	: i Ucundaki Akma Dönmesi
τ_{duvar}	: Dolgu Duvarın Kayma Dayanımı
$v_{alt}^{(X)}$	: Alt Bölümün Kendi Titreşiminden Oluşan Azaltılmış Kuvvetleri Hesaplamak İçin Kullanılan Katsayı.
$(\bar{R}_a)_{alt}$	: Binanın Alt Bölümüne Uygulanan Eşdeğer Deprem Yükü Azaltma Katsayısıdır.
ϕ_t	: Eleman Uç Kesitlerindeki Toplam Eğrilik Talebi
ϕ_y	: Elemanın Uç Kesitindeki Akma Eğriliği
$M_{ib}^{(x)}$	: i. Kattaki (X) Deprem Doğrultusundaki Ek Kat Burulma Momenti.
$w_{Qj}^{(S)}$	: j Düğüm Noktasına Etki Eden Bileşke Hareketli Yük
$w_{Gj}^{(S)}$	: j Düğüm Noktasına Etki Eden Bileşke Sabit Yük
M_a	: Kısa Kolonun Alt Ucundaki Eğilme Momenti
$M_{\bar{u}}$	: Kısa Kolonun Üst Ucundaki Eğilme Momenti
β_{mn}	: m. ve n. Doğal Titreşim Periyotlarının Birbirine Oranı
L_p	: Plastik Mafsalsal Dönmesi

$V_{x,tüm}^{(X)}$	: Tüm Taşıyıcı Sistemin (Üst Bölüm+Alt Bölüm) Taban Kesme Kuvveti.
$V_{x,üst}^{(X)}$	: Üst bölüm Taban Kesme Kuvveti.
θ_y	: Yerdeğiştirmiş Eksen Akma Dönmesi
θ_k	: Yerdeğiştirmiş Eksen Dönmesi
e	: ± 0.5 Ek Dışmerkezlik.
$m_{ixn}^{(X)}$	: (X) Deprem Yönü İçin Binanın X Eksen Yönündeki n. Titreşim Moduna Ait Taban Kesme Kuvveti Modal Etkin Kütlesi
$f_{ixn,max}^{(X)}$	: (X) Deprem Yönündeki i. Kata Etkiyen n. Titreşim Modunda En Büyük Modal Deprem Yüğü.
ρ_{mn}	: Çapraz Korelasyon Katsayısı
$S_{ae}(T)$	: DD2 Deprem Yer Hareketi İçin Yatay Elastik Tasarım Spektral İvmesi
$\bar{D}_{alt}^{(X)}$	: Eşdeğer Dayanım Fazlalığı Katsayısı.
T_L	: Sabit Yerdeğiştirme Bölgesine Geçiş Periyodu
H_i	: Yapının Bodrum Katının Bitimindeki Üst Bölüm Olarak Adlandırılan Yerden i. Katın Üst Bölümü Olarak Tabir Edilen Yerin Tabanından İtibaren Ölçülen Yükseklik.

1.GİRİŞ

Türkiye'nin deprem kuşağı altında yer alması sebebi ile yapılan ve yapılacak olan çalışmalarda güçlendirmenin önemi gün be gün artmaktadır. Her geçen gün gelişmekte olan teknoloji ve güçlendirme tekniklerinin geliştirilmesi ülkemiz açısından önem taşımaktadır.

Değiniilmesi gereken bir diğer husus ise kentsel dönüşümdür. Kentsel dönüşüm faaliyetleriyle çökme riski taşıyan yapıların risksiz hale getirilmesiyle olası büyük yıkımların önlenmesi amaçlanmaktadır. Dönüşüm uygulamalarının amacı; can güvenliği oranını arttırmanın yanı sıra kullanıcı konforunun da arttırılmasıdır. Bu sayede insanların yaşam kalitelerinde ciddi bir artış meydana gelmektedir .kentsel dönüşümü sadece yapının yıkımı yeniden yapımı ve bunun sonucunda elde edilen rant olarak değil.Bu süreçten etkilenen topluluğun karşılıklı anlayış içerisinde ortak katma değer elde edebileceği bir sosyal dönüşüm süreci olarak ta düşünülebilmektedir.

Bunun yanı sıra elimizdeki teknoloji ve mühendislik bilgileri milli servetimizi koruma amacı ile güçlendirilip tekrar yapı güvenliğinin sağlanıp kullanıma hazır hale gelmesine müsait ise güçlendirme seçeneğinin gözetilmesi gerekmektedir.

Ülke genelindeki güçlendirme uygulamalarının uygulanmaması ve depreme dayanıklı yapıların inşa edilmemesi sonucu can ve mal kayıpları gözlemlenmiştir bu olaylara örnek olarak 1998 Ceyhan depremi 1999 İzmit depremi 2002 Sultandağı depremi yakın tarihimizde bizlere ders niteliğinde tecrübe olmuştur. Can ve mal kayıplarının yaşanmaması adına güçlendirme çalışmalarının önemi gözardı edilmemelidir.

Bu çalışmada yürürlüğe giren yeni 2018 türk deprem yönetmeliğinin güçlendirme bölümü ile 2007 yılında yürürlüğe giren ve şuanda yürürlükten kalkan türk deprem yönetmeliğinin güçlendirme bölümlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Önceki Çalışmalar: bu bölümde güçlendirme konusuyla alakalı yapılmış çalışmalara değinilmiştir.

Materyal ve Metot: TBDY 2018 yönetmeliğinde yeni eklenen parametreler irdelenmiştir. Doğrusal hesap yöntemleri incelenmiştir. Yeni deprem tehlike haritası hakkında incelemeler yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma bölümünde ise TBDY 2018 ve DBYBHY 2007 yönetmeliklerinin farklılıklarına yer verilmiş olup güçlendirme konusundaki farklılıklar irdelenmiştir.

Sonuç ve Öneriler bölümünde yapıların güçlendirme konusunda öncelikli bir durumda olduğundan ve TBDY 2018 ve DBYBHY 2007 yönetmeliklerinde güçlendirme tekniklerinin değişiminden ve bölgelerin yeni deprem yönetmeliğine göre Türkiye Deprem Tehlike Haritası'ndaki yerinden bahsedilmektedir.

Güçlendirmenin öneminin daha iyi anlaşılabilmesi adına 12 Kasım 1999 yılında meydana gelen ve hasar derecesi oldukça yüksek olan Düzce depremi sonra yıkılan bazı yapıların fotoğrafları şekil 1.1 ile gösterilmiştir.



Şekil 1.1. 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Sonrası Yapı (AFAD, 2019)



Şekil 1.2. 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Sonrası Bir Yapı (AFAD, 2019)



Şekil 1.3. 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Sonrası Bir Yapı (AFAD, 2019.)

Şekillerde görüldüğü üzere yıkılan yapıların hiçbiri tekrar kullanım amacı gözetilmeksizin zarar gören yapılardır. Pek tabi ki bu tür yapılardaki hasarların çoğu alınmamış olan önlemlerden ve proje ve yapım süreci aşamasında gözardı edilen parametreler ve belki yetersiz bilgi seviyesi yüzünden meydana gelen can ve mal kayıplarına sebebiyet veren doğal afet sonucudur. Günümüzde edinilen bilgiler belki de bu talihsiz olayların yaşanmasını önleyebilirdi.

Bir diğer örnek Adana'nın Ceyhan ilçesinde 27 Haziran 1998 tarihinde meydana gelen depremle örneklenebilir. Şekil 1.4 ve şekil 1.5 ile belirtilen fotoğraflar bu depremden etkilenen yapıları göstermektedir.



Şekil 1.4. 27 Haziran 1998 Ceyhan Depremi Sonrası Bir Yapı (AFAD, 2019)



Şekil 1.5. 27 Haziran 1998 Ceyhan Depremi Sonrası Bir Yapı (AFAD, 2019)

Şekilde görüldüğü üzere deprem etkilerinin can ve mal kayıplarına yol

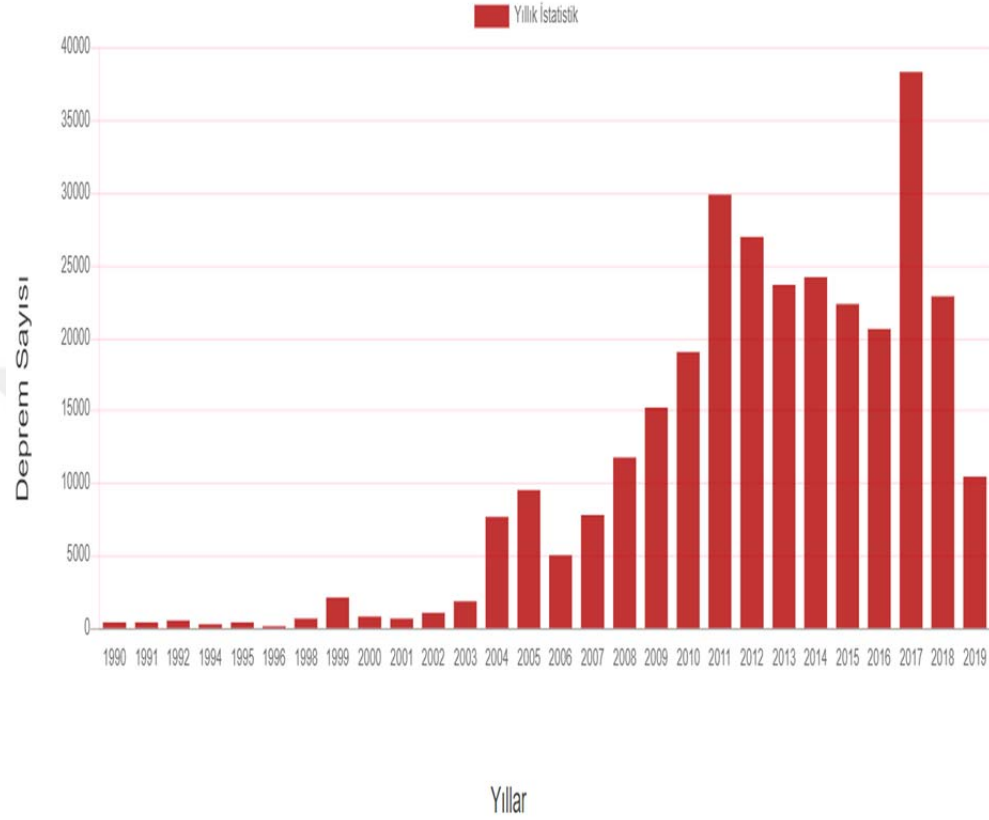
açtığı o dönemin AFAD raporlarından alınmıştır. Bahsedildiği üzere örnekler sayısız olarak çoğaltılabilir. Güçlendirme ve deprem bilimine verilmesi gereken önem bu iki bölgede meydana gelen depremlerin sonucundan bile anlaşılmaktadır.



Şekil 1.6. 1992 Erzincan Depremi Sonrası Bir Yapı (AFAD, 2019)

Şekil 1.6 ile belirtilen bu fotoğraf 1992 Erzincan depremine ait bir fotoğraftır. Yapıda meydana gelen zarar oldukça büyük olduğu görülmektedir

AFAD verilerinden elde edilen bilgiye göre dünyada meydana gelen depremlerin yıllara göre dağılımı şekil 1.7 ile gösterilmektedir.



Şekil 1.7. Dünya’da Meydana Gelen Depremlerin Yıllara Göre İstatistiği (AFAD, 2019)

Deprem sayısının yıllara göre dağılımını gösteren grafik son dönemlerde deprem yer hareketlerinin artışı göstermektedir bu istatistik verilerine dayanarak önümüzdeki yıllarda depremin getireceği zararları en aza indirmemiz için çalışmaların devam etmesi gerekmektedir.

Türkiye’de olduğu gibi dünya ülkelerinde de yer hareketleri önlem alınması gereken birincil konulardandır. Tarihsel depremlerin gözönüne alındığı durumda ve periyodik olarak kendini tekrarlaması beklenen yeryüzü hareketleri vardır bunlardan birisi Endonezya olarak belirtilmektedir.

Endonezya Jakarta çevresinde bölgedeki yapılanma yüzünden büyük bir endişe duyulmaktadır güçlendirme çalışmalarının bu bölgede artması olası bir depremde can ve mal kaybını en aza indirmesi beklenmektedir.

Deprem konusunda büyük kayıplar yaşayıp fakat bu kayıplardan iyi bir ders çıkartan Meksika ise yaklaşan depremlere karşı erken uyarı sistemine sahip bir ülkedir.1985 yılındaki deprem sonrasında almış oldukları önlemler sayesinde depremden dolayı oluşacak zararı en aza indirmeye yolunda büyük bir yol katetmektedir.

Beklenen en büyük depremlerden biri Filipinler’de meydana gelmesi beklenen deprem olarak belirtilmektedir.Manila Filipinler dünyanın en aktif fay hatlarından birine sahip olmakla beraber ülkede 1600’lü yıllardan beri büyük bir deprem meydana gelmemektedir.Yakın zaman içerisinde deprem hareketi beklenen Filipinler’de deprem riski her geçen gün daha da artmaktadır çünkü araştırma verilerine göre Filipinler’de meydana gelen depremin kendini tekrarlama periyodu 400 yıl olarak belirtilmektedir.

Pakistan’ın Islamabad kentinin zemini yumuşak zemin olarak bilinmektedir ve kentin yakınlarındaki aktif 5 fay hattı tehdidini her geçen gün arttırmaktadır bu aktif fay hatlarından birinin tetiklenmesi ile kentteki bir kaç katlı çoğu yapının zarar görmesi öngörülmüyor en kısa zamanda önlem alınması gereken durumlardan biri haline gelmektedir.

Hindistan’ın Delhi kenti yakınlarında deprem oluşmasına sebebiyet veren 20 tane aktif fay hattı bulunmaktadır kent yakınlarında uzun süredir büyük ölçekli yer hareketi meydana gelmemesi varsayımsal riskleri arttırmakla beraber alınması gereken önlemleri bir kat daha arttırmaktadır.Yapılan araştırmalar ise kentteki zayıf altyapının ve yeni yapılan inşaatların olası bir depremde büyük bir zarar göreceğini göstermektedir.

İstanbul’daki 16 milyon nüfuslu Türkiye’nin en büyük kentinde 2 büyük fay hattının kesişmesi tehlikeleri bir kat daha arttırmakta ve bu fay hatlarından yakın zamanda birinin harekete geçmesiyle alınan önlemlerde herhangi bir artış

gözlenmez ise büyük bir zarar göreceği öngörülmektedir.

Nepal'in Katmandu kentinde beklenenden uzun süren bir deprem hareketi beklenmektedir.Yapılan araştırmalar yer hareketinin geciktiğini göstermekte ve riskin her geçen gün daha da arttığını belirtmektedir.Richter ölçeğine göre şiddetinin 6'nın üzerinde olması beklenen yer hareketinin 20 ila 50 yıl içerisinde gerçekleşmesi beklenmektedir.

Kentsel dönüşüm: Ülkemizin kavramla yeni tanışmış olmasına rağmen uyum sürecinin çabucak atlatıldığı gözlemlenmektedir.Kentsel dönüşüm dünyanın birçok ülkesinde tamamına yakın diyebileceğimiz çoğunlukta yayılmış olmakla beraber kensel dönüşümün depremsel etkilerden dolayı oluşabilecek zararları en aza indirmek için güzel bir başlangıç olarak nitelendirilmektedir.Kentsel dönüşümün konusunun olduğu yerleşim yerlerinde risk analizlerinin ihtiyaçlarını doğurmaktadır. Yapılan araştırmalar ve analizler sonucunda yapının olası bir yer hareketi sonrasında alabileceği zarar bu yöntemler sayesinde tahmin edilebilir önlemleri alınabilir ve zararın en aza indirilmesi beklenmektedir.

Kentsel dönüşümü kavram olarak ele aldığımızda, bizlere yenilenme yada yeniden yapılanma gibi 2 alt kavramın anlamlarını doğurmaktadır. Yerleşme düzeni ve konumu açısından veya çevredeki sağlık koşullarının herhangi bir problem oluşturmadığı bölgelerde yapının analizlerinin yapıldıktan sonra mali bakımdan da uygunsa yıkılmadan sadece güçlendirilmesi daha mantıklı düşünülebilmektedir bu yöntemin seçilmesi kentsel dönüşüm kavramındaki yenilenme alt kavramının tanımına uymaktadır.

Yeniden yapılanma ise; kentin sosyo-kültürel anlamda ya da kentin dokusunun zarar görmesi durumunda uyum sağlayamadığı durumlarda yapılan analizlerinde sonucu ışığında tekrardan yapılanma istemi uyandırması tanımını doğurmaktadır.

Kentsel dönüşüm fikri, 19. yüzyıldan itibaren tüm dünyanın tanıştığı bir kavram olmakla beraber yapılan projeler dahilinde kentsel ihtiyaçların karşılanmaması durumunda alanların deprem gibi doğal afetlere dayanıklı hale

getirilmesi amacıyla gerekli adımların atılmasını öngören bir akım olarak belirtilmektedir.Dünyada pek çok başarılı kentsel dönüşüm uygulamasının örnekleri olmakla beraber bunlardan birisi 1945 yılı itibari ile yaşanmaz hale gelen Hiroşima olarak belirtilmektedir. Bir diğer örnek olarakta 1990 yılından itibaren kentsel dönüşüm fikrine ihtiyaç duyan Lübnan gösterilmektedir.



2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kırlangıçlı (2008), 'Re-Evaluation Of Earthquake Performance And Strengthening Alternatives Of Hagia Sophia' adlı çalışmada tarihi değerlerimizden olan Aya Sofya incelemesi yapmıştır ve muhtemel olarak gördüğü güçlendirme çeşitlerinin uygulanabilmesinin mümkün kılınabileceğini ve iki güçlendirme çeşidini kullanmıştır. Ana kemerleri ard gerilmiş tendonlarla güçlendirme ve yapıyı oluşturan elemanları FRP ile güçlendirip karşılaştırmıştır.

Atay (2010), 'Depremde Hasar Görmüş Yapıların Güçlendirme Yöntemleri Ve Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler' adlı çalışmada yapmış olduğu çalışmada birtakım güçlendirme ve hasarı gidermeye yönelik kullanmış olduğu yöntemlerde detaylı bilgi vermiş olup bu yöntemlerin olumlu ve olumsuz taraflarını karşılaştırmıştır.

Uluöz (2010), 'Mevcut Binaların Güçlendirme Maliyetlerine Etki Eden Parametreler' adlı çalışmada binanın güçlendirmesi için kullanılacak parametrelerin mali analizini yapmış ve bu detayların güçlendirme için m² birim fiyatını çıkarabileceğini görmüştür.

Ürünveren (2010), 'Çok Katlı Betonarme Yapılarda Deprem Performansının Belirlenmesi Yöntemleri ve Güçlendirme Önerileri' adlı çalışmada değerlendirmiş olduğu bir binanın depreme dayanıksız olduğunu tespit edip güçlendirme uygulamıştır. X ve Y doğrultusunda betonarme perde yöntemini kullanmış olup Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü hesap yöntemi tercih edilmiştir. Betondaki ve demir çubuklardaki birim yerdeğiştirmelerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Doğanay (2010), 'Yapıların Onarım Ve Güçlendirme Maliyetlerinin Excel Programıyla Belirlenmesi' adlı çalışmada 1980-89 tarihleri arasından seçtiği 3 farklı tip bina ile 1990-97 tarihleri arasından seçtiği 3 farklı binayı karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmasını Türkiye deprem yönetmeliği 1975 ve deprem bölgelerinde yapılacak binalarla ilgili yönetmelik 2007' yi kullanarak yapmıştır.

Bilen (2010), '2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bir Güçlendirme Uygulaması' adlı çalışmada incelemiş olduğu binanın 2007 deprem yönetmeliğine göre can güvenliği yönünden zayıf olduğunu tespit etmiş olup güçlendirme uygulamıştır, uygulamasını yaptıktan sonra performans düzeyi sayesinde binanın can güvenliğine uygun bir halde olduğunu anlamış olup yapmış olduğu güçlendirmeye ilgili maliyet çalışmasında irdelenmiş olup çalışmanın ekonomik yönden olumlu ve olumsuz yönlerini irdelenmiştir.

Sivri ve ark (2011), 'Betonarme Güçlendirme Perdelerinin Doğrusal Olmayan Davranışının Sonlu Elemanlar Yöntemi ile İncelenmesi' adlı çalışmada güçlendirme ihtiyacı olan bir yapıya betonarme perde eklenmesi yöntemi uygulanarak elde edilecek olan sonuçların analizleri sonlu elemanlar yöntemini kullanarak ve ANSYS bilgisayar programını kullanarak yapılmıştır. Ayrıca STA4CAD programı ile mevcut binanın güçlendirmeden önceki ve sonraki durumları irdelenmiştir.

Murat (2013), 'Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Binasının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Güçlendirme Önerisi' adlı çalışmada yapı güvenliğinin sağlanmadığını tespit ettiği bir binada güçlendirme uygulaması yapmıştır. Bu uygulamayı yaparken STA4CAD programından yararlanılmıştır ve güçlendirmenin sonunda can güvenliğinin sağlandığı görülmüş olup mevcut binadaki güçlendirmeden önce tespit edilen düzensizlikler ve kolon taşıma kapasiteleri hakkında sonuçlar elde edilmiştir.

Demirkan (2014), 'Betonarme Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri' adlı çalışmada STA4CAD programını kullanarak bir binaya güçlendirme yapmıştır.

Köse (2014), '1998 Deprem Yönetmeliğine Göre Yapılmış Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 Yönetmeliğine Göre Güçlendirme Önerisi' adlı çalışmada belirlemiş olduğu yapının hasar sınıfını belirlemiş olup. Çalışmasının ikinci aşamasında bu verileri STA4CAD programına girdikten sonra mevcut malzemelerin tümünü E2 olarak tanımladıktan sonra kuşatılmış kolon durumunu

sağlamayan elemanların tespitini yapmıştır. STA4CAD programı bilgi girişlerinde güçlendirme projesi kapsamında yapılacak takviye elemanlarda panel ve manto seçeneği seçilmiş olup güçlendirilecek olan yapının analizi tekrar yapılmış olup karşılaştırması irdelenmiştir.

Şik (2014), ‘Deprem Güvenliği Yetersiz Betonarme Bir Bina İçin Farklı Güçlendirme Önerilerinin Karşılaştırılması’ adlı çalışmada depreme dayanıksız olduğu tespit edilen bir binanın bir takım güçlendirme önerisiyle beraber çalışmaları tamamlanmıştır, yapılan bu çalışmaların sonucunda maliyet analizi çıkarılmış olup betonarme perde elemanının yapıya eklenmesi güçlendirme bakımından daha olumlu sonuç ortaya çıkarıldığı tespit edilmiştir.

Kocabey (2017), ‘Mevcut Betonarme Binalarda Kullanılan Güçlendirme Yöntemlerinin Hasar Olasılığı Bağlamında Değerlendirilmesi’ adlı çalışmada 2007 deprem yönetmeliği kapsamında doğrusal bir yöntem olmayan zaman tanım alanında itme analizi yaparak var olan betonarme perde elemanlarını artırıp yapıda meydana gelecek olan hasarı azaltmayı amaçlamıştır.

Kamıarfaz (2017), ‘Fay Hattına Yakın Olan Betonarme Yapılarının Kolon Ve Kiriş Ebatlarının Güçlendirme Amacıyla İncelenmesi’ adlı çalışmada çerçeve sistemli yapıları ele almış olup değişik modellerde güçlendirme uygularken bu yöntemin SAP2000 programını kullanarak analizlerini yapmıştır.Fay hattına olan uzaklıklarında irdelenmiş olup güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş yapılarla ilgili karşılaştırması yapılmıştır.

Yüzbaşı (2018), ‘Mevcut Betonarme Yapıların Depreme Karşı Güvenliğinin Araştırılması Ve Güçlendirilmesi’ adlı çalışmada deprem performans düzeyleri koşullarını sağlayamadığını öngördükleri mevcut okul yapılarının deprem analizlerini ve güçlendirme projelerini, yerinde toplanan parametreler ve yapılan sismik analizler ışığında 2007/2018 Türk deprem yönetmeliğine uygun bir şekilde hazırlamışlardır. Yapılan deprem analizi ve maliyet değerlendirmeleri sonucunda; hangi yapıların güçlendirileceği hangi yapıların yetersizlik ve yüksek maliyet nedeniyle yıkılması gerektiği konusunda çalışmışlardır. Ayrıca yapılan çalışmada

güçlendirmeye uygun olmayan riskli yapıların kontrollü bir şekilde patlatılarak yıkılması gerektiği de önerilmiştir.

Afzali (2018), ‘Mevcut Bir Betonarme Okul Binasının Betonarme Perdelerle Güçlendirme Alternatiflerinin Karşılaştırılması’ adlı çalışmada Edirne ilindeki bir okul binasını ele almış olup mevcut deprem yönetmeliği kapsamında incelendikten sonra depreme dayanıksız olduğu ve güçlendirme işleminin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu verilerden yola çıkarak yapılan bu çalışmada betonarme perde eklenmesi uygulaması tercih edilmiş olup işlemlerin analizleri tamamlandıktan sonra elde edilen analiz sonuçları güçlendirilmeden önceki sonuçlarla karşılaştırılıp yorumlanmıştır.

Çimen (2018), ‘Yapi Güçlendirme Maliyetine Hizli Yaklaşım Metodu Geliştirilmesi’ adlı çalışmada sonucunda 2007 deprem yönetmeliğine göre yapılan güçlendirme maliyet tahminlerinde tahmin kolaylığı sağlanması amaçlanmıştır, güçlendirme için kullanılacak olan elemanların tahmini giderleri IDECAD programının desteği ile birlikte mümkün kılınmıştır.

3.MATERYAL VE METOT**3.1.Doğrusal Hesap Yöntemleri İle Deprem Hesabı****3.1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi**

Eşdeğer deprem yüğü yöntemi x ve y deprem doğrultularında binaya etki eden depremler için ayrı şekilde uygulanacaktır. Verilmiş olan (Denklemler 3.1) x deprem doğrultusuna aittir.

$$V_t(E)^{(x)} = m_t S_{AR}(T_p^{(x)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (3.1)$$

Bu formülde;

$V_t(E)^{(x)}$; Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü Taban Kesme Kuvvetini

m_t : Binanın Toplam Kütlesi

S_{AR} : Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi

$T_p^{(x)}$: Hakim Doğal Titreşim Periyodu

S_{DS} : Tasarım Spektral İvme Katsayısı

Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi aşağıda verilen (Denklemler 3.2) ile belirtilmiştir. Yatay doğrultuda azaltılmış deprem yüklerinin belirlenmesi için kullanılacak olan azaltılmış tasarım ivme spektrumunun belirli bir T doğal titreşim periyodu için ordinatıdır.

$$S_{AR(T)} = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (3.2)$$

Burada;

$S_{ae}(T)$; DD2 deprem yer hareketi için Yatay Elastik Tasarım Spektral İvmesi

$R_a(T)$; Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

Gözönüne alınan herhangi deprem yer hareketi düzeyi için ‘yatay elastik tasarım ivme spektrumu’ nun ordinatları olan ‘Elastik Spektral İvmeleri doğal titreşim periyoduna bağlı olarak aşağıdaki denklem grubu 3.3 ile ifade edilmiştir.

$$\begin{aligned}
 S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\
 S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & (T_L \leq T)
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

Burada;

S_{DS} ve S_{D1} :Tasarım Spektral İvme Katsayılarını

T : Doğal Titreşim Periyodunu

T_A ve T_B : Yatay Tasarım Spektrumu Köşe Periyotlarını ifade etmektedir. S_{DS}

ve S_{D1} 'e bağlı olarak tanımlanmaktadır.

T_A ve T_B (Denklemler 3.4) ile aşağıda belirtilmiştir.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{3.4}$$

S_{DS} ve S_{D1} denklem 3.5 ve denklem 3.6 ile aşağıda belirtilmiştir. Harita Spektral İvme Katsayıları S_s ve S_1 tasarım spectral ivme katsayılarına dönüştürülür.

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (3.5)$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (3.6)$$

Burada;

S_s ve S_1 ; Harita Spektral İvme Katsayıları olarak ifade edilmektedir.

Boyutlu olmayan harita spectral ivme katsayıları dört deprem yer hareketi seviyesi için ‘Türkiye Deprem Haritaları’ kapsamında belirtilmiştir.

- Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı olarak ; S_s
- 1.0 saniyelik periyot durumu için ‘Harita Spektral İvme Katsayısı’ ; S_1

Birbirine dik doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik olarak ortalaması olan harita spectral ivme katsayıları belirli bir deprem yer hareketi için referans olarak alınan zemin koşulu $(V_s)_{(30)} = 760m/s$ baz alınarak %5 sönüm oranı için harita spectral ivmelerinin yerçekimi ivmesine bölümü işlemi sonrasında boyutsuz bir hal olarak belirtilmiştir.

3.1.1.1. Deprem Yer Hareketleri Seviyesi

Çizelge 3.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

DD-1	50 Yılda Aşılma Olasılığı %2	Tekrarlama Periyodu 2475 yıl
DD-2	50 Yılda Aşılma Olasılığı %10	Tekrarlama Periyodu 475 yıl
DD-3	50 Yılda Aşılma Olasılığı %50	Tekrarlama Periyodu 72 yıl
DD-4	50 Yılda Aşılma Olasılığı %68	Tekrarlama Periyodu 43 yıl

$T_p^{(x)}$ incelemesi; Binanın Hakim Doğal Titreşiminin Belirlenmesi daha kesin hesap yapılmadıkça aşağıda belirtilen denklem 3.7 hesaplanacaktır.

$$T_p^{(x)} = 2\pi \left[\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^{(x)^2}}{\sum_{i=1}^N F_{fi}^{(x)} d_{fi}^{(x)}} \right]^{0.5} \quad (3.7)$$

Burada;

$F_{fi}^{(x)}$; i. kata etkiyen fiktif yük olarak tanımlanan ve aşağıda belirtilen

(denklemler 3.8) de $(V_{tE}^{(x)} - \Delta F_{NE}^{(x)})$ yerine istediğimiz değeri (örnek olarak 200)

konularak elde edilecektir.

$$F_{iE}^{(x)} = (V_{tE}^{(x)} - \Delta F_{NE}^{(x)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (3.8)$$

Denklem 3.7 ile belirtilen m_t ‘binanın toplam kütlesi’ (Denklem 3.9) ile hesaplanır

$$m_t = \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.9)$$

3.1.1.2. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükünün Bulunması

Denklem 3.1’de hesaplanmış olan $V_{tE}^{(x)}$; bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak denklem 3.10 ile belirtilmiştir.

$$V_{tE}^{(x)} = \Delta F_{NE}^{(x)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(x)} \quad (3.10)$$

Burada;

$\Delta F_{NE}^{(x)}$; Binanın N. katına(en üst noktası) etkiyen ek eşdeğer deprem yüküdür formülasyonu denklem 3.11 ile belirtilmiştir.

$$\Delta F_{NE}^{(x)} = 0.0075 N V_{tE}^{(x)} \quad (3.11)$$

3.1.1.3. Kat Döşemelerinin Levha Sonlu Elemanlar ile Modellenmesi Durumu

Bu durumda i. kata j. düğüm noktasına etki eden eşdeğer deprem yükü denklem 3.12 ile belirtilmiştir.

$$f_{jE}^{(s)} = \frac{F_{iE}^{(x)}}{m_i} m_j^{(s)} \quad (3.12)$$

Burada;

$m_j^{(s)}$; j. düğüm noktasının denklem 3.13 ile belirtilen tekil kütlesidir.

$$w_j^{(s)} = w_{Gj}^{(s)} + n w_{Qj}^{(s)}; m_j^{(s)} = \frac{w_j^{(s)}}{g} \quad (3.13)$$

Burada;

$w_{Gj}^{(s)}$ ve $w_{Qj}^{(s)}$; Sonlu eleman düğüm noktası j'ye etki eden sabit ve hareketli yükün bileşkesidir.

n ; Hareketli yük katılım katsayısıdır.

Çizelge 3.2. Hareketli Yük Katsayısı Değerleri

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.8
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, lokanta, mağaza, vb.	0.6
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark vb.	0.3

Deprem yüklerinin etkisi altında bina tabanının devrilme momenti denklem 3.14 ile belirtildiği gibi hesaplanacaktır.

$$M_o^{(x)} = \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(x)} H_i \quad (3.14)$$

Binanın hakim doğal titreşim periyodu deprem hesabı yapıldığında periyodun alabileceği en yüksek değer denklem 3.15 ile hesaplanan değer 1.4 katını aşmayacaktır.

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (3.15)$$

Burada C_t katsayısının alabileceği değerler Çizelge 3.3 ile belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. C_t 'nin Alabileceği Değerler

Taşıyıcı sistemi betonarme çerçeve şeklinde olan binalar için	$C_t = 0.1$
Taşıyıcı sistemi çelik çerçeve veya çaprazlı çelik çerçeveler şeklinde olan binalar için	$C_t = 0.02$
Diğer tüm binalar için	$C_t = 0.08$

Deprem dolayısı ile gelen tüm kuvvetlerin binadaki betonarme perdeler ile karşılandığı durumlar için C_t değeri denklem 3.16 ile belirtilmiştir.

$$C_t = \frac{0.1}{\sqrt{A_t}} \leq 0.07 \quad (3.16)$$

Burada;

A_t ; Eşdeğer alan olarak tanımlanır ve **denklem 3.17** ile bulunacaktır.

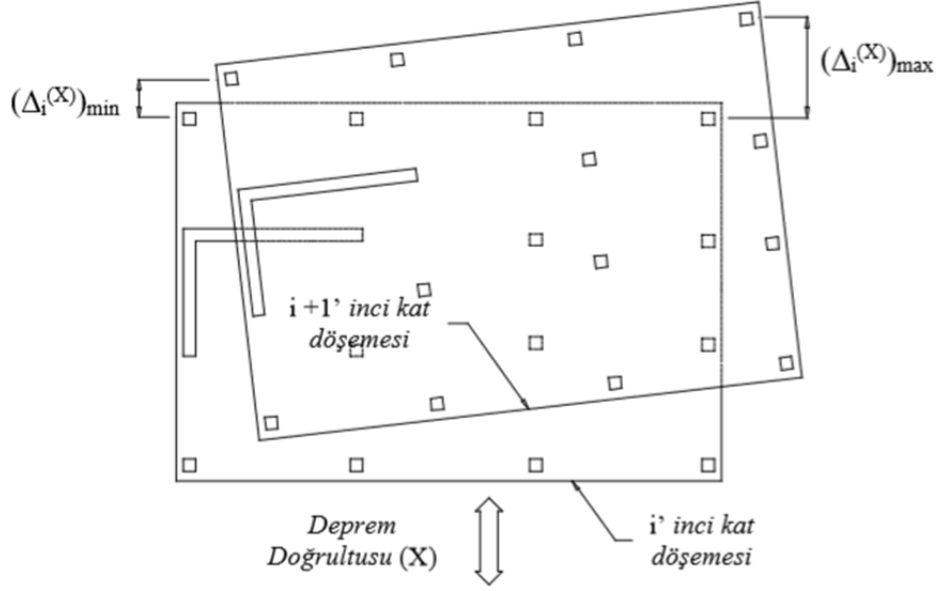
$$A_t = \sum_j A_{wj} \left[0.2 + \left(\frac{l_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \leq \sum_j A_{wj} \quad (3.17)$$

3.1.1.4. Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabında Burulma Hesabı

Binanın herhangi i. katında çizelge 3.4 ile belirtilen A1 türünde düzensiz bir durum saptanması halinde $\pm\%5$ ek dışmerkezlik her iki yöndeki deprem doğrultuları için D_{bi} katsayı değeri ile çarpılıp genişletilecektir.

Çizelge 3.4. A1 Burulma Düzensizliği ve A2 Döşeme Süreksizliği Durumda İzlenecek Adımlar

A- Planda Düzensizlik Durumları
A1-Burulma Düzensizliği: Birbirine dik doğrultudaki 2 deprem doğrultusunun x veya y doğrultusu için, herhangi bir kattaki en yüksek değerli görel kat ötelemesinin o kattaki ve aynı doğrultudaki görel kat ötelemesinin ortalamasına oranını gösteren Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2 değerinden büyük olması durumu sonucu ortaya çıkan düzensizlik durumudur. Şekil 3.1'de gösterilmiştir. $v_{alt}^{(X)} = (1 - v_{üst}^{(X)}) \frac{(R_a)_{üst}}{(R_a)_{alt}}$
A2- Döşeme Süreksizlikleri: Binadaki herhangi bir katın döşemesindeki; • Depremden dolayı oluşan yüklerin düşey düzlemde bulunan taşıyıcı elemanlara doğru bir şekilde aktarılmasını engelleyen döşeme üzerindeki boşlukların bulunması durumu. • Döşemenin düzlemindeki rijitliğin ve dayanım oranındaki ani azalma durumu. • Merdiven ve asansör boşluklarının da dahil olduğu toplam boşluk alanı kat brüt alanının üçte biri (1/3) oranından fazla olması durumu.



Şekil 3.1 (Döşemelerin kendi düzlemleri içerisinde rijit eleman olarak çalışmaları durumu)

Şekil 3.1 de belirtildiği üzere her döşeme kendi düzlemi içerisinde rijit olarak çalışması durumu için çözüm **denklem 3.18** ile belirtilmiştir.

$$(\Delta_i^{(X)})_{ort} = 0.5 \left[(\Delta_i^{(X)})_{max} + (\Delta_i^{(X)})_{min} \right] \quad (3.18)$$

Burulma Düzensizliği Katsayısı: $\eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{max} / (\Delta_i^{(X)})_{ort}$

Burulma Düzensizliği Durumu: $\eta_{bi} > 1.2$

Bina planında A1 düzensizliği saptandığı takdirde D_{bi} katsayısı denklem 3.19 ile belirlenecektir.

$$D_{bi} = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (3.19)$$

Deprem hesabının doğrusal deprem hesabı ile hesaplanması durumlarında modelleme yapmanın zorluklarının giderilmesi için deprem yükünün kaydırılması yerine ana düğüm noktasına etkiyen eşdeğer deprem yükü $F_{iE}^{(x)}$ ile beraber denklem 3.20 ile belirtilen ek kat burulma momentinin göz önüne alınması önerilir.

$$M_{ib}^{(x)} = F_{iE}^{(x)} e \quad (3.20)$$

Burada;

$M_{ib}^{(x)}$; Ek Kat Burulma Momenti

$F_{iE}^{(x)}$; (X) Deprem Yönünde i'nci Kat Kütle Merkezine Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü

e ; $\pm\%5$ Ek dışmerkezlilik

3.1.1.5. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Bodrumlu Binaların Hesabı

Aşağıda belirtilen durumlar çerçevesinde verilen şartları sağlayan (1 ve 2 durumları) bodrumlu binalarda binanın tabanı, bodrum perdelerinin üst kotundaki kat döşemesi seviyesinde tanımlanmıştır.

1. Rijit olan bodrum perdelerinin yapının en az 3 tarafını çevirmesi durumu.
2. Doğrultuları dik bina eksenlerinin her birinin doğrultusundaki hakim titreşim modunda, bodrum katlar dahil olmak üzere, binanın tümü için hesaplanan 'doğal

titreşim periyodunun' aynı taşıyıcı sistemde zemin kat döşemesi dahil bütün bodrum kütleleri hesaba katılmaksızın aynı doğrultuda hesaplanan 'doğal titreşim periyodu'na oranının 1.1 den küçük olması durumu.

$$(T_{p,tüm} \leq 1.1T_{p,üst})$$

Rijit perdeler ile dıştan çevrelenen bodrumların olduğu yapılarla ilgili olarak; binanın üst bölümü ve bodrumlu alt bölümü 'ortak tek bir taşıyıcı' olarak modellenenecektir. Bu tarz binaların deprem hesabı aşağıda belirtilen yöntemlerden herhangi biriyle yapılabilir.(a ve b başlıklı olarak 2 farklı hesap yöntemi anlatılmıştır)

- a) Taşıyıcı sistemin tümü üst bölüm+ alt bölüm gözönüne alınarak yapılan hesaplama;
- a.1) Üst bölümdeki taşıyıcı sistem elemanlarının sünek davranışına karşı gelen 'azaltılmış iç kuvvetler' üst bölüm için Çizelge 3.5'ten alınacak olan $R_{üst}$ ve $D_{üst}$ katsayıları ve $T_p^{(x)}$ 'e bağlı olarak denklem 3.21 ve denklem 3.22 ile hesaplanacak olan $(R_a)_{üst}$ yardımı ile elde edilecektir.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (3.21)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (3.22)$$

Çizelge 3.5.Betonarme ve Çelik Binalar İçin R, D ve İzin Verilen BYS Sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–
A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	$BYS \geq 4$
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2.5	$BYS \geq 4$
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı dolgu (asmolen) veya dolgu tek doğrultulu dışli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 6$
A24. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı dolgu (asmolen) veya dolgu tek doğrultulu dışli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5	$BYS \geq 6$
A3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.3, 4.3.4.7)			
A31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	$BYS \geq 7$
A32. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 6$
A33. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 6$

Çizelge 3.5. devamı

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
B. ÖNÜRETİMLİ BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
B1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
B11. Deprem etkilerinin tamamının bağlantıları moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> önüretimli çerçevelerle karşılandığı binalar			
MAB1, MAB2 tipi moment aktaran bağlantılar:	7	2.5	$BYS \geq 4$
MAB3, MAB4 tipi moment aktaran bağlantılar:	5	2.5	$BYS \geq 6$
B12. Deprem etkilerinin bağlantıları moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> önüretimli çerçeveler ile, <i>süneklik düzeyi yüksek</i> yerinde dökme bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)			
MAB1, MAB2 tipi moment aktaran bağlantılar:	7	2.5	$BYS \geq 2$
MAB3, MAB4 tipi moment aktaran bağlantılar:	5	2.5	$BYS \geq 6$
B13. Deprem etkilerinin bağlantıları moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> önüretimli çerçeveler ile, <i>süneklik düzeyi yüksek</i> yerinde dökme boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)			
MAB1, MAB2 tipi moment aktaran bağlantılar:	6	2.5	$BYS \geq 2$
MAB3, MAB4 tipi moment aktaran bağlantılar:	5	2.5	$BYS \geq 6$
B14. Düşey yüklerin bağlantıları mafsallı önüretimli ve iki doğrultulu çerçeveler ile, deprem etkilerinin tamamının ise <i>süneklik düzeyi yüksek</i> yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 7$
B15. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–
B2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
B21. Deprem etkilerinin bağlantıları moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> önüretimli çerçeveler ile, <i>süneklik düzeyi yüksek</i> yerinde dökme bağ kirişli (boşluklu) veya boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar			
MAB1, MAB2 tipi moment aktaran bağlantılar:	5	2.5	$BYS \geq 5$
MAB3, MAB4 tipi moment aktaran bağlantılar:	4	2.5	$BYS \geq 6$
B3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.7)			
B31. Deprem etkilerinin tamamının bağlantıları moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> önüretimli çerçevelerle karşılandığı binalar	3	2	$BYS = 8$
B32. Deprem etkilerinin bağlantıları moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> önüretimli çerçeveler ile, yerinde dökme <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	3	2	$BYS \geq 7$
B33. Deprem yüklerinin tamamının önüretimli betonarme düşey çift cidarlı paneller tarafından karşılandığı <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> binalar	4	2	$BYS \geq 6$
B34. Deprem yüklerinin tamamının önüretimli betonarme düşey tek cidarlı paneller tarafından karşılandığı <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> binalar	3	2	$BYS \geq 7$

Çizelge 3.5. devamı

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
C. ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
C1. Sünellik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>sünellik düzeyi yüksek</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
C12. Deprem etkilerinin tamamının <i>sünellik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	2.5	$BYS \geq 2$
C13. Deprem etkilerinin tamamının <i>sünellik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	5	2	$BYS \geq 4$
C14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünellik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>sünellik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sünellik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	3	$BYS \geq 2$
C15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünellik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>sünellik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sünellik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	6	2.5	$BYS \geq 2$
C16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>sünellik düzeyi yüksek</i> çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	4	2	–
C2. Sünellik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
C21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>sünellik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sünellik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	$BYS \geq 4$
C22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>sünellik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sünellik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2	$BYS \geq 4$
C3. Sünellik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.7)			
C31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	$BYS \geq 7$
C32. Deprem etkilerinin tamamının <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> merkezi çaprazlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	3	2	$BYS = 8$
C33. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 7$

Çizelge 3.5. devamı

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
D. HAFİF ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
D1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
Deprem etkilerinin tamamının vidalı, bulonlu sac, OSB veya kontrplak (plywood) duvar panelleri ile karşılandığı süneklik düzeyi yüksek hafif çelik binalar	4	2	BYS = 8
D2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz.4.3.4.1)			
Deprem etkilerinin tamamının alçı levhalar içeren kaplamalı veya çaprazlı panellerle karşılandığı süneklik düzeyi sınırlı hafif çelik binalar	3	2	BYS = 8
E. YIĞMA BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
E1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
E11. Donatılı yığma binalar	4	2	BYS ≥ 7
E12. Donatılı gazbeton panel binalar	4	2	BYS ≥ 7
E2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz.4.3.4.1)			
E21. Kuşatılmış yığma binalar	3	2	BYS = 8
E22. Donatısız yığma binalar	2.5	1.5	BYS = 8
F. AHŞAP BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
F1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
Deprem etkilerinin tamamının çivili veya vidalı OSB veya kontrplak (plywood) duvar panelleri ile karşılandığı süneklik düzeyi yüksek ahşap binalar	4	2	BYS ≥ 7
F2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz.4.3.4.1)			
Deprem etkilerinin tamamının çivi, vida ve bulon ile birleştirilen tutkallı duvar panelleri ile veya ahşap çaprazlarla karşılandığı süneklik düzeyi sınırlı ahşap binalar	3	2	BYS = 8

Burada;

I ; Bina Önem Katsayısı Değeri Çizelge 3.6 yardımı ile bulunacaktır.

Çizelge 3.6. Bina Önem Katsayıları ve Bina Kullanım Sınıfları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık, ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlatıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan madeelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS=3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, otelleri, bina türü, endüstri yapıları, vb.)	1.0

a.2) Üst bölümdeki taşıyıcı system elemanlarının sünek olmayan davranışına karşı gelen ‘azaltılmış iç kuvvetler ise (a.1)’ de elde edilen $D_{üst}$ katsayısı ile çarpımından elde edilecektir.

a.3) Alt bölümdeki taşıyıcı system elemanlarının sünek davranışına karşı gelen azaltılmış iç kuvvetler denklem 3.23 ile belirtilen $(\bar{R}_a)_{alt}$ ile belirlenecektir.

$$(\bar{R}_a)_{alt} = \frac{(R_a)_{üst}}{v^{(X)}} \quad (3.23)$$

Burada;

$v^{(X)}$; Binanın alt bölümü için uygulanan eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısının hesabında kullanılan katsayıyı ifade eder ve denklem 3.24 ve denklem 3.25 ile belirtilmiştir.

$$v^{(X)} = v_{üst}^{(X)} + v_{alt}^{(X)} \quad (3.24)$$

$$v_{alt}^{(X)} = (1 - v_{üst}^{(X)}) \frac{(R_a)_{üst}}{(R_a)_{alt}} ; \quad v_{üst}^{(X)} = \frac{V_{x,üst}^{(X)}}{V_{x,tüm}^{(X)}} \quad (3.25)$$

Burada;

$v_{üst}^{(X)}$; Üst bölümden alt bölüme aktarılmış olan iç kuvvetleri hesaplamak için kullanılan katsayı

$v_{alt}^{(X)}$; Alt bölümün kendi titreşiminden oluşan azaltılmış kuvvetleri hesaplamak için kullanılan katsayı

$V_{x,üst}^{(X)}$; Üst bölüm taban kesme kuvveti

$V_{x,tüm}^{(X)}$; Tüm taşıyıcı sistemin (üst bölüm+alt bölüm) taban kesme kuvveti

$(R_a)_{üst}$; Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

a.4) Alt bölümdeki taşıyıcı sistem elemanlarının sünek olmayan davranışına karşılık gelen azaltılmış iç kuvvetler (a.3) ile hesaplanmış olan iç kuvvetlerin denklem 3.26 ile belirtilmiş olan $\bar{D}_{alt}^{(X)}$ katsayısı ile çarpımından elde edilecektir.

$$\bar{D}_{alt}^{(X)} = \frac{0.6v_{üst}^{(X)} D_{üst} + v_{alt}^{(X)} D_{alt}}{v^{(X)}} \quad (3.26)$$

Burada;

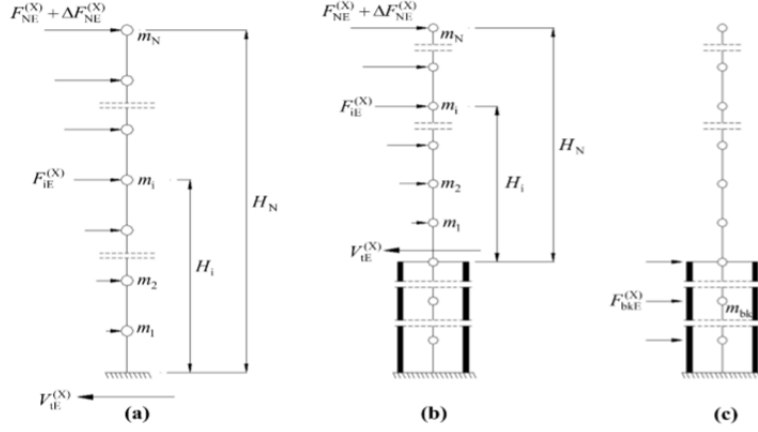
$\bar{D}_{alt}^{(X)}$; Eşdeğer Dayanım Fazlalığı Katsayısı

b.) İki Yükleme Durumlu Hesap Yöntemi

Birinci yükleme durumunda ortak tek taşıyıcı sistem durumunda denklem 3.24 ve denklem 3.25 ile belirlenecek olan eşdeğer deprem yükleri sadece üst kısma etki ettirilecek. Hesapta $R_{üst}$ ve $D_{üst}$ katsayıları çizelge 3.5 yardımı ile bulunup ve $R_{a,üst}$ kullanılacaktır. Birinci yükleme durumunda hem üst hemde alt kısım azaltılmış iç kuvvetler bulunur.

İkinci yükleme durumunda; ortak tek taşıyıcı sistem modeli olarak yalnızca alt kısımdaki bodrum katlarının kütleleri , denklem 3.28 ile T yerine 0 değeri konularak $S_{aR}(0)$ ile çarpılarak bu katlardaki etkili ve yaklaşık olarak eş değer deprem yükü elde edilir. Şekil 3.2 ile gösterilmiştir.

Yapılacak olan bu hesapta denklem 3.24 de hesaplanan deprem yükü azaltma katsayısı $(R_a)_{alt} = D_{alt} = 1.5$ olarak alınmaktadır. Sonuç olarak yapılan ikinci yükleme durumunda alt kısımdaki azaltılmış iç kuvvetler bulunur.



Şekil 3.2. İki Yükleme Durumlu Hesap Yöntemi

$$S_{AR(T)} = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (3.27)$$

$$F_{iE}^{(x)} = \left(V_{tE}^{(x)} - \Delta F_{NE}^{(x)} \right) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (3.28)$$

$$f_{jE}^{(s)} = \frac{F_{iE}^{(x)}}{m_i} m_j^{(s)} \quad (3.29)$$

3.1.2. Modal Hesap Yöntemleri ile Doğrusal Hesap Yöntemi

Bu yöntemde verilen herhangi bir deprem doğrultusunda ‘Deprem Tasarım Spektrumu’ yardımı ile gözönüne alınan her titreşim modunda davranış büyüklük değerlerinin en büyükleri modal hesap yöntemi ile bulunur. Yeterli sayıda titreşim modu için hesaplanmış olan fakat eşzamanlı olarak değerlendirilemeyen en büyük modal davranış büyüklükleri sonrasında istatistiksel yöntemlerle birleştirilip en büyük davranış büyüklüklerinin yaklaşık olarak değerleri elde edilir.

Bu yöntem için belirtilen parametreler (X) deprem doğrultusu için verilmiş olup ayrı olarak (Y) deprem doğrultusu içinde hesaplanacaktır. Belirtilen (X) deprem doğrultusu için herhangi bir n’inci titreşim modunda herhangi bir davranış

büyükliğini; yerdeğiştirme ve iç kuvvetler bileşeni olarak tanımlanabilir en büyük modal davranış büyüklüğü $r_{n,\max}^{(X)}$ denklem 3.30 ile tanımlanmıştır.

$$r_{n,\max}^{(X)} = \bar{r}_n^{(X)} S_{aR}(T_n) \quad (3.30)$$

Burada;

$\bar{r}_n^{(X)}$; Birim Modal Davranış Büyüklüğü.

$S_{aR}(T_n)$; n. doğal titreşim periyodu olan T_n için hesaplanan Azaltılmış Tasarım Spektrum İvmesi.

İstatiksel olarak birleştirme yöntemi 4 başlıkla açıklanmıştır (a, b, c ve d olmak üzere)

a.Bu yöntemlerde iç kuvvetlerin bileşenleri; toplam yerdeğiştirme ve görel kat ötelemeleri gibi davranış büyüklüklerinin hepsi için ayrı şekilde uygulanacak şekilde ve her titreşim modu için denklem 3.30 ile hesaplanan en büyük değerli modal katkılar denklem 3.31 ile birleştirilecektir. Bu birleştirme ise *Tam Karesel Birleştirme* olarak anılacaktır.

$$r_{\max}^{(X)} = \sqrt{\sum_{m=1}^{YM} \sum_{n=1}^{YM} r_{m,\max}^{(X)} \rho_{mn} r_{n,\max}^{(X)}} \quad (3.31)$$

Burada;

$r_{m,\max}^{(X)}$ ve $r_{n,\max}^{(X)}$; En Büyük Modal Davranış Büyüklükleri (m'nci ve n'nci titreşim modları için)

ρ_{mn} ; Çapraz Korelasyon Katsayısı olarak ifade edilir denklem 3.32 ile hesaplanacaktır.

$$\rho_{mn} = \frac{8\sqrt{\zeta_m \zeta_n} (\beta_{mn} \zeta_n + \zeta_m) \beta_{mn}^{\frac{3}{2}}}{(1 - \beta_{mn}^2)^2 + 4\zeta_m \zeta_n \beta_{mn} (1 + \beta_{mn}^2) + 4(\zeta_m^2 + \zeta_n^2) \beta_{mn}^2} \quad (3.32)$$

Burada;

ζ_m ve ζ_n ; Modal Sönüm Oranlarını ifade eder.

β_{mn} ; m. ve n. doğal titreşim periyotlarının birbirine oranını ifade eder. Denklem 3.33 ile gösterilmiştir.

$$\beta_{mn} = \frac{T_m}{T_n} \quad (3.33)$$

b. Modal sönüm oranlarının tüm modlar için aynı olması tahmini yürütüldüğü zaman çapraz korelasyon katsayısı denklem 3.34 ile belirtildiği gibi hesaplanacaktır.

$$\rho_{mn} = \frac{8\zeta^2 (1 + \beta_{mn}) \beta_{mn}^{\frac{3}{2}}}{(1 - \beta_{mn}^2)^2 + 4\zeta^2 \beta_{mn} (1 + \beta_{mn})^2} \quad ; \quad (\zeta_m = \zeta_n = \zeta) \quad ($$

3.34)

c. Hesapta kullanmak üzere incelenen tüm modlarda $\beta_{mn} < 0.8$ durumunun olması halinde bir diğer mod birleştirme yöntemi olan fakat verilen ilk yöntem kadar yaygın olmayan *Karelerin Toplamının Karekökü* kuralı uygulanmak üzere incelenir.

$$r_{\max}^{(X)} = \sqrt{\sum_{n=1}^{YM} (r_{n,\max}^{(X)})^2} \quad (3.35)$$

Bu birleştirme yöntemi ayrıca denklem 3.34 ile belirtilen $\rho_{mn} = 0$ ($m \neq n$) ve

$\rho_{mn} = 1$ ($m = n$) durumu olduğu zaman kullanılabilen denklemdir.

d. İncelenen (X) deprem doğrultusu için n'nci titreşim modunda 'En Büyük Modal Taban Kesme Kuvveti' denklem 3.36 ile belirtilmiştir.

$$V_{txn,max}^{(X)} = \sum_{i=1}^N f_{ixn,max}^{(X)} = m_{txn}^{(X)} S_{aR}(T_n) \quad (3.36)$$

İncelenen (X) deprem doğrultusu için n'nci titreşim modu için 'En Büyük Taban Devrilme Momenti' denklem 3.37 ile belirtilmiştir.

$$M_{oxn,max}^{(X)} = \sum_{i=1}^N f_{ixn,max}^{(X)} H_i \quad (3.37)$$

Burada;

$f_{ixn,max}^{(X)}$; (X) deprem yönündeki i'nci kata etkiyen n'nci titreşim modunda En Büyük Modal Deprem Yüğü.

$m_{txn}^{(X)}$; (X) deprem yönü için binanın x eksen yönündeki n'nci titreşim moduna ait Taban Kesme Kuvveti Modal etkin Kütlesi,

H_i ; Yapının bodrum katının bitimindeki üst bölüm olarak adlandırılan yerden i'nci katın üst bölümü olarak tabir edilen yerin tabanından itibaren ölçülen yükseklik.

3.2. Güçlendirme Tasarımı

3.2.1. Binalardan Bilgi Toplanması

İncelenen binaların var olan taşıyıcı sistemlerinin kapasitelerini belirlemek ve deprem dolayısıyla oluşacak gerilmelere dayanım değerlendirmesi yapılmadan önce incelenen yapı hakkında bilgi toplanması gerekmektedir. Bu bilgiler yapının projesinden elde edilebilir veya binalardan alınacak karot örneklerinin incelenmesi

sonucu bina hakkında önemli bilgi seviyelerine ulaşılabilir.TBDY 2018 ‘e göre bilgi düzeyleri çizelge 3.7 de belirtilmiştir.

Çizelge 3.7. Bilgi Düzey Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

3.2.1.1. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

- Röleve yardımıyla bina prjesindeki taşıyıcı elemanlar belirlenecektir.
- Temel çeşidi yapı etrafında veya yapı sınırı içinde açılacak olan bacalar yardımı ile belirlenecektir.
- Yapıda herhangi bir olumsuzluk var ise (kısa kolon vb.) plana dahil edilecektir.
- Perde ve kolonların beton örtüsünün %5'i kadarı sıyrılarak donatı tespiti yapılmalıdır.
- Her kattaki taşıyıcı sistem elemanlarından olan kolonlardan yada perdelerden TS-12504-1'de bahsedilen şartlara uygun bir biçimde en az 3 adet incelenmek üzere karot örneği alınacaktır.Karot özellikleri uzunluk ve anma çapı eşit ve 100 mm olacak şekilde ayarlanmalıdır.

3.2.1.2. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

- Betonarme yapının plan projesi mevcut ise bilgi düzeyi kapsamlı olarak anılır.
- Betonarme yapılardaki sınırlı bilgi düzeyinde olduğu gibi kapsamlı bilgi düzeyinde de 3 adet numune karotu alınıp incelemelerde bulunulacak.

- Paspayı sıyrılmayan kolonların ve perdelerin %20'sinde ve çerçeve kirişlerin %10'unda enine ve boyuna donatı miktarı ve yerleştirilme durumu donatı tespit cihazları yardımıyla bulunacaktır.
- Betonarme yapının taşıyıcı sisteminin elemanlarından olan kolonlardan veya perdelerden TS EN-12504-1'de belirtilen koşulların uygun şekilde zemin katta 3 diğer katlarda 2'den az olmaması şartı ile tüm betonarme yapıda ise toplamından 9 adetten az olmamak şartı ile her 400 m²'den 1 tane beton örneği alınıp deney yapılacaktır.
- Farklı anma çapı ve uzunluklara sahip karot örneklerinden elde edilmiş olan deney sonuçlarının dönüştürülmesinde uygun dönüştürme katsayıları esas alınmalıdır. Taşıyıcı sistem elemanının kapasitesi hesaplanması durumunda karot örneklerinden elde edilen 'eksi standart sapma' ile '0.85 çarpı ortalama' değerleri içerisinde daha büyük olanı 'mevcut beton dayanımı' olarak tanımlanacaktır.

3.2.2. Betonarme Yapılarda Hasar Sınırlarının ve Bölgelerinin Belirlenmesi

Hasar sınırlarını ve bölgelerini belirlerken sünek elemanlar için tanımlanan 3 hasar durumu ve bu durumları tanımlayan 3 hasar sınırı vardır. Bunlar aşağıda tanımlanmıştır.

Sınırlı Hasar (SH): İncelenen kesitte sınırlı çoklukta elastik ötesi davranışa

Kontrollü Hasar (KH): Kesit dayanımı güvenli olarak anılabileceği elastik ötesi davranışı tanımlar.

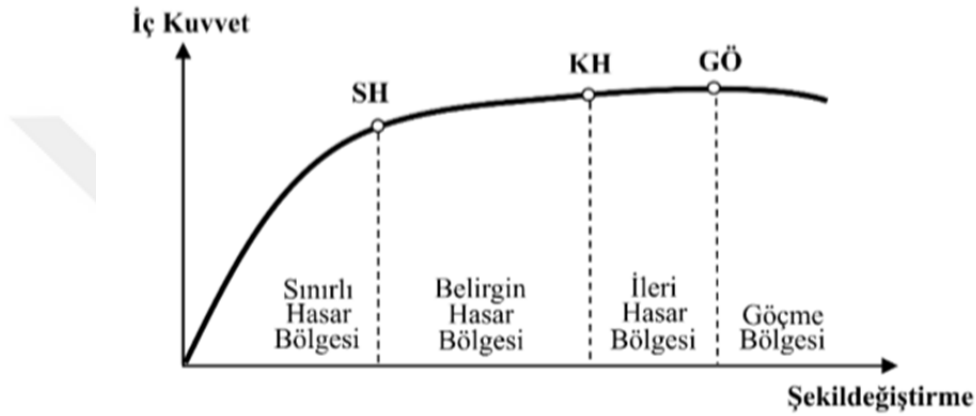
Göçme Öncesi Hasar (GÖ): Elastik ötesi davranışın tehlikeli boyutta olduğu durumu tanımlar.

Bu tanımlanan hasar sınırlarına gevrek olarak hasar görmüş yapılar dahil edilmeyecektir.

3.2.3. Kesit Hasar Bölgelerinin Belirlenmesi

Kesitlerin sınırı SH ye dayanmayan taşıyıcı sistem elemanları 'Sınırlı

Hasar Bölgesi' içerisinde değerlendirmeye alınır. SH ile KH aralıklarında yer alan betonarme taşıyıcı sistem elemanları 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde değerlendirmeye alınır. KH ile GÖ arasında kalan taşıyıcı sistem elemanları 'Göçme Bölgesi'nde değerlendirmeye alınır ve alınacak önlemler bu hasar bölgelerine göre şekillenir. Bahsedilen bu hasar bölgeler şekil 3.3 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.3. İç Kuvvet ve Şekil değiştirmeye Bağlı Olarak Belirlenen Kesit Hasar Bölgeleri

Şekil 3.3 ile gösterilen ve 3.1 ve 3.2'de belirtilen yöntemler ışığında hesaplanan iç kuvvetlerin sayısal değerlerin karşılaştırılması sonucunda taşıyıcı sistem hasarının hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir.

3.2.4. TBDY 2018 'e Göre Deprem Hesabı Yapılmadan Uyulması Gereken Kriterler

Deprem hesabına başlamadan önce deprem etkilerinin tanımları ve depremin yer hareketlerinden kaynaklanan düzeyleri hakkında bilgiye ihtiyaç vardır.

Deprem yer hareketi düzeyleri aşağıda tanımlanmıştır ve kısaltmaları verilmiştir.

3.2.4.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi 1 (DD 1)

50 yıl içerisinde aşıma olasılıkları düşünülünce %2'lik olasılığın alındığı bu olasılık oranına karşılık gelen kendini tekrarlama periyodunun 2475 yıla denk geldiği deprem yer hareketi düzeyidir.

3.2.4.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi 2 (DD 2)

50 yıl süre içerisinde aşıma olasılığı ele alınınca %10 luk olasılığın alındığı ve kendini yıllar içerisinde kendini tekrarlama periyodunun 475 yıla denk geldi deprem yer hareketi düzeyidir.

3.2.4.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi 3 (DD 3)

Spektral büyüklüklerin 50 yıl içerisindeki aşıma olasılığının % 50 olasılık değerinin olduğu ve yıllar içerisinde kendini tekrarlama periyodunun 72 yıla denk geldiği deprem yer hareketi düzeyidir.

3.2.4.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi 4 (DD 4)

Spektral büyüklüklerin 50 yıl içerisindeki aşıma olasılığının %68 olduğu ve yıllar içerisinde kendini tekrarlama periyodunun 43 yıla denk geldiği deprem yer hareketi düzeyidir.

3.1.1 bölümü ile bahsedilen yatay elastik tasarım spektral denklemleri aşağıda verilmiştir.

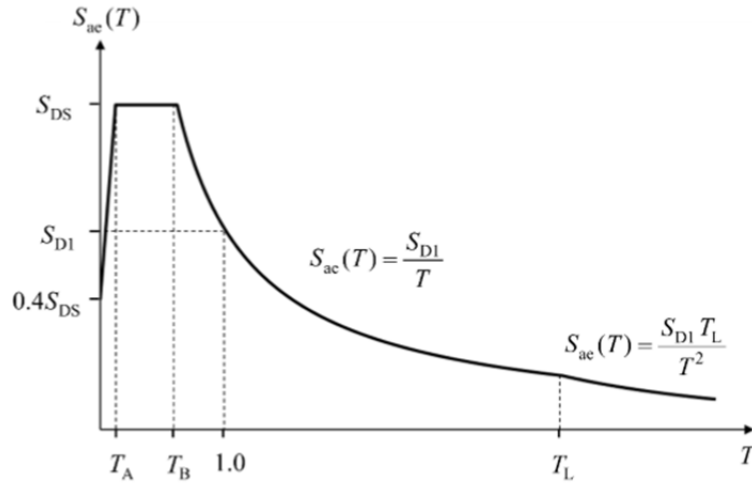
$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.38)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.39)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.40)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (3.41)$$

Yatay elastik spektral ivmelerinin T periyoduna bağlı grafik incelemesi aşağıdaki şekil 3.4 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Yatay Elastik Spektral İvmelerin Doğal Titreşim Periyoduna Bağlı Grafiği

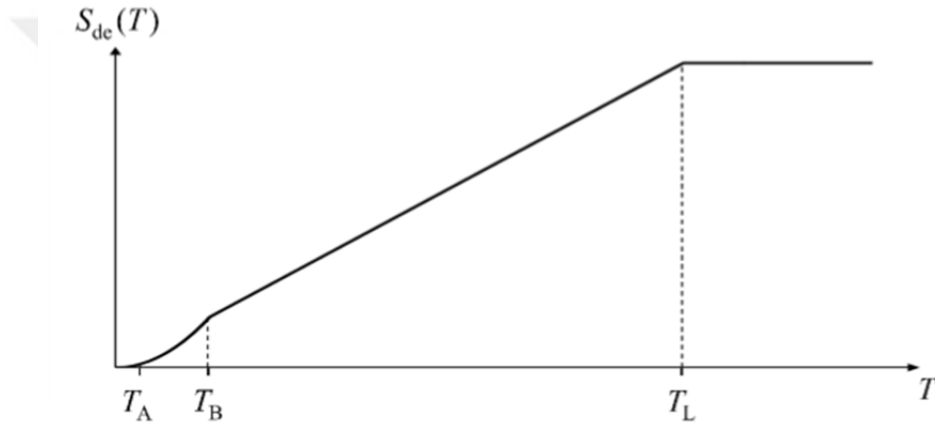
Şekil 3.4 ile belirtilen T_L değeri 6 saniye alınacaktır.

T_L ; Sabit Yerdeğiştirme Bölgesine Geçiş periyodu olarak tanımlanır.

İncelenen herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için incelenmesi gereken ‘Yatay Elastik Tasarım Spektral Yerdeğiştirmeleri’ $S_{de}(T)$ denklem 3.42 ile belirtilmiştir.

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad (3.42)$$

Aynı zamanda yatay elastik tasarım yerdeğiştirme spektrumunun ordinatı olarak alınan yatay elastik tasarım spektral yerdeğiştirmeleri aşağıdaki şekil 3.5 ile grafik incelemesi yapılmıştır.



şekil 3.5. Doğal Titreşim Periyoduna Bağlı Olarak Yatay Elastik Tasarım Spektral Yer değiştirmeleri

Yapıların deprem performansları hakkında sonuca varılmadan öngörölmesi ve hesaplanması gereken bir diğer konu ise; yapıya etkisi olan düşey yüklerin ve deprem etkisi yüzünden meydana gelen yüklerin bileşkelerinin değerlendirilmesidir.

Yapıdaki taşıyıcı elemanların levha, kabuki veya çubuk sonlu eleman olarak modellenmesi tercihinde bulunulduğu zaman tekil düğüm noktası kütleleri bağlı sonlu elemanların bileşkeleri olarak alınırlar.

J düğüm noktasına etki eden tekil kütle $m_j^{(s)}$ denklem 3.43 de tanımlanmıştır.

$$w_j^{(S)} = w_{Gj}^{(S)} + n w_{Qj}^{(S)} \quad ; \quad m_j^{(S)} = \frac{w_j^{(S)}}{g} \quad (3.43)$$

Burada;

$w_{Gj}^{(S)}$: j düğüm noktasına etki eden bileşke sabit yük olarak tanımlanmıştır.

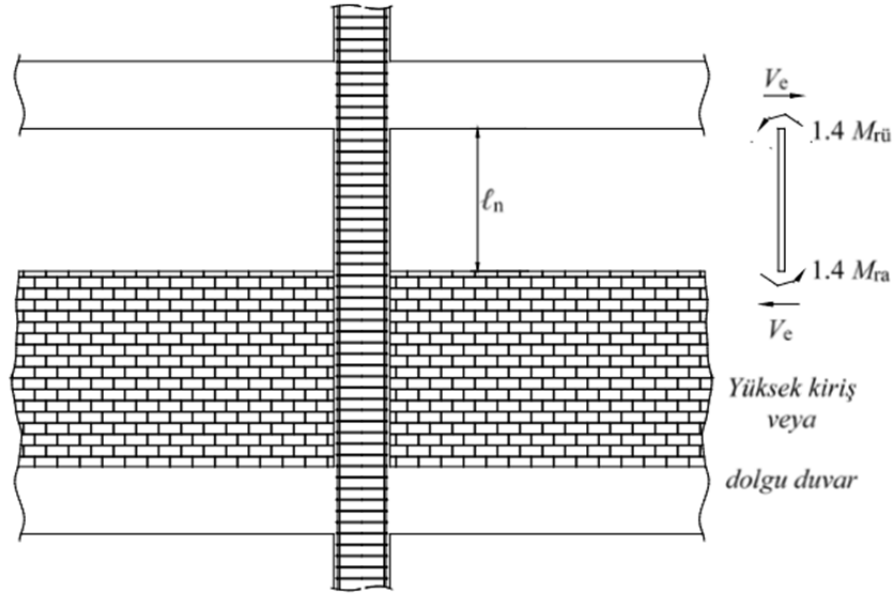
$w_{Qj}^{(S)}$: j düğüm noktasına etki eden bileşke hareketli yük olarak tanımlanmıştır.

n: Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı olarak tanımlanmıştır. Çizelge 3.8 ile gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Binanın Kullanım Amacına Göre Hareketli Yük Katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo,Antrepo,vs.	0.80
Okul,öğrenci yurdu,spor tesisi,sinema,tiyatro,konser salonu,ibadethane,lokanta,mağaza,vb.	0.60
Konut,işyeri,otel,hastane,otopark,vs.	0.30

Güçlendirme tasarım ilkelerinde bir dikkat edilmesi gereken konu ise **kısa kolonların** analizidir. Kısa kolonlar oluşabileceği nedenler arasında dolgu duvarlar da kolonlar arasında bırakılan mesafe sebebi ile oluşabilen ve çözülmesi gereken bir problemidir. Şekil 3.6 il gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Kısa Kolon Durumuna Düşen Kolonların Gösterimi

Kısa kolonlardan dolayı oluşabilecek problemlerin önlenemediği durumlarda enine donatı hesabı için esas alınması gereken kesme kuvveti denklem 3.44 ile belirtilmiştir.

$$V_e = \frac{(M_a + M_{\bar{u}})}{l_n} \quad (3.44)$$

Burada;

M_a : Kısa kolonun alt ucundaki eğilme momentini tanımlar

$M_{\bar{u}}$: Kısa kolonun üst ucundaki eğilme momentini tanımlar.

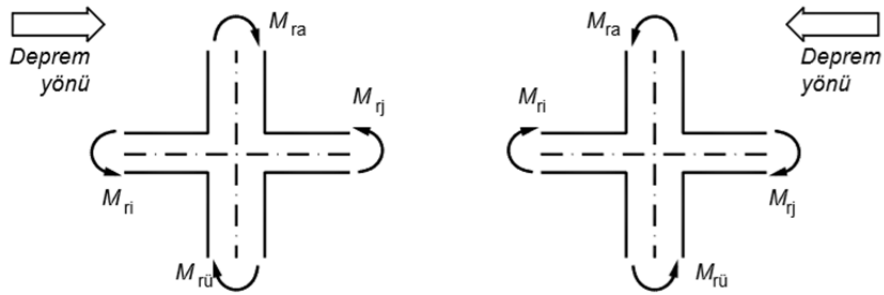
l_n : Kısa kolonun serbest boyu olarak tanımlanmıştır.

Kısa kolona ilişkin eğilme momentleriyle alakalı alt ucundaki ve üst

ucundaki eğilme momentlerinin hesaplanabilmesi için 2 durum söz konusudur. TBDY 2018’de bahsi geçen kolonların kirişlerden daha dayanımlı olması koşulunu sağlayan ve sağlamayan sebebi ile oluşan bu 2 durumu ifade eden denklem 3.45 ile aşağıda belirtilmiştir.

$$(M_{ra} + M_{r\ddot{u}}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (3.45)$$

Denkleme ilişkin durum şekil 3.7 ile aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 3.7. Kısa Kolon Duruma İlişkin Eğilme Momentleri

Denklem 3.46 durumunun sağlanması koşulunda:

$$M_a \approx 1.4M_{ra} \text{ ve } M_{\ddot{u}} \approx 1.4M_{r\ddot{u}} \quad (3.46)$$

Güçlendirme hesabında dikkat edilecek diğer bir husus ise betondaki maksimum olarak nitelendirilen birim şekil değiştirmesi 0.0035 olarak donatıda ki maksimum olarak nitelendirilen birim şekil değiştirmesi 0.01 alınabilecektir.

Güçlendirme hesap ve tasarımında dikkat edilecek diğer bir konu ise eğilme veya çatlama etkisine girmiş olan betonarme taşıyıcı eleman kesitinin çatlamış olan kesite ait olan etkin kesit rijitliklerinin hesabında kullanılacak olan etkin kesit rijitlikleri çarpanları Çizelge 3.9 ile belirtilmiştir.

Çizelge 3.9. Betonarme Taşıyıcı Elemanlarının Eksenel ve Kayma Çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eksenel	Kayma
Perde-Döşeme(Düzlem içi)		
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde-Döşeme(Düzlem dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	0.25	1.00
Bodrum Perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	Eğilme	Kesme
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde(eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

Çizelge 3.9 da belirtilen eğilme ve kesme çarpanları hesapta gözönüne alınacaktır.Bu çarpanlar sadece depremden dolayı oluşan yük birleşimlerinin yer aldığı hesaplarda kullanılacaktır.

3.2.5. Birim Şekildeğiştirme ve Plastik Dönme Talepleri Belirlenmesi

Betonarme eleman kesitlerindeki plastik dönme istemin ve yerdeğiştirme taleplerinin belirlenmesi Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi veya Mod Birleştirme Yöntemlerinden herhangi birisiyle hesaplanmış olan elemanların herhangi birinin ucundaki yerdeğiştirmiş eksen dönmesi kullanılarak belirlenecektir.

Taşıyıcı elemanların uç kesitlerindeki toplam eğrilik talebi denklem 3.47 yardımıyla elde edilir.

$$(M_{ra} + M_{ri}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (3.47)$$

Burada;

ϕ_t : Eleman uç kesitlerindeki toplam eğrilik talebi

θ_k : Yerdeğiştirmiş eksen dönmesi

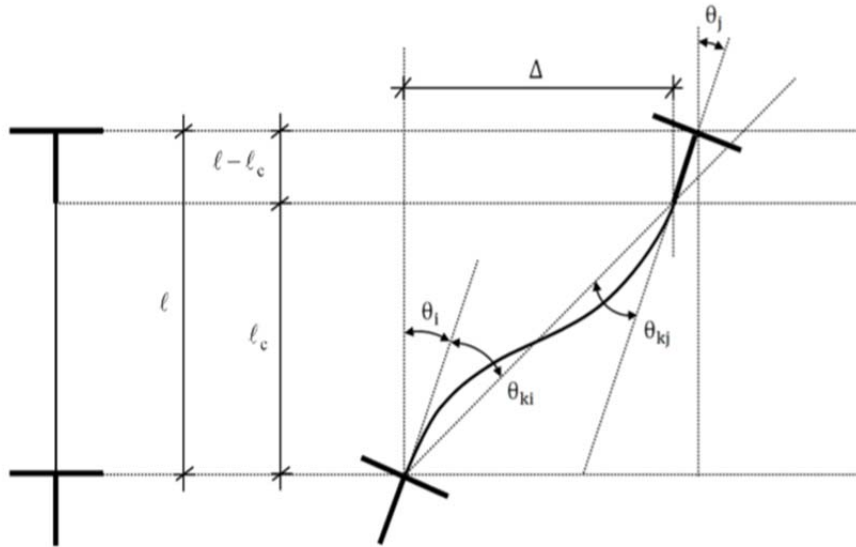
θ_y : Yerdeğiştirmiş eksen akma dönmesi

L_p : Plastik mafsal dönmesi

ϕ_y : Elemanın uç kesitindeki akma eğriliği

ϕ_y ; Hesaplanırken Moment-Eğrilik analizi sonucu elde edilecektir.

Çift eğrilikli eğilme durumunda olan eğilmiş betonarme elemanın i ve j ucundaki şekil değiştiren elemanların özellikleri şekil 3.8 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Çift Eğrilikli Eğilme Durumunda Şekil Değiştirmiş Betonarme Elemanların i ve j ucundaki Durumu

Kat aralarındaki kiriş elemanlarındaki öteleme sayısı 0 alınabilir.

Betonarme elemanın i ucunda akma oluştuğu zaman aynı uçtaki yerdeğiştirmiş eksen dönmesi denklem 3.49 ile gösterilmiştir.

$$\theta_{ki} = \theta_{yi} + \theta_{pi} \quad (3.48)$$

Belirtilen denklemden de anlaşılacağı üzere akmanın meydana geldiği i ucundaki akma dönmesinin ve plastic dönmenin toplamı bu uçtaki yerdeğiştirmiş eksen dönmesini verir.

3.2.6. Mevcut Betonarme Binalarda Deprem Performanslarının Belirlenmesi

Mevcut veya güçlendirilmeye karar kılınmış olan betonarme binalarda deprem yer hareketinden dolayı oluşması mümkün olan hasarların öngörülebilmesi için tahmin edilen minimum performans hedefleri çizelge 3.10 ile verilmiştir.

Çizelge 3.10. Performans Hedefleri

Deprem Yer H.Düzeyi	DTS=1,1a ⁽¹⁾ ,2, 2a ⁽¹⁾ ,3,3a,4,4a		DTS=1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾ ,	
	Normal Performa ns Hedefi	Değerlendirme/T asarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/T asarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

Yukarıda belirtildiği üzere gösterilmiş olan çizelgede Yapılması planlanan binalar için yerinde dökme betonarme önüretimli betonarme ve çelik binalar için geçerli olan performans hedef çizelgesidir.

Parantez içinde 1 sayısı ile ifade edilen deprem tasarım sınıflarında (1) BYS (Bina Yükseklik Sınıfı) >3 olma koşulu gözetilmektedir.

Parantez içerisinde 2 rakamı ile ifade edilen deprem tasarım sınıfı durumunda ise (2) BYS=2 veya 3 olan binalar için geçerli olması koşulu gözetilemesi için verilmiş olan bir durumdur. Çizelge 3.10 için belirtilen durumlar

yüksek binalar haricinde BYS'nin 2 veya daha büyük olduğu durumlarda geçerli olacaktır.

Parantez içerisinde 3 rakamı ile ifade edilen durum ise (3); Ön tasarım olacağını işaret etmektedir.

Parantez içerisinde 4 rakamı ile ifade edilen durumlar gözetildiğinde (4); Bina önem katsayısının 1.5 olarak değerlendirileceği sonucuna varılması gerekmektedir.

Yapılması planlanan veya mevcut olan betonarme binalarda BYS=1 olması koşulu ile deprem performans hedeflerinin belirlenmesi adına aşağıda verilen Çizelge 3.11 yardımıyla belirlenecektir.

Çizelge 3.11. Deprem Yer Hareketi Düzeyine ve Deprem Tasarım Sınıfına Bağlı Performans Hedefleri

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	-	-
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT	KH	DGT
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

Belirtilen özel durumlar bir önceki çizelgede belirtilen özel durumlarla aynıdır açıklama kısmı için verilen durumlar gözönüne alınacaktır.

3.2.6.1. Mevcut Betonarme Binalarda Sınırlı Hasar Performans Düzeyi

Mevcut betonarme binanın herhangi bir katında meydana gelen deprem etkilerinden dolayı oluşan hasar durumlarında betonarme kirişlerin en fazla %20'si 'Belirgin Hasar Bölgesi'nde kalabilir. Bu durumun yanı sıra betonarme kirişlerin

harici diğer tüm betonarme taşıyıcı elemanlar ‘Sınırlı Hasar Bölgesi’nde kalır ve bu bölgede değerlendirmeye alınmaktadır.

3.2.6.2. Mevcut Betonarme Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi

Kontrollü hasar performans düzeyi olarak nitelendirebilmemiz için aranacak ilk koşul eğer gevrek olarak hasar görmüş olan betonarme yapı elemanı varsa bu elemanların derhal güçlendirilmesi koşulu ile (a),(b),(c) ile belirtilen durumları sağlayan binalar kontrollü hasar performan düzeyi çerçevesinde incelenecektir

- a. İleri hasar bölgesi kapsamında yer alan betonarme taşıyıcı elemanların tüm katlar gözönüne alındığında her kattaki düşey elemanlar tarafından karşılanan kesme kuvvetine katkısı %20 oranın altında olmalıdır. Mevcut yapının en üst kotundaki ileri hasar bölgesi kapsamına giren betonarme düşey taşıyıcı elemanının toplamdaki kesme kuvvetine oranı ise %40 oranını geçmemeli sınır kabul edilmelidir.
- b. Mevcut yapıların tüm katları düşünüldüğünde herhangi bir kattaki deprem sonucu meydana gelen kuvvetlerin her iki yönüsü düşünüldüğünde yapılan hesaplar sonucunda kirişlerdeki ileri hasar bölgesi kapsamına giren oran %35 i geçmeyecektir. Bahsedilen bu kirişlerin yatayda yükleri karşılayan sistemde yer almaması koşulu aranmaktadır. Bu kirişler bahsedilen koşulların dışında yer almaktadır. Düşey elemanlar ise (a) kısmında bahsedilen oranlar sınırları içerisinde ileri hasar bölgesine geçişi mümkündür.
- c. (a) ve (b) kısımlarında bahsedilen elemanların dışında kalan tüm betonarme taşıyıcı elemanlar belirgin hasar bölgesi ya da sınırlı hasar bölgesi sınırları dahilinde olacaktır.

Bu belirtilen koşulların yanı sıra mevcut betonarme yapının alt ve üst

kesitlerinde ki her ikisi aynı zamanda aşılma koşulu ile belirli hasar sınırını geçerse betonarme düşey taşıyıcı elemanlar tarafından karşılanan taban kesme kuvvetinin bahedilen kattaki tüm betonarme düşey taşıyıcı elemanlar tarafından karşılanan taban kesme kuvvetine oranının sınırı %30 veya altında bir oranda olması gerekmektedir.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi veya mod birleştirme yöntemi ile yapılan hesaplarda aşağıda belirtilen denklem 3.49 ile belirtilen durumda (c) paragrafında bahsedilen düşey taşıyıcı elemanlar (kolonlar) bu hesaba dahil olmamaktadır.

$$(M_{ra} + M_{ri}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (3.49)$$

Perde ve çerçeve gibi birleşimlerden oluşan taşıyıcı sistemlerde tüm kolon kiriş düğüm noktalarında birleşen düşey taşıyıcı kolonların taşıma kapasitesi momentlerindeki toplam aynı düğüm noktalarında birleşen kirişlerin kesitlerindeki toplam yükleri taşıma kapasitesine oranı %20 den büyük olması gerekmektedir.

3.2.6.3. Mevcut Betonarme Binalarda Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi

Gevrek olarak hasar gören betonarme taşıyıcı elemanların göçme bölgesinde olduğu Kabul edilmesi durumunun haricinde aşağıda belirtilen durumlar çerçevesinde bulunan yapıların göçmenin önlenmesi performans düzeyi kapsamında değerlendirilmesi gerekmektedir.

- a.) Kabul edilmesi gereken ilk durum bu performans düzeyinde Kabul edilen mevcut betonarme yapının can güvenliği açısından oldukça sakıncalı bir durumda olması gerçeğidir.
- b.) Mevcut betonarme binanın tüm katları düşünüldüğünde herhangi bir katındaki maruz kalınan bir deprem yükü hesabı sonucunda herhangi bir

doğrultudan geldiği varsayılan deprem yükü olma şartı ile, betonarme taşıyıcı elemanlardan olan kirişlerin %20 kadarı göçme bölgesine geçebilir. Bu kirişlerin yatay betonarme taşıyıcı sistemde yer almadığı gözönüne alınmalıdır ki böyle bir durum var ise göçmenin önlenmesi performans düzeyinde düşünülemez.

- c.) (b) paragrafında bahsedilen betonarme taşıyıcı elemanların dışında kalan diğer tüm taşıyıcı elemanları ise; belirgin hasar bölgesi, ileri hasar bölgesi veya sınırlı hasar bölgesi kapsamındadır.

Mevcut betonarme yapının tüm katları ele alındığında herhangi bir kattaki alt ve üst kesitlerin her ikisinde birden belirgin hasar sınırı aşılmış olan ve bu düşey taşıyıcı elemanlarla karşılanan kesme kuvvetlerinin, bahsedilen yapının tüm katında karşılanan taban kesme kuvvetine oranı en fazla %30 olması kabul edilebilmektedir.

3.2.6.4. Mevcut Betonarme Binalarda Göçme Durumu

Mevcut betonarme yapı göçmenin önlenmesi performans düzeyinin dışında kalıyor ise bu yapı göçme durumu kapsamındadır. Binanın kullanılması kesinlikle düşünülemez.

3.3. Betonarme Binaların Güçlendirmesi

Bu bölümde tanım olarak binalardaki güçlendirme hakkında bir takım fotoğraf destekli tanım verilecektir.

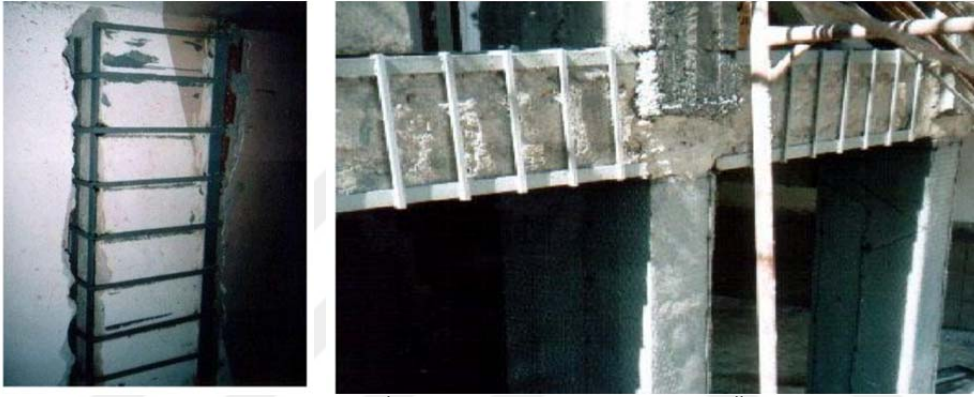
3.3.1. Kolonların ve Kirişlerin Sarılması

Bu yöntem sayesinde eksenel kesme ve taşıma kapasitelerinin arttırımı söz konusu olur tabi bunun yanısıra mevcut şekildeğiştirme özelliğinde de artışa sebep olur ve donatıların ek bölgelerindeki yetersiz bindirme boyları bu yöntem ile daha da güçlü hale gelmektedir.

Betonarme taşıyıcı elemanlardan olan kirişlerin sarılması yöntemi

kirişlerdeki kesme dayanımının arttırılması için tercih edilen bir güçlendirme yöntemidir. Ayrıca betonarme kirişlerdeki süneklik kapasitesinde artışı sağlanır bu yöntem yardımıyla.

Aşağıdaki şekil 3.9’da sargı donatısı ile onarılmış bir kolon ve kiriş örneği verilmiştir.



Şekil 3.9. Sargı Donatı Yöntemi İle Onarılmış Kolon ve Kiriş Örneği

3.3.2. Kolonların Eğilme Kapasitelerinin Arttırılması

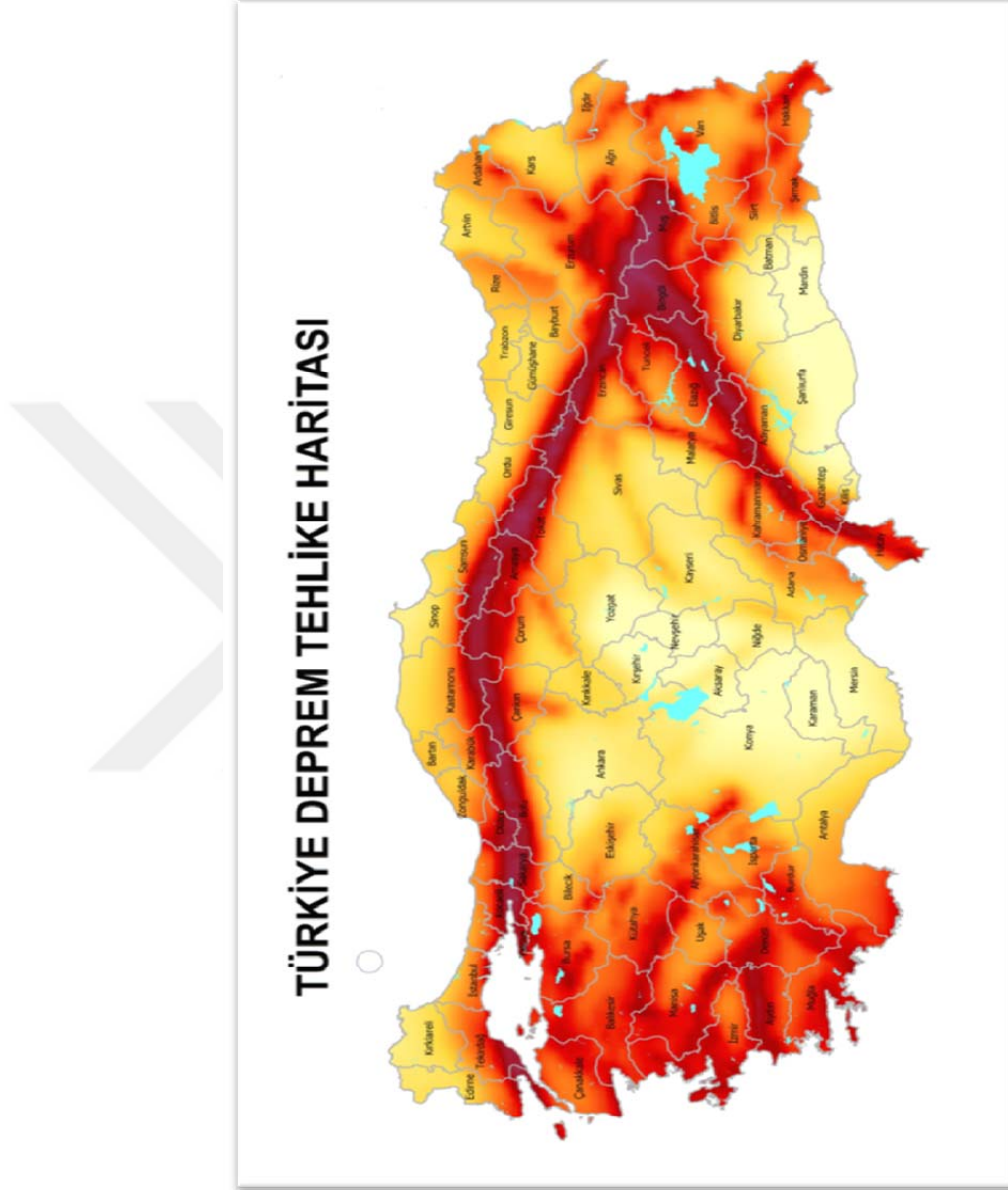
Tercih edilen bu yöntemde kesit büyütme yoluna gidildiğinden eğilme kapasitelerindeki artış kaçınılmaz olmaktadır. Tabi bu artışların yanı sıra taşıma ve kesme kuvvetlerinde eksenel artış olur. Aşağıdaki şekilde eğilme kapasitesi artışı için başlanan güçlendirme örneği görülmektedir.



Şekil 3.10. Kesit Büyütme Yöntemi ile Güçlendirilen Bir Kolon Örneği

3.3.3. Türkiye Deprem Tehlike Haritası

TBDY 2018 ile Türkiye'deki deprem bölgesi haritası hassasiyeti artırılarak revize edilmiştir. İşin aslına bakılacak olursa eski deprem yönetmeliğinin belirtmiş olduğu deprem haritası ile bölge bölge belirlenmiş olan tehlike sınırları artık koordinat sistemi ile belirlenebiliyor. Örnek olarak aynı mahallede bulunan farklı 2 sokak incelendiği zaman deprem tehlike bölgelerine bağlı zemin parametreleri değişkenlik gösterebilir. Bu durumda daha hassas hesaplamaların önünü açmaktadır. Yeni türkiye deprem tehlike haritası şekil 3.11 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.11. AFAD, 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası

Şekil 3.11 ile gösterilen tehlike haritası AFAD verilerinden elde edilmiş olup $(V_s)_{30} = 760m/s$ zemin koşulu gözönünde alınmıştır ve lokal zemindeki

farklılıklardan dolayı oluşabilecek sıvılaşma ve tahmin dışı zemin oturmalarının sıkıntılarını barındırmamaktadır.

Kırmızı bölgeler en tehlikeli bölgeleri işarete ederken sarı doğru açılması haritada tehlike düzeyinin azalması anlamını taşımaktadır.

3.3.4. Bina Yükseklik Sınıfları

TBDY 2018 e göre bina yükseklik sınıfları kendi aralarında 8 ayrı sınıf içerisinde incelenecek olup deprem tasarım sınıflarına göre ayrıldıktan sonra değerlendirilmeleri ve hesapları bu sınıflandırmanın sonucunda oluşacaktır.

Bina yükseklik sınıfları ve yükseklik aralıkları Çizelge 3.12 ile verilmiştir.

Çizelge 3.12 Bina Yükseklik Sınıfı Tanımlar

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları (m)		
	DTS=1,1a,2,2a	DTS=3,3a	DTS=4,4a
BYS=1	$H_N > 70$	$H_N > 71$	$H_N > 105$
BYS=2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS=3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS=4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS=5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS=6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS=7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS=8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Belirtilen Çizelge 3.12’de TBDY 2018 ile yürürlüğe giren bina yükseklik sınıflarının deprem tasarım sınıflarına göre gruplandırılmış hali görülmektedir.

TBDY de belirtildiği üzere 105 metreyi geçen binalar dahi parametre değişikliklerine tabi tutulup hesaplamamalı bu değerler üzerinden yapılacaktır.

Burada;

H_N : Bina yüksekliğini temsil etmektedir.

BYS: Bina Yükseklik Sınıfı

DTS: Deprem Tasarım Sınıfını ifade etmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bulgular ve tartışma kısmında 2018 yılında yürürlüğe girmiş olan TBDY 2018 yönetmeliği ile DBYBHY 2007 yönetmeliklerinin güçlendirme bölümleri dikkate alınacak şekilde karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmada avantajlar ve dezavantajlar gözetilmiş olup farklılıkları yansıtılmıştır.

Eklenen veya çıkarılan parametreler gözetilmiş olup daha detaylı ele alınan durumlar incelenmiştir. Ortadan kalkan bazı tanımların yanı sıra eklenen tanımlar incelenmiş olup karşılaştırılmaları yapılmış olup avantaj ve dezavantajlar irdelenmiştir. Hesap yöntemlerindeki farklılıklar ele alınmış olup parametrelerdeki tanımlar veya parametrelerin geçerliliği incelenmiştir. Güçlendirme alanında izlenecek yollar incelenmiş olup betonarme binalardaki birtakım değişen adımlar ele alınmıştır.

4.1. Bilgi Düzeyleri

Çalışmanın materyal ve metod bölümünde bahsedildiği üzere bilgi düzeyleri TBDY 2018 de 2 ana başlık altında toplanmış olup incelenmiştir. Bunlar Sınırlı Bilgi Düzeyi ve Kapsamlı Bilgi Düzeyi şeklindeydi. İncelemenin DBYBHY 2007 kısmına göre Orta Düzey Bilgi seviyesi artık kullanılan bir tanım olmadığı burdan TBDY 2018 e göre bu durumun ortadan kalktığı görülmektedir.

DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre Sınırlı Bilgi Düzeyi tanımlanırken; düşey betonarme taşıyıcı sistem elemanlarından olan kolon ve perde gibi elemanların malzeme tespiti yapılırken **%10 oranında** paspaylarını sıyırma suretiyle yapılan çelik tespiti ve kirişlerden alınan **%5 oranında** paspayı yeterli sayılırken **TBDY 2018** yönetmeliğine göre düşey taşıyıcı betonarme sistem elemanlarından olan perde ve kolonlardan **%5 oranı** kadar paspayı sıyırma işlemi yeterli görülmüştür.

DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre alınan karot numuneleri **TS-10465** yönetmeliğine göre değerlendiriliyordu fakat **TBDY 2018** yönetmeliği ile alınan betonarme karot numuneleri **EN-12504-1** yönetmeliğine göre incelenmeye

başlandı. Değişen yönetmeliğin yanı sıra alınan karot numunelerinin sayısı **DBYBHY 2007** yönetmeliğine göre **en az 2 adet** iken **TBDY 2018** yönetmeliğine göre **en az 3 adet** olarak değiştirilmiştir.Yapılan değişiklik ile betonarme taşıyıcı sistem elemanlarından alınan karot numune sayısındaki artış yapılacak olan deneylerde daha doğru ve güvenilir sonuçlara ulaşma olasılığının artması amaçlanmıştır.

DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre;

- Kapsamlı bilgi düzeyi içerisinde ele alınan karot numune sayısı mevcut betonarme binanın tüm katları ele alındığında betonarme düşey taşıyıcı sistem elemanlarından olan kolonlardan ve perdelerden toplamda 3 adetten az olmaması şartı vardı.
- Tüm mevcut betonarme binadan en az 9 adet karot numunesinin alınması koşulu bulunmaktaydı.
- Mevcut binanın her 200 m²'lik alanından 1 adet karot numunesi alınması ve bu karot numunelerinin TS-10465 yönetmeliğine göre incelenmesi gerekmekteydi.

TBDY 2018 yönetmeliğine göre

- Mevcut betonarme binanın düşey taşıyıcı sistem elemanlarından kolon ve perdelerden her 400 m² alan içerisinde 1 adet karot alma koşul getirilmiştir.
- Mevcut binanın giriş katındaki kolonlardan en az 3 adet ve geri kalan kolonlardan en az 2 adet karot numunesi alınması koşulu ile
- Tüm mevcut betonarme bina içerisinde alınacak toplam karot numune sayısı 9 adetten az olmamak koşulu ile geçerli olacaktır.

DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre bilgi seviyesi katsayıları çizelge 4.1 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. DBYBHY 2007'ye Göre Bilgi Düzeyi Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

Görüldüğü üzere orta seviye bilgi düzeyi tanımı vardır ve buna ait katsayı değeri belirtilmiştir.

Çizelge 4.1'de belirtildiği üzere orta seviye bilgi seviyesi TBDY 2018 bilgi seviyelerinde görülememektedir ve son yönetmeliğe ait bilgi seviyesi katsayılarını gösteren durum çizelge 4.2 ile belirtilmiştir.

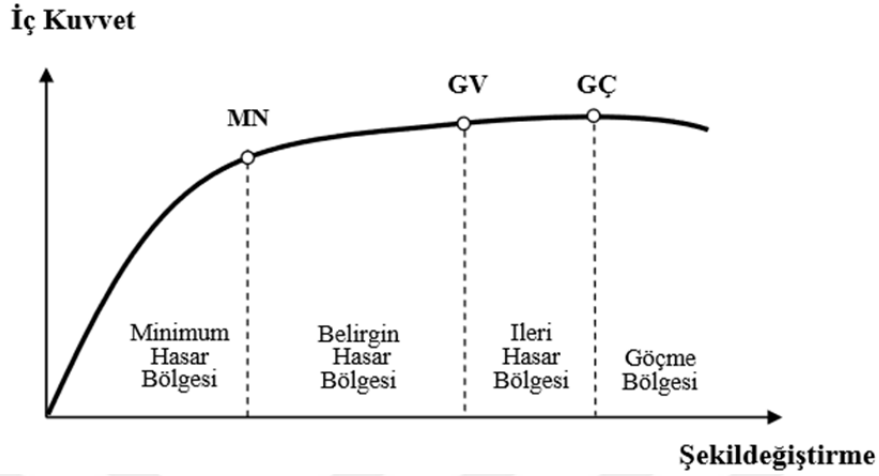
Çizelge 4.2. TBDY 2018'e Göre Bilgi Düzeyi Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

Son deprem yönetmeliği ile görüldüğü üzere katsayılarda herhangi bir değişme söz konusu olmayıp sadece orta seviye bilgi seviyesi ortadan kalkmıştır.

4.2. Yapı Elemanlarındaki Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre sünek olmayan elemanlar gözönüne alınmadığı takdirde sadece sünek elemanlar için gözetilen durumda Minimum Hasar Durumu (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı olmak üzere 3 ana başlık altında incelenmekteydi. Hasar bölgeleri ise bu sınırlar arasında kalan bölümlerde tanımlanıyordu. Durumu açıklayan grafik incelemesi şekil 4.1'de belirtilmiştir.

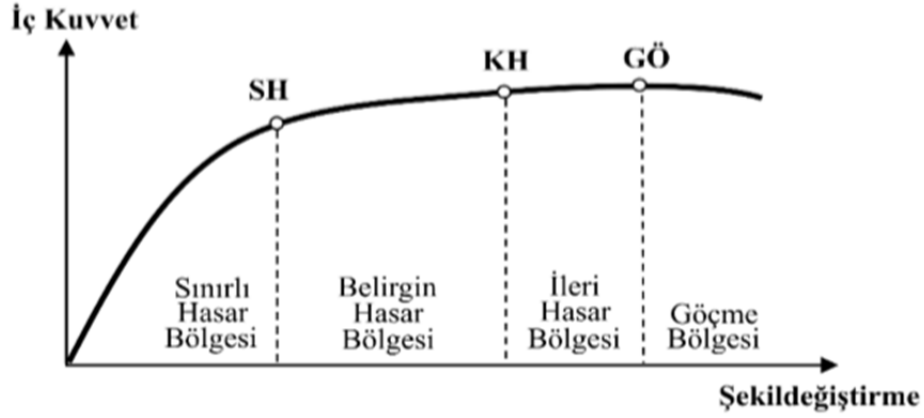


Şekil 4.1. DBYBHY 2007'ye Göre Kesit Hasar Bölgeleri

Grafik incelemesinde görüldüğü üzere hasar bölgeleri bu şekilde tanımlanmaktaydı ve güçlendirme önce hasar tanımı yapılırken bu tanımlar kullanılmaktaydı.

TBDY 2018 yönetmeliği itibari ile kullanılan tanımlar anlam içeriği bakımından değişmese de ifade edilme şekilleri değişmiştir. Buna göre yeni hasar sınırları; Sınırlı Hasar(SH) , Kontrollü Hasar(KH) , Göçme Öncesi (GÖ) olarak güncellenmiş olup yeni hasar bölge belirtme durumlarını açıklayan grafik incelemesi şekil 4.2'de belirtilmiştir.

Bu grafik incelemesi yeni hasar bölge tanım şekillerini göstermektedir.



Şekil 4.2. TBDY 2018'e Göre Kesit Hasar Bölgeleri

Görüldüğü üzere hasar bölge sınırlarının tanımları ve hasar bölgelerini açıklayan tanımlar içerik bakımından aynı kalsa dahi tanımlama şekilleri ve isimlerinde farklılık gözlemlenmektedir.

4.3. Bina Kullanım Sınıfları

TBDY 2018 yönetmeliği ile yeni bir kavram olarak nitelendirilebilen bina kullanım sınıflar son yönetmelikle parametrelerin arasına girmiştir. Bina önem katsayılarının belirlenmesi için gerekli bir parameter haline gelen bina kullanım sınıflarının tanımı ve kullanma durumları aşağıdaki çizelge 4.3 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. TBDY 2018'e Göre Bina Kullanım Sınıflarına Bağlı Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık, ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlatıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan madeelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS=3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, otelleri, bina türü, endüstri yapıları, vb.)	1.0

Bu incelemenin yanı sıra DBYBHY 2007 ye göre ise bina kullanım sınıfları kullanılmadan bina önem katsayılarına ulaşmak mümkündür. Bina önem katsayısının tanımı da bu yönetmelikte daha farklı içeriklere sahiptir. Bu yönetmelikte ulaşılan bina önem katsayısının incelemesine aşağıdaki Çizelge 4.4 üzerinden yorum yapılmaktaydı.

Çizelge 4.4. DBYBHY 2007'ye Göre Bina Önem Katsayıları

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı(I)
1. <u>Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u> a. Deprem Sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri) b. Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellik olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar.	1.5
2. <u>İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u> a. Okullar ve diğer eğitim binaları, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar ve cezaevleri. b. Müzeler	1.4
3. <u>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları	1.2
4. <u>Diğer binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar.	1.0

Çizelge 4.4'ten anlaşılacağı üzere daha önce okul ve benzeri eğitim binaları, müzeler askeri kışlalar bina önem katsayısı 1.4 üzerinden değer alırken yeni gelen deprem yönetmeliği ile bu durum bina katsayısını 1.5 olarak ele almaktadır.

4.4. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Kavramı

Yatay tasarım ivme spektrumunu sadece zemin koşullarına göre ele alan **DBYBHY 2007** yönetmeliği spektrum katsayısı olan $S(T)$ yi aşağıdaki denklem 4.1 denklem 4.2 ve denklem 4.3 yardımıyla elde edilmektedir.

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.1)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (4.2)$$

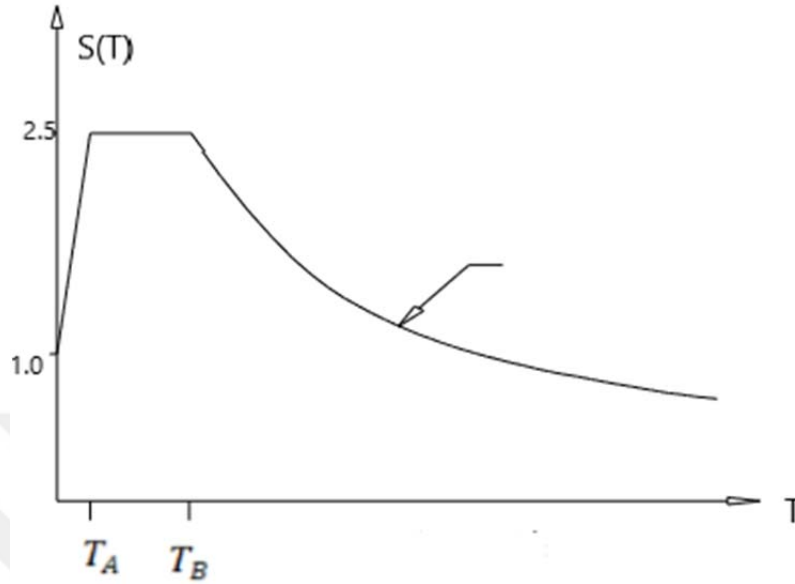
$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{\frac{8}{10}} \quad (T_B < T) \quad (4.3)$$

Yukarıda belirtilen denklemlere göre T_A ve T_B değerleri zemin sınıflarından yola çıkılarak alınan periyotlardı ve bu durumu özetleyen çizelge 4.5 ile aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.5. DBYBHY 2007'ye Göre Zemin Sınıflarına Bağlı T_A ve T_B Değerleri

DBYBHY 2007 ye göre zemin sınıfları	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.1	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Gerek duyulduğu takdirde elastik tasarım ivme spektrumu zemin özellikleri gözönüne alınarak yapılması planlanan yeni bir araştırmayla belirlenebilirdi. Ancak bu yöntemle belirlenecek olan ivme spektrumunun ordinatlarına denk gelecek olan spektral ivme katsayıları denklem 4.4 ile hesaplanır, tüm periyotlar için ise çizelge 4.5'teki karakteristik periyotlar gözönüne alınacaktır. Bu durumda elde edilen özel tasarım spektrumları denklem 4.5 ve denklem 4.6 ile bulunacak olan değerleri üzerine çıkmama koşulu gözetilecektir.



Şekil 4.3. Özel Tasarım İvme Spektrumları

Şekil 4.3 ile gösterilen grafiğin parabolik bölümüne ait formülasyon denklem 4.4 ile belirtilmiştir.

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{\frac{8}{10}} \quad (4.4)$$

Belirtilen bu değerlerden sonra deprem etkisinden dolayı oluşacak ve betonarme taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanması gereken kesme kuvveti denklem 4.7 ile hesaplanacaktır.

$$A(T) = A_0 IS(T) \quad (4.5)$$

$$S_{ae}(T) = A(T)g \quad (4.6)$$

Belirtilen denklemlerden anlaşılacağı üzere hesaplarda kullanılması gereken A_0 katsayısı ise (Etkin yer ivmesi katsayısı) aşağıda belirtilen çizelge 4.6 yardımıyla elde edilecektir.

Çizelge 4.6.DBYBHY 2007'ye Göre Deprem Bölgesine Bağlı A_0 Katsayısı

Deprem Bölgesi	A_0 (etkin yer ivmesi katsayısı)
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Çizelge 4.6 ile belirtildiği üzere etkin yer ivmesi katsayısı elde edildikten sonra kesme kuvveti denklem 4.7 ile hesaplanacaktır.

$$V_t = mS_{ae}(T) \quad (4.7)$$

Böylece **DBYBHY 2007** ile depremten dolayı oluşacak kesme kuvvetine ulaşılır bu hesaplamalar **TBDY 2018** de daha detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Yeni zemin parametrelerinin tanımlandığı bu bölüm aşağıda açıklanmıştır.

Ele alınan herhangi bir deprem yer yüzü hareketi için yatay elastik tasarım spektral ivmesi aşağıdaki denklem 4.8, denklem 4.9, denklem 4.10, denklem 4.11 yardımıyla hesaplanacaktır.

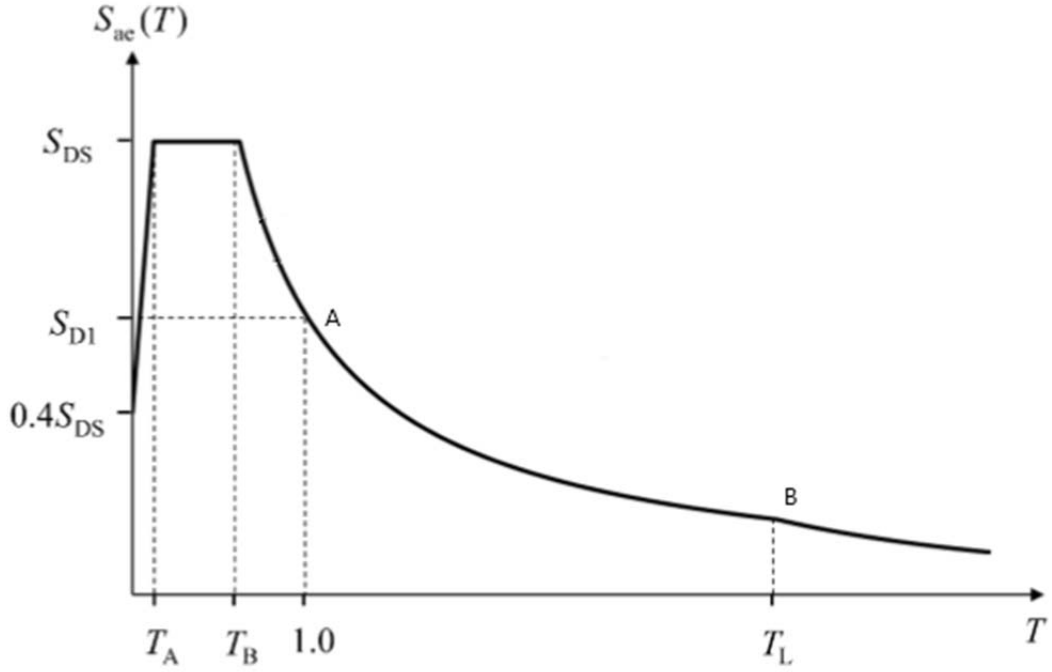
$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.8)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (4.9)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (4.10)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (4.11)$$

DBYBHY 2007 aksine köşe periyotları olan T_A ve T_B değerleri ve yeni yönetmelikle tanımlanan S_{DS} ve S_{D1} tasarım spektral ivmeleri zemin gruplarına göre belirlenecektir. Zemin sınıfının mevcut betonarme yapı için yapılan incelemenin konumundaki koordinatların durumuna göre belirlenecektir bu durum **DBYBHY 2007 yönetmeliğinde olmayan** ve yeni yönetmelikle karşılaşılan bir durumdur. Denklem 4.8, 4.9, 4.10 ve 4.11 ile belirtilen parametrelerin grafik üzerindeki incelemesi aşağıdaki şekil 4.4 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Tasarım Spektral İvmelerinin Doğal Titreşim Periyoduna Göre Değişimi

Yukarıdaki grafik incelemesinde A ve B ile ifade edilen grafik kesişim bölgeleri denklem 4.12 ve denklem 4.13 ile belirtilmiştir.

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (4.12)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \quad (4.13)$$

4.5. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Arasındaki Temel Farklar

4.5.1. Deprem Haritalarında Yapılan Değişiklikler

- **DBYBHY 2007** yönetmeliğine göre deprem tehlike haritasında belirtilen deprem tehlike bölgeleri 4 farklı sınıfla ifade ediliyordu. 1. 2. 3. Ve 4.

olmak üzere 4 farklı deprem bölgesi vardı ve bunların tehlike sınıfları 1 den 4'e doğru azalan bir şekilde sıralanmaktaydı.

- **TBDY 2018'e** göre deprem tehlike haritalarında 16 farklı harita yer almaktadır ve bu haritalar yeni yönetmelikle beraber gelen S_s ve S_1 parametrelerine göre belirlenecek olup 4 farklı DD hareketine göre oluşturulmuştur. Parametreler incelenen bölgenin koordinat düzlemi üzerinde belirtilmesinden sonra elde edilecektir. İncelen 2 farklı bölgenin aynı mahallede olması bile deprem tehlike sınıfının aynı olacağı anlamına gelmemektedir. Burada bahsedilen DD (deprem yer hareketi düzeyi) TBDY 2018 ile tanımlanan ve literature yeni dahil olan bir parametre olmaktadır.

4.5.2. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayısındaki Değişiklikler

- **DBYBHY 2007** yönetmeliğine göre insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar çerçevesinde bina önem katsayısı 1.4 olarak değerlendirilmekteydi.
- **TBDY 2018** ile beraber yürürlüğe giren bina önem katsayısındaki önemli değişiklik insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar artık sınıflandırma modelleri arasında yer almamakla beraber **DBYBHY 2007** yönetmeliğinde olan sınıflandırmanın içerisinde yer alan bina türleri; okul ve benzeri eğitim binaları askeri kışlalar bina önem katsayısı olarak 1.5 ile değerlendirilecektir. Böylece bu yapılara etkiyecek olan deprem kuvvetinde önem katsayısı ile doğru orantılı olarak yaklaşık %7 oranında artış olmuş olacaktır.

4.5.3. Bina Kullanım Sınıfları ile İlgili Yapılan Değişiklikler

- **TBDY 2018** ile beraber yürürlüğe giren ve yeni tanımlanmış olan BKS (Bina Kullanım Sınıfları) Bina önem katsayısının belirlenmesinde

kullanılacak olan sınıflandırmadır. Bina kullanım sınıflarının sınıflandırılması aşağıdaki çizelge 4.7 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 TBDY 2018'e Göre Bina Kullanım Sınıflarına Göre Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık, ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlatıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS=3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, otelleri, bina türü, endüstri yapıları, vb.)	1.0

4.5.4. Zemin Sınıfları ile İlgili Değişiklikler

- **DBYBHY 2007** yönetmeliğine göre zemin sınıfları 4 ana grupta inceleniyordu ve bu grupların parametreleri deprem hesaplarında belirleyici özellikte değerlendiriliyordu. Yerel zemin sınıflarının gruplandırılması aşağıdaki Çizelge 4.18 ile belirlenmekteydi.

Çizelge 4.8 DBYBHY 2007’ye Göre Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	En Üst Zemin Kalınlığı(h_1)
Z1	(A) Grubu Zemin Sınıfı $h_1 < 15$ m olan (B) Grubu Zemin
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) Grubu Zemin $h_1 \leq 15$ m olan (C) Grubu Zemin
Z3	$15\text{m} < h_1 \leq 50$ m (C) Grubu Zemin $h_1 \leq 10$ olan (D) Grubu Zemin
Z4	$h_1 > 50\text{m}$ olan (C) Grubu zemin $h_1 > 10$ m olan (D) Grubu Zemin

- Çizelge de görüldüğü üzere sınıflandırılmış olan A, B, C, D zemin grupları yerel zemin sınıflarının parametrelerinin oluşumunda etkili rol oynamaktadır. Belirtilen zemin grupları ise zemindeki içerikler yardımıyla sınıflandırılmış olan ve parametrelerini belirlemede önemli rol oynamaktadır. Bu gruplandırma çizelge 4.9 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. DBYBHY 2007’ye Göre Zemin Grupları

Zemin Grubu	Tanımlanan Zemin Grubu
(A)	a.) Siltli ve Sert Kil b.) Çok sıkı kum ve çakıl c.) Tortul kayaçlar, Masif volkanik kayaçlar
(B)	a.) Çok katı ve siltli kil b.) Sıkı kum ve çakıl c.)Gevşek volkanik kayaçlar,ayrışmış çimentolu kayaçlar
(C)	a.)Katı ve siltli kil b.)Orta sıkılıktaki kum ve çakıl c.)Çok ayrışmış metamorfik kayaçlar ve çimentolu ayrışmış kayaçlar
(D)	a.)Yumuşak ve siltli kil b.)Gevşek kum c.)Yumuşak kalın alüvyon tabakalar

- **TBDY 2018** e göre gruplandırılan zemin sınıfları ise 6 ana grupta sınıflandırmış olup **Zemin grupları** tanımı kullanılmamaktadır. Sadece zemin sınıfları ile açıklanmıştır. Zemin sınıfları aşağıdaki çizelge 4.10 ile tanımlanmıştır.

Çizelge 4.10. TBDY 2018'e Göre Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metre ortalama		
		$(V_s)_{30}$ m/s	$(N_{60})_{30}$ Darbe/30 cm	$(C_u)_{30}$ kPa
ZA	Sağlam,sert kayalar	>1500	-	-
ZB	Az ayrılmış orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum,çakıl,veya çok katı kil tabakaları	360-760	>50	>250
ZD	Orta sıkı-sıkı kum çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum çakıl veya yumuşak katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \%40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası	<180	<15	<70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler 1. Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler. 2. Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba veya organik içeriği yüksek killler. 3. Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek pastisiteli killler. 4. Çok kalın (>35 metre) yumuşak ve orta katı killer			

Çizelge 4.10'da görüldüğü üzere zemin sınıfları 6 ana grupta sınıflandırılmış olup ZF sınıfı zeminlerde yetkilendirilmiş mühendisler tarafından değerlendirilmeleri yapılacak olup projelendirilmesi ancak uzman mühendisler tarafından yapılacaktır.

4.5.5. Tasarım ile İlgili Yapılan Değişiklikler

- Koordinata dayalı tutarlı değerler ile tasarım yapılması
- Yüksek katlı binalara özgü yaklaşımış tasarım
- Yapı kazık zemin etkileşimi
- Doğrusal yöntemin aksine doğrusal olmayan yöntemle zaman tanım alanında tasarım

4.5.6. Deprem-Yer Arasındaki Etkileşim ile İlgili Yapılan Değişiklikler

- İncelenen 2 deprem yönetmeliğinde karşılaşılan en önemli değişikliklerden birisi deprem-yer arasındaki etkileşim denilebilir. Burada ki değişiklikler hem hesap yöntemlerinde hem de deprem tehlike haritalarının güncellenmiş olmasının beraberinde getirdiği değişikliklerdir. Yapıların tasarlanmasında kullanılan deprem bölgeleri artık kullanılmayacak olup onun yerine S_s ve S_1 değerleri kullanılacak olup bu değerler yeni belirlenen deprem haritası üzerinden belirlenen koordinatların sonucunda belirlenebilmektedir. S_s ve S_1 değerleri katsayılarla çarpılıp arttırılacak ya da azaltılıp tasarım değerlerine ulaşılacaktır. Yeni tanımlanan parametrelerle beraber Amerika 'da 1997 yılından beri kullanılan değerler TBDY 2018 yönetmeliği itibari ile ülkemizde kullanılmaya başlamıştır.
- **YF** katsayısı ile ilgili durumda TBDY 2018 yönetmeliğinde şu ifadelere yer verilir; incelenen bölgedeki deprem yer hareketi 50 yıl içerisinde aşılma olasılığı %10 değerinden fazla ve kendini tekrarlama periyodu 475 yıl ise YF katsayısı kullanılmalıdır. YF katsayısı fay hattına yakınlık katsayısı olarak tanımlanır. YF katsayısı birimsiz olmakla beraber değeri faya uzaklık mesafesi olan LF ile belirlenmektedir. Fay hattına 25 km'den daha yakın olan bölgelerde tasarım spektral ivme katsayısı YF katsayısı ile arttırılacaktır.

4.5.7. Perde Kalınlığı ve Oranındaki Değişiklikler

- **DBYBHY 2007** ye göre yapılacak binalardaki perde kalınlığı 250 mm ve en/boy oranı 7 olarak belirlenmiş olup yapılan hesaplar bu yönde yapılmaktaydı.
- **TBDY 2018** e göre perde kalınlığı minimum 250 mm'ye çıkarılmış olup betonarme perdedeki en/boy oranı 6 ya düşürülmüş olup yapılacak olan betonarme perde modellemelerinde daha dayanımlı bir perde yapılmış olacaktır.

4.5.8. Kolon ve Perde Çiroz Bağlama Biçimlerindeki Değişiklikler

- **DBYBHY 2007** yönetmeliğine göre kolonların boyuna donatılarının bağlanması şartı bulunmaktaydı.
- **TBDY 2018** yönetmeliğine göre ise bu durum kolon boyuna donatıları etriyeleri kapsayacak şekilde bağlanmalıdır şeklinde belirtilmiştir. Bu durum beton ve donatı etkileşimi öncesi bağlama şekillerinden dolayı oluşacak dayanım kaybının daha aza indirilmesinin amaçlandığını göstermektedir.

4.5.9. Kirişlerdeki Yatay Çiroz Durumundaki Değişiklikler

- **DBYBHY 2007** yönetmeliğine göre kirişlerde yatay çiroz bağlanması zorunlu bir durum şeklinde belirtilmiyordu. Yapılmaması durumunda herhangi öngörü belirtilmemekteydi.
- **TBDY 2018** yönetmeliğine göre bu durum yüksek kirişlerde yatay çirozların en fazla 600 mm arayla konulması durumunu zorunlu hale getirmiştir.

4.5.10. B3 Düzensizlik Kontrolündeki Değişiklikler

- **DBYBHY 2007** yönetmeliğinde kirişlerin üzerine denk gelen ve kirişlerin üzeriyle bağdaşan kolonlarda dinamik etken çarpanı 1.5 olan katsayı ile çarpılarak statik etkilerin büyütülüp tasarım yapılması belirtilmektedir.
- **TBDY 2018** yönetmeliği çerçevesinde kirişlerin üzerine denk gelen kolon olması durumunda düşey deprem analizi yapılması zorunlu hale getirilmiştir.

4.5.11. Kullanılacak Betonların Minimum Dayanım Sınıfındaki Değişiklikler

- **DBYBHY 2007** yönetmeliğine göre yapılacak olan betonarme binalarda kullanılacak olan beton dayanım sınıfın en az C20 olarak belirlenmiştir.
- **TBDY 2018** yönetmeliği incelendiği zaman yapılacak olan betonarme binaların minimum C25 sınıfında olması gözetilmiş olup bu durum sonucunda ise yeni yapılacak binaların beton dayanımlarında daha güvenli bölgede kalınmasının amaçlandığı anlaşılmaktadır.

4.5.12. Kısa Kolon Hesabındaki Değişiklikler

- **DBYBHY 2007** yönetmeliğinde kısa kolon etkisi altında kalan kolonların kesme kuvveti hesabı yapılırken izlenecek hesap adımları denklem 4.14 ile belirtilmiştir.

$$V_e \leq 0.22 A_W f_{cd} \quad (4.14)$$

- **TBDY 2018** yönetmeliği incelendiğinde kısa kolon etkisi altında kolonların kesme kuvveti hesabında izlenecek adım aşağıdaki denklem 4.15 ile belirtilmiştir.

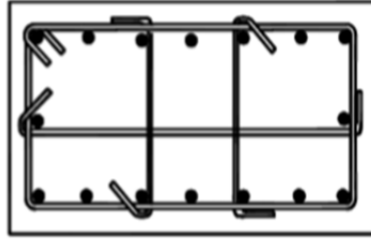
$$V_e \leq 0.85 A_W \sqrt{f_{ck}} \quad (4.15)$$

Bu denklemde görüldüğü üzere kesme kuvvetinin hesabı yapılırken kesme kuvveti dayanımının küçültme katsayısı arttığı için daha güvenli bölgede kaldığı

gözlemlenmektedir.

4.5.13. Çirozların Yerleşimindeki Değişiklikler

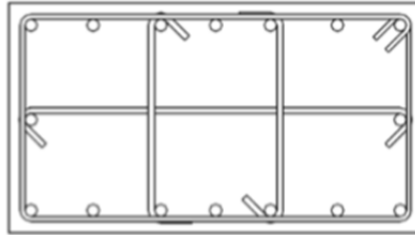
- **DBYBHY 2007** ye göre çirozlar her iki uçlarında olmak üzere boyuna donatı ve dıştan sarmal etriyeyi kapsamalıdır. Bu durumla ilgili görsel şekil 4.5 ile belirtilmiştir.



Şekil 4.5. DBYBHY 2007'ye Göre Çiroz Yerleşimi

Yukarıdaki şekilde enine ve boyuna donatıların sarıldığı etriyelerin çirozlarla nasıl desteklendiği görülmektedir.

- **TBDY 2018** yönetmeliğine göre bu durum şöyle açıklanmaktadır; çirozlar her iki uçlarında da boyuna donatıları sarması zorunludur. Açıklanan bu durumun görseli aşağıdaki şekil 4.6 ile belirtilmiştir.



Şekil 4.6 TBDY 2018'e Göre Çiroz Yerleşimi

Şekil 4.16 ile görüldüğü üzere boyuna donatıya bağlanan çirozun her iki yönde de donatıyı sardığı görülmektedir. Deprem esnasında kolonda meydana gelen kesme kuvvetlerinin karşılanması adına daha fazla kuvvete dayanacak

biçimde düzenlenmesi şartının getirildiğini göstermektedir.

4.5.14. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlardaki Değişiklikler

- **DBYBHY 2007** yönetmeliğine göre dikdörtgen kesitli kolonların modellenebilecek en düşük kesit boyu 250 mm ve kesit alanı olarak ta 75000 mm² alandan daha az modellenemeyeceği görülmektedir.
- **TBDY 2018** yönetmeliğine göre ise dikdörtgen kesitli kolonların modellenebilecek en küçük kesit boyu 300 mm'den az olmamalıdır.
- **DBYBHY 2007** yönetmeliğine göre dairesel kolonlardaki modellenebilecek en düşük çap 300 mm olacaktır.
- **TBDY 2018** yönetmeliğine göre ise dairesel kolonlardaki modellenebilecek en düşük çap 350 mm olacaktır.

$$A_c = \frac{N_{dm}}{0.40 f_{ck}} \quad (4.16)$$

$$A_c = \frac{N_{dm}}{0.50 f_{ck}} \quad (4.17)$$

Denklemden görüldüğü üzere yeni yönetmelikte tasarlanabilecek minimum kolon kesit alanları artmıştır. Denklem 4.16 TBDY 2018 ve denklem 4.17 DBYBHY 2007 yönetmeliğine ait formülleri göstermektedir.

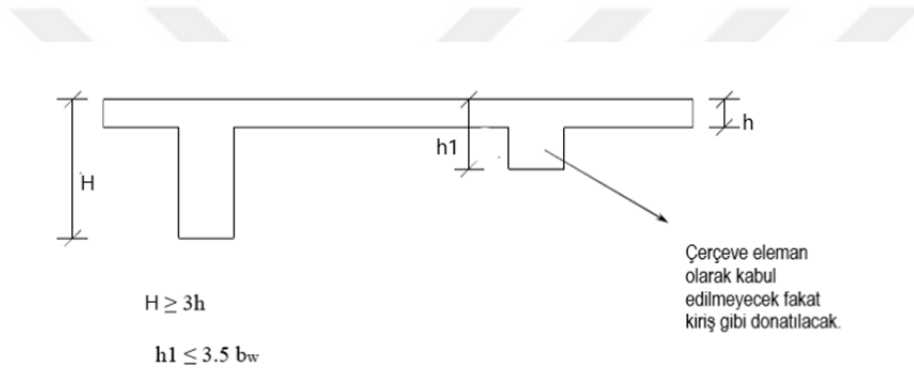
Burada;

N_{dm} : Deprem yükleri ve düşey yüklerin sonucunda hesaplanan en büyük basınç kuvveti olarak tanımlanmaktadır.

4.5.15. Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişlerdeki Farklılıklar

- **DBYBHY 2007** yönetmeliğine göre betonarme kirişlerdeki modellenebilecek en düşük kesit 250 mm olmalıdır. Kiriş yüksekliği ise bulunduğu döşemenin kalınlığının 3 katından ve 300 mm den daha düşük olmayacaktır.

- **TBDY 2018** yönetmeliğine göre betonarme kirişlerdeki kesit genişliği 25 cm den daha düşük olmayacaktır. Betonarme kirişlerdeki yükseklik ise döşeme kalınlığının 3 katından ve 30 cm'den daha az olmamalıdır. Bir önceki yönetmeliğe göre fark ise bu şartları sağlamayan kirişlerin çözümleme yapılırken döşemedeki elemanlar ile birlikte beraber modellenmesidir. Fakat bu eleman çerçeve elemanı olarak kabul edilmeyecektir. Bu durumun görsel olarak ifadesi aşağıda verilen Şekil 4.7 ile belirtilmektedir.



Şekil 4.7. TBDY 2018'e Göre Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişlerdeki Çerçeve Eleman Olarak Kabul Edilmeyen Betonarme Kirişin Tanımı

4.6. DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerindeki Güçlendirme Yöntemlerinin Temel Farkları

Bu bölümde verilen eleman ve sistem güçlendirme yöntemleri uygulamada sıkça kullanılan teknikleri kapsamakla beraber yönetmeliğin belirlediği koşullar sağlandığı sürece başka yöntemler Kabul edilecektir.

4.6.1. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması

DBYBHY 2007 ve TBDY 2018'e göre kolonlardaki eğilme kapasitelerinin

arttırılması kolon en kesit alanının genişletilmesi sayesinde gerçekleştirilir. Bu işlem gerçekleştirilirken genişletilen kolona eklenecek olan enine donatının minimum alanı deprem yönetmeliklerinde farklılık göstermektedir.

DBYBHY 2007'ye göre sarılma bölgelerinde Ø8 den daha küçük çaplı herhangi bir donatı kullanılmamalıdır. Kolonun bu bölümünde ki boyuna yönündeki etriye ve çirozların arasındaki mesafe kolondaki en küçük en kesit ölçüsünün 1/3 oranından ve **100 mm** den daha fazla yada 50 mm den daha az boyutta olmaması şartını içermektedir.

TBDY 2018'e göre sarılma bölgelerinde Ø8 den küçük çaplı herhangi bir donatı kullanılmamalıdır. Bu bölümdeki kolonun boyuna doğrultusundaki etriye ve çirozların arasındaki mesafe en küçük en kesit ölçüsünün 1/3 oranından ve **150 mm** den daha fazla olamaz ya da 50 mm den daha az boyutta kullanılamamaktadır.

4.6.2. Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi

DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 incelendiğinde yönetmeliklerdeki bu bölüm büyük farklılıklar içermemekle beraber Elastisite modullerindeki değişiklikler göze çarpmış bulunmaktadır.

DBYBHY 2007 ye göre;

Boşluklu fabrika tuğlası dikkate alındığında,

$$E_{duvar} = 1000 \text{ MPa} ; f_{duvar} = 1.0 \text{ MPa} ; \tau_{duvar} = 0.15 \text{ MPa}$$

Harman Tuğlası dikkate alındığında,

$$E_{duvar} = 1000 \text{ MPa} ; f_{duvar} = 2.0 \text{ MPa} ; \tau_{duvar} = 0.25 \text{ MPa}$$

Gazbeton bloklar dikkate alındığında,

$$E_{duvar} = 1000 \text{ MPa} ; f_{duvar} = 1.5 \text{ MPa} ; \tau_{duvar} = 0.20 \text{ MPa}$$

TBDY 2018 e göre;

Boşluklu fabrika tuğlası dikkate alındığında,

$$E_{duvar} = 2000 \text{ MPa} ; f_{duvar} = 3.0 \text{ MPa} ; \tau_{duvar} = 0.20 \text{ MPa}$$

Harman Tuğlası dikkate alındığında,

$$E_{duvar} = 2000 \text{ MPa} ; f_{duvar} = 5.0 \text{ MPa} ; \tau_{duvar} = 0.25 \text{ MPa}$$

Gazbeton bloklar dikkate alındığında,

$$E_{duvar} = 1000 \text{ MPa} ; f_{duvar} = 2.5 \text{ MPa} ; \tau_{duvar} = 0.20 \text{ MPa}$$

Bu çalışma TBDY 2018 ile dolgu duvarlarının güçlendirilmesinde DBYBHY 2007'ye göre daha güvenli bölgede kalındığını göstermektedir. TBDY 2018 yönetmeliğinde bu güçlendirme yöntemine göre daha güvenli bir yol izlenmektedir.

4.6.3. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi

DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 incelendiğinde bu güçlendirme yöntemiyle alakalı perde ucunda kolon bulunmaması durumunda izlenecek yol hakkında farklılıklar gözlenmektedir.

DBYBHY 2007 e göre;

Perde uç bölgelerinde bulunan düşey donatılar kritik perde yüksekliği boyunca etriyelerden veya çirozlardan olacak şekilde enine donatı biçiminde sarılacaktır.

Düşey doğrultuda yerleştirilecek olan donatının aralığı oluşturulması gereken perde ucunun kalınlığının 1/2 oranından ve 100 mm'den daha fazla

olmaması 50 mm'den daha küçük olmaması gerekmektedir. Yerleştirilecek olan bu enine donatılar temel içine perde kalınlığının en az 2 katı oranı kadar devam ettirilmesi gerekmektedir.

TBDY 2018 e göre;

Perde uç bölgelerindeki enine donatıların yerleşimindeki aralık **150 mm**'den daha fazla olmayacak şekilde **50mm** den daha küçük olmayacak şekilde yerleştirilmelidir.

Ayrıca bu aralık boyuna yerleştirilmiş olan donatı çapının 6 katından ve perde kalınlığının 1/3 oranından daha fazla olmayacak şekilde yerleştirilmelidir.

Oluşturulmak istenen perde uç bölgesindeki enine donatılar temelin **300 mm**'den daha az olmayacak şekilde devam ettirilmesi gerekmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bir güçlendirme stratejisi belirlenme aşamasında iken binada, bölgede veya şehirde genel olarak görülen ortak problemlerin ele alınması gerekmektedir. Görmek istenilen güvenlik seviyesi hali hazırda bulunan güçlendirme teknolojilerinin ele alınması ile birlikte sunulacak en verimli güçlendirme tekniği bu parametrelerin birleşimi sonrasında olmalıdır.

Türkiye 'de yapılmış olan betonarme binaların çoğu boşluklu tuğla duvar ve betonarme çerçeve türündeki yapılardır ve geliştirilecek olan güçlendirme türlerinin bu **bölge bilgisi** ışığında yapılması hem verimliliği arttıracak hemde izlenecek yolda daha güvenilir adımlar atılmasında yardımcı olacaktır.

Neden güçlendirmeye ihtiyaç duyulur sorusu ise şu şekilde cevaplanabilir:

Binalardaki kötü donatı yerleşimi, yanal rijitlik düzensizliği, betonun kalitesindeki sorun veyahut dayanımındaki sorun ve bu sorunların yanı sıra kötü tasarım olarak tabir edilen çizim hataları sonucu oluşan sorunlar denilebilir.

Bu çalışmada elde edilen bilgiler doğrultusunda TBDY 2018 yönetmeliğinde yeni tanımlanan parametrelerin deprem konusuna verilmesi gereken önemin arttığını göstermektedir. Gerek deprem hesapları gerek güçlendirme teknikleri bakımından değişkenlerin artması yapılacak olan yeni betonarme yapıların deprem hususunda daha güvenli bölgede kaldığını söylemek mümkün olacaktır.

Bu araştırma da DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerinin güçlendirme bölümlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun yanı sıra binaların deprem davranışları her iki yönetmelik için de irdelenmiştir. Yeni deprem haritaları sayesinde deprem bölgelerine yapılacak binaların parametreleri koordinat sistemi sayesinde daha güvenilir bir şekilde belirlenecektir.

DBYBHY 2007'ye göre **Türkiye Tehlike Deprem Haritası** dört deprem bölgesinden oluşmaktaydı, TBDY 2018'e göre deprem bölgesi kavramı ortadan kalkmış olup yeni yapılacak binaların koordinat sistemi ile bölgenin fay hattına olan uzaklığı esas alınarak harita **spektral ivmeleri** elde edilecektir.

DBYBHY 2007'ye göre zemin hakim periyotlarındaki değişkenlik deprem bölgelerine göre değişmeyen bir parametreydi. Bu parametre zemindeki taşıma kapasitesi azaldıkça artmakta idi. TBDY 2018 yönetmeliğinde ise bu durum farklılık göstermektedir. Zemin hakim periyotları yapının inşaa edileceği bölgenin spektral ivme değerlerini esas alıp bölgelere göre değişkenlik gösteren bir parametre halini almaktadır.

KAYNAKLAR

- Atay, H., 2010. Depremde Hasar Görmüş Yapıların Güçlendirme Yöntemleri ve Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler. Sakarya Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya ,95s.
- Afzali, M.F., 2018. Mevcut Bir Betonarme Okul Binasının Betonarme Perdelerle Güçlendirme Alternatiflerinin Karşılaştırılması. İstanbul Aydın Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 69s.
- AFAD, 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritası.
- Bayülke, N., 1998. Depremler ve Depreme Dayanıklı Betonarme Yapılar.Teknik Yayınevi,Ankara.
- Bilen, S., 2010. 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bir Güçlendirme Uygulaması. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 198s.
- Çimen, G., 2018. Yapı Güçlendirme Maliyetine Hızlı Yaklaşım Metodu Geliştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 80s.
- Demirkan, D., 2014. Betonarme Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri. Aksaray Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Aksaray, 123s.
- Deneme, İ.Ö., Yerli, H.R., 2002.Betonarme Yapılarda Hasarların Belirlenmesi ve Güçlendirme Projesi Uygulama Örneği.Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17:21-30.
- Doğanay, A., 2010.Yapıların Onarım ve Güçlendirme Maliyetlerinin Excel Programıyla Belirlenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Afyon, 131s.
- Ergün, A., Kürklü, G., 2009. Mevcut betonarme bir binanın DBYBHY 2007'e göre doğrusal elastik hesap yöntemleriyle değerlendirme ve güçlendirme uygulaması.Sakarya Uluslararası Deprem Sempozyumu, 1-2 Ekim, Sakarya, 158-163.

- Kamıarfır, M., 2017. Fay Hattına Yakın Olan Betonarme Yapıların Kolon ve Kiriş Ebatlarının Güçlendirme Amacıyla İncelenmesi. İstanbul Aydın Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 82s.
- Kavşut, N., Yerli, H. R., 2012. Depremde Hasar Gören Yapıların Güçlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27:167-174.
- Kırlangıç, A. S., 2004. Re-Evaluation Of Earthquake Performance And Strengthening Alternatives Of Hagia Sophia. İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 95s.
- Kocabey, E.Ç., 2017. Mevcut Betonarme Binalarda Kullanılan Güçlendirme Yöntemlerinin Hasar Olasılığı Bağlamında Değerlendirilmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 82s.
- Korkmaz, A., Demir, F., Türkmen, M., Tekeli, H., ve Çırak, İ., 2006. Mevcut Yapıların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Isparta, 218-225.
- Köse, O., 2014. 1998 Deprem Yönetmeliğine Göre Yapılmış Mevcut Betonarme Bir Bina'nın 2007 Yönetmeliğine Göre Güçlendirme Önerisi. Fırat Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 68s.
- Murat, S., 2013. Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Binasının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Güçlendirme Önerisi. Fırat Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 124s.
- Sivri, M., 2011. Betonarme Güçlendirme Perdelerinin Doğrusal Olmayan Davranışının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 149s.
- Şik, H., 2014. Deprem Güvenliği Yetersiz Betonarme Bir Bina İçin Farklı Güçlendirme Önerilerinin Karşılaştırılması. Dicle Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır, 141s.
- TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası., 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, İstanbul, 395s.

- TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası., 2007 .Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, İstanbul, 166s.
- Uluöz, D., 2010. Mevcut Binaların Güçlendirme Maliyetlerine Etki Eden Parametreler. Dokuz Eylül Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 88s.
- Ürünveren, M.F., 2010. Çok Katlı Betonarme Yapılarda Deprem Performansının Belirlenmesi Yöntemleri ve Güçlendirme Önerileri. Dokuz Eylül Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 158s.
- Yüzbaşı, J., 2018. Mevcut Betonarme Yapıların Depreme Karşı Güvenliğinin Araştırılması ve Güçlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Adana, 141s.



ÖZGEÇMİŞ

Deniz AKIN 1991 yılında Adana’da doğdu. Liseye kadar olan öğrenimini Adana’da tamamladı. 2010-2016 döneminde Gaziantep Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde lisans eğitimi aldı. 2016 yılında Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesinden mezun oldu. 2016 yılında Çukurova Üniversitesinde yüksek lisans eğitimi almaya hak kazandı, bu sırada iş hayatına özel sektörde şantiye şefi olarak başlamıştır ve halen devam etmektedir.



