**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Eren ÖZDAMAR**

# KARAYOLU TEMEL/ALTTEMEL ZEMİN UYGULAMA ÇALIŞMALARI: ÇORUM/MERZİFON AYRIMI-MECİTÖZÜ-AMASYA/TURHAL AYRIMI

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA-2019**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARAYOLU TEMEL/ALTTEMEL ZEMİN UYGULAMA ÇALIŞMALARI: ÇORUM/MERZİFON AYRIMI-MECİTÖZÜ-AMASYA/TURHAL AYRIMI**

**Eren ÖZDAMAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu Tez 19/07/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

| | | |
|---|---|---|
| …… | ……..…….....…..... | ..... …… |
| Prof. Dr. Özen KILIÇ | Dr. Öğr. Üyesi Mine TAYKURT DADAY | Dr. Öğr. Üyesi Baki BAĞRIAÇIK |
| DANIŞMAN | ÜYE | ÜYE |

Bu Tez Enstitümüz Maden 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

**KARAYOLU TEMEL/ALTTEMEL ZEMİN UYGULAMA ÇALIŞMALARI: ÇORUM/MERZİFON AYRIMI-MECİTÖZÜ-AMASYA/TURHAL AYRIMI**

**Eren ÖZDAMAR**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Özen KILIÇ
Yıl: 2019, Sayfa: 180
Jüri : Prof. Dr.Özen. KILIÇ
: Dr. Öğr. Üyesi Mine TAYKURT DADAY
: Dr. Öğr. Üyesi Baki BAĞRIAÇIK

Yol yapımında en önemli etmenlerden birisi zemindir. Zeminin sağlamlık derecesine göre yol yapım çalışmaları şekillenmektedir. Bu tez çalışmasında, (Çorum-Merzifon) Ayr. -Mecitözü- (Amasya-Turhal) Ayr. 0+000-61+841,27 km arası bölünmüş yol yapımı işi dahilinde, Karayolu temel/alttemel zemin uygulama çalışmaları incelenmiştir.

Zemin analizleri için Km: 23+600'de açılan araştırma çukurunda A-7-6 killi topraklara rastlanmıştır. Yedigöze-Sigma İnş. A.Ş. bünyesindeki laboratuvarda yapılan deneyler sonucunda, Karayolları Teknik Şartnamesi'ne (KTŞ) göre zayıf zeminler olduğu tespit edilmiştir. Güzergahın tamamına yakını zayıf olan zeminlere, taş dolgu (2,68 g/cm$^3$, %19 aşınma), filtre (19-38 agrega) ve dona hassas olmayan nitelikte (Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018-2,172 g/cm$^3$, Optimum su muhtevası= %7,00-9,29) malzemeyle, kompaksiyon yöntemi kullanılarak iyileştirme yapılmıştır.

Kum konisi deneyi sonucunda, Km: 11+500-23+600 arasında %98,4-100 sıkışma ile dolgu-terasman kotunda, Km: 17+280-19+600 arasında %98,0-99,8 sıkışma ile PMAT kotunda, Km: 17+280-19+600 arasında %100 sıkışma ile PMT kotunda, (Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre) elde edilen veriler neticesinde çalışmalar tamamlanarak, optimum zemin stabilizasyonu sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mecitözü yol projesi, Zemin iyileştirme, Karayolları, Temel / Alttemel, Üstyapı,

## ABSTRACT

## MSc THESIS

**HIGHWAY FOUNDATION/SUBBASE SOIL APPLICATIONS: ÇORUM/MERZİFON ROAD JUNCTION -MECİTÖZÜ- AMASYA/TURHAL ROAD JUNCTION**

**Eren ÖZDAMAR**

**ÇUKUROVA UNIVERSITY**
**INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**
**DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING**

Supervisor : Prof. Dr. Özen KILIÇ
Year: 2019, Pages: 180
Jury : Prof. Dr. Özen. KILIÇ
: Asst. Prof. Dr. Mine TAYKURT DADAY
: Asst. Prof. Dr. Üyesi Baki BAĞRIAÇIK

One of the most important factors in road construction is the ground. Road construction works are shaped according to the strength level of the ground. In this thesis, (Çorum-Merzifon) Road junction -Mecitözü- (Amasya-Turhal) Road junction 0+000-61+841,27 km within the divided road construction work, highway foundation/subbase ground application studies were examined.A-7-6 clay soils were found in the research pit opened at Km: 23+600 for soil analysis. Yedigöze-Sigma Co. Inc. As a result of the experiments carried out in the laboratory, it was found that there are weak soils according to the Technical Specifications of Highways. Stone fill (2.68 g / $cm^3$, 19% wear), filter (19-38 aggregate) and non-frost sensitive (Maximum dry unit weight= 2,018-2,172 g/$cm^3$, Optimum water content)= 7.00-9.29%) material was improved by compaction method.

As a result of the sand cone test, the fill-terrage elevation with 98.4-100% compaction between Km: 11+500-23+600, the PMAT elevation with 98.0-99.8% compaction between Km: 17+280-19+600 , Km: 17+280-19 + 600% compaction with PMT elevation (according to the Technical Specifications of Highways), the studies were completed and optimum soil stabilization was achieved.



**Keywords:** Mecitözü road project, Soil improvement, Highways, Foundation / Subbase, Superstructure,

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bu tez çalışmasında, (Çorum-Merzifon) Ayr. -Mecitözü- (Amasya-Turhal) Ayrımı (Ayr.) 0+000-61+841,27 km arası bölünmüş yol yapımı işi dahilinde, Karayolu temel/alttemel zemin uygulama çalışmaları incelenmiştir.

Çalışmalara ilk olarak zemin analizleri yapılmak üzere Km: 23+600'de, terasman kotunun 80 cm altından 40 kg numune alınarak başlanmıştır. Yedigöze-Sigma İnş. A.Ş. bünyesindeki laboratuvarda Karayolları Teknik Şartnamesi'ne (KTŞ) göre yapılan deneyler sonucunda; LL= 42, PI= 22, Maksimum kuru birim ağırlık= 1,718 g/cm$^3$, Şişme= 5,3, CBR= 2,6 olarak zayıf zemin tespit edilmiştir. Açılan araştırma çukurunda Amerikan Eyalet Yolları ve Ulaşım Çalışanları Kurumu (American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)'na göre, A-7-6 killi topraklara rastlanmıştır.

Km: 11+500-23+600 arasında yapılan zemin analizleri sonucunda, neredeyse tamamına yakını zayıf zemin olarak tespit edilmiştir. Bu zeminlere taş dolgu (2,68 g/cm$^3$, %19 aşınma), filtre (19-38 agrega) ve dona hassas olmayan nitelikte (Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018-2,172 g/cm$^3$, Optimum su muhtevası= %7,00-9,29) malzeme kullanılarak, kompaksiyon yöntemiyle iyileştirme yapılmıştır. İyileştirme yapılan Km:11+500-23+600 arasında, projede belirtilen terasman kotunu ±30 mm sapmamasına dikkat edilerek sıfırlama (reglaj) çalışmaları tamamlanmıştır.

Km: 11+610'da yapılan kum konisi deneyi sonucunda %100 sıkışma ile terasman kotunda optimum zemine ulaşılmıştır. Reglajı yapılan Km:12+180-12+220 arasında yapılan doğrulama (kamyon) testinde, esneme unsurlarına rastlanmıştır. Lokal olarak sökülen bölümler, havalandırıldıktan bir süre sonra göz ile muayene edilerek tekrar serilmiştir. Km: 11+500-23+600 arasında Kum konisi deneyi sonucunda, Km: 11+500-23+600 arasında %98,4-100 sıkışma elde edilmiştir.

Mekanik kısım olan Plent Mix Alttemel (PMAT) ve Plent Mix Temel (PMT) tabakaları için agrega deneyleri yapılmıştır. Los Angeles aşınma deneyi sonucu aşınma %19, Metilen Boyası (M.B) kirlilik oranı 1,00-2,00 arasında değerler elde edilmiştir. 2+640'da bulunan Elvançelebi taş ocağında üretilen 5 farklı boyutta agregaya (0-5 mm, 0-5mm (2.elek), 5-12 mm, 12-19 mm, 19-38 mm) yapılan elek analizleri sonucu, her agregaya ait dağılımları bulunmuştur.

Plent Mix Alttemel (PMAT) tabakası kalınlığı 15 cm olduğu için, gradasyonu Karayolları Teknik Şartnamesi Tip-B'ye uygun olarak sürekli gradasyon verecek şekilde oluşturulmuştur. Buna göre; 0-5 mm (%37), 5-12 mm (%12), 12-19 mm (%14) ve 19-38 mm (%37) olarak belirlenmiştir. M.B ≤ 3,5 olan PMAT tabakası, M.B= 1,0-2,0 değerleri arasında tutulmuştur. Yapılan proktor (modifiye) deneyi sonucunda, Maksimum kuru birim ağırlık= 2,300 g/cm$^3$, Optimum su muhtevası= %4,23 olarak bulunmuştur. Serim işlemi 7 dakika 15 m serim yapabilen 7,5 m genişliğinde finişer ile yapılmıştır. Sıkıştırma işlemi ise, 11.000 kg ağırlığında statik çizgisel yükü en az 30 kg/cm'den büyük olan toprak silindiri ve lastik başına düşen yükü 3.500 kilogramdan büyük olan 9.000 kg'lık vabil silindir ile yapılmıştır. Km: 17+280-19+600 arasında yapılan kum konisi deneyi sonucunda %98,0-99,8 sıkışma ile PMAT kotunda optimum zemine ulaşılmıştır.

Plent Mix Temel (PMT) tabakası kalınlığı 20 cm olduğu için, gradasyonu Karayolları Teknik Şartnamesi Tip-1'e uygun olarak sürekli gradasyon verecek şekilde oluşturulmuştur. Buna göre; 0-5 mm (%40), 5-12 mm (%20), 12-19 mm (%11) ve 19-38 mm (%29) olarak belirlenmiştir. M.B ≤ 3,0 olan PMT tabakası, M.B= 1,0-1,75 değerleri arasında tutulmuştur. Yapılan proktor (modifiye) deneyi sonucunda, Maksimum kuru birim ağırlık= 2,323 g/cm$^3$, Optimum su muhtevası= %4,89 olarak bulunmuştur. Serim işlemi 7,5 dakika 15 m serim yapabilen 7,5 m genişliğinde finişer ile yapılmıştır. Sıkıştırma işlemi ise, 11.000 kg ağırlığında statik çizgisel yükü en az 30 kg/cm'den büyük olan toprak silindiri ve lastik başına düşen yükü 3.500 kilogramdan büyük olan 9.000 kg'lık vabil silindir ile

yapılmıştır. Km: 17+280-19+600 arasında yapılan kum konisi deneyi sonucunda %100 sıkışma ile PMT kotunda optimum zemine ulaşılmıştır

Tez çalışmaları boyunca yol yapımında gerekli tüm bilgileri içeren Karayolları Teknik Şartnamesi' ne (KTŞ) başvurulmuştur. Yedigöze İnş. San. Oto. İç ve Dış Tic. Ltd. Şti. ve Sigma İnş. ve Tur. İşl. Tic. A.Ş. İş Ortaklığı'nın ana yüklenici, Fernas Şirketler Grubu bünyesindeki Simtek End. Tes. ve Tic. A.Ş.'nin alt yüklenici olarak yürüttüğü (Çorum-Merzifon) Ayr. -Mecitözü- (Amasya-Turhal) Ayr. 0+000-61+841,27 km arası bölünmüş yol yapımı işi dahilinde, Karayolu temel/alttemel zemin uygulama çalışmaları üzerine yoğunlaşılmıştır. Tez ile ilgili gerekli tüm deneyler şirket bünyesine ait laboratuvarda Araştırma Teknisyeni Sefer AKKAYA gözetiminde yapılmıştır.

**TEŞEKKÜR**

Tez çalışmalarıma başlamamda önemli pay sahibi olan, gerekli tüm teknik ve manevi tecrübelerini esirgemeyen, aynı zamanda danışman hocam olan Prof. Dr. Özen KILIÇ'a, katkıda bulunan değerli jüri üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Mine TAYKURT DADAY ve Dr. Öğr. Üyesi Baki BAĞRIAÇIK'a ve takıldığım her noktada yol gösterici olarak yardımlarını esirgemeyen, öğrenim gördüğüm zamanlarda zemin ile ilgili çok şey öğrendiğim değerli hocam Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ'a teşekkür ederim.

Karayolları 7. Bölge Müdürlüğü Kontrol Şefi Gökhan VURAL'a, çalışmalarım süresince tecrübelerini paylaşan İnşaat Yüksek Mühendisi Uçkan ARSLAN'a, müşavir firmada kontrollük görevi yapan Jeoloji Mühendisi Özgür ERGEN'e, ve Şerafettin ERDOĞAN'a, görsel verilerde yardımcı olan Harita Mühendisi Ahmet KARAÖZ'e, teknik ve manevi desteklerinden dolayı Muhasebe Görevlisi Nurettin DEMİR'e, deneylerimi yapmamda ve projeyi kavramamda büyük katkı sahibi olan, tıpkı bir hoca gibi yılların kazandırdığı tecrübelerini aktaran Araştırma Teknisyeni Sefer AKKAYA'ya, projede Trafik Teknikeri olarak görev yapan Yunus DOĞAN'a, tecrübelerini paylaşan İnşaat Mühendisleri Mazlum DOĞAN ile Serhat Can BECEREKLİ'ye, üniversite hayatı boyunca birlikte okuduğumuz, aynı projede birlikte çalıştığım meslektaşım, yol arkadaşım, Maden Mühendisi A. Mert ÖNGEL'e, Yedigöze İnş. San. Oto. İç ve Dış Tic. Ltd. Şti. ve Sigma İnş. ve Tur. İşl. Tic. A.Ş. İş Ortaklığı ailesine, Fernas Şirketler Grubu ile Simtek End. Tes. ve Tic. A.Ş. ailesine teşekkür ederim.

Yüksek lisansa başladığım ilk günden bugüne kadar, öğrenim hayatımda olduğu gibi her zaman yanımda duran ve bana inanarak manevi desteklerini bir an olsun esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

**İÇİNDEKİLER** **SAYFA**

ÖZ ..... I
ABSTRACT ..... II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET ..... III
TEŞEKKÜR ..... VII
İÇİNDEKİLER ..... VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... XII
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... XVIII
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... XX
1. GİRİŞ ..... 1
1.1. Zemin İyileştirme Yöntemleri ..... 5
1.2. Zemin Sınıflama Sistemleri ..... 11
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ..... 15
3. MATERYAL VE METOT ..... 21
3.1. Materyal ..... 21
3.1.1. Çalışma Alanı ..... 21
3.1.1.1. Çalışma Alanının Jeolojisi ..... 23
3.1.1.2. Çalışma Alanının Hidrolojisi ..... 28
3.2. Metot ..... 31
3.2.1. Zemin Analizleri ..... 32
3.2.1.1. Elek Analizi ve Kıvam Limitleri ..... 33
3.2.2. Yarma, Dolgu ve İyileştirme ..... 57
3.2.2.1.(1). Yarmalarda Şev Stabilitesi ..... 58
3.2.3. Reglaj (Sıfırlama) ..... 77
3.2.4. Agrega Deneyleri ..... 78
3.2.4.1.Los Angeles (Aşınma Kaybı-Aşınma Direnci, TS EN 1097-6) ..... 78
3.2.4.2.Metilen Mavisi (Kirlilik Oranı Tayini, TS EN 933-9) ..... 79

3.2.4.3. Elek Analizi ..... 82
3.2.5. PMAT (Plent Mix Alt Temel) ve PMT (Plent Mix Temel) ..... 85
3.2.5.1. Plent Mix Alttemel (PMAT) ..... 85
3.2.5.2. Plent Mix Temel (PMT) ..... 89
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ..... 95
4.1. Zemin Analizlerinin Yapılması (Deneyleri ve Sonuçları) ..... 95
4.1.1. Elek Analizleri ve Kıvam Limitleri Yapımı ..... 95
4.1.2. Proktor Deneyi (Standart) Yapımı ..... 99
4.1.3. CBR (California Bearing Ratio, Kaliforniya Taşıma Oranı) ve Şişme ..... 102
4.2. Yarma, Dolgu ve İyileştirme Yapılması ..... 105
4.2.1. Km: 11+500-16+450 Arası Yarma-Dolgu-İyileştirme Çalışmaları Yapımı ..... 106
4.2.2. Km: 17+200-23+600 Arası Yarma-Dolgu-İyileştirme Çalışmaları Yapımı ..... 114
4.3. Reglaj (Sıfırlama) ..... 120
4.4. Arazi Kontrolleri Yapımı ..... 122
4.4.1. Kum Konisi Deneyi ..... 122
4.4.2. Kamyon (Doğrulama) Testi ..... 126
4.4.3. Km: 11+500-23+600 Arası Kum Konisi Sıkışma Sonuçları ..... 127
4.5. Agrega Deneyleri ..... 132
4.5.1. Los Angeles (Aşınma Kaybı-Aşınma Direnci, TS EN 1097-6) ..... 132
4.5.2. Metilen Mavisi (Kirlilik Oranı Tayini, TS EN 933-9) ..... 134
4.5.3. Elek Analizi ..... 136
4.6. Plent Mix Alttemel (PMAT ) ve Plent Mix Temel (PMT) Tabakası ..... 139
4.6.1. PMAT ..... 139
4.6.1.1. Km: 17+280-19+600 Arası PMAT Kum Konisi Sıkışma Sonuçları ..... 143
4.6.2. PMT ..... 146

4.6.2.1. Km: 17+280-19+600 Arası PMT Kum Konisi Sıkışma Sonuçları ..... 150
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER ..... 155
5.1. Sonuçlar ..... 155
5.2. Öneriler ..... 157
KAYNAKLAR ..... 159
ÖZGEÇMİŞ ..... 165
EKLER ..... 166

**ŞEKİLLER DİZİNİ** **SAYFA**


Şekil 1.1. Zeminin doğal ve bileşenlerine ayrılmış halleri ..... 1
Şekil 1.2. Kayaç zemin dönüşü çemberi ..... 2
Şekil 1.3. Tipik kalıntı zemin profili ..... 3
Şekil 1.4. Kompaksiyon Eğrisi ..... 9
Şekil 1.5. AASHTO sistemine göre dane büyüklüğü ..... 12
Şekil 1.6. Casagrande plastite kartı ..... 12
Şekil 1.7. AASHTO sınıflandırma sistemi ..... 13
Şekil 3.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası ..... 22
Şekil 3.2. Proje güzergahı ..... 23
Şekil 3.3. Mecitözü ve yakın çevresi jeoloji haritası ..... 24
Şekil 3.4. Çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti ..... 27
Şekil 3.5. Proje bölgesinin hidrografya haritası ..... 28
Şekil 3.6. Siyah kot ve kırmızı kot gösterimi ..... 32
Şekil 3.7. Elek serileri, etüv ve hassas terazi ..... 33
Şekil 3.8. AASHTO sistemine göre dane büyüklüğü ..... 34
Şekil 3.9. Elek analizi formu örneği ..... 35
Şekil 3.10. Kohezyonlu zeminlerde hacim-su muhtevası ilişkisi ve kıvam limitleri ..... 37
Şekil 3.11. (Sol üst) Casagrande deney aleti ve gerekli ekipmanlar ..... 38
Şekil 3.12. Likit limit formu örneği ..... 39
Şekil 3.13. Likit limit grafiği örneği ..... 39
Şekil 3.14. Plastik limit deneyi ..... 40
Şekil 3.15. Standart proktor deneyi ..... 42
Şekil 3.16. Standart proktor formu örneği ..... 42
Şekil 3.17. Optimum su muhtevası-kuru birim hacim ağırlık grafiği örneği ..... 43
Şekil 3.18. Şişme deneyi ..... 45
Şekil 3.19. Şişme ölçümleri formu örneği ..... 45

Şekil 3.20. CBR deney cihazı ..... 46
Şekil 3.21. Yükleme/penetrasyon ve CBR formu örneği..... 47
Şekil 3.22. CBR grafiği örneği ..... 48
Şekil 3.23. Kum konisi deneyi numune alımı ve su içeriği tayini ..... 49
Şekil 3.24. Kum konisi deneyi yapılışı ..... 50
Şekil 3.25. Kum konisi formu örneği..... 51
Şekil 3.26. Kamyon (doğrulama) testi ..... 53
Şekil 3.27. Kamyon (doğrulama) testi görünümü..... 53
Şekil 3.28. Elek analizi ve kıvam limitleri formu örneği..... 54
Şekil 3.29. Proktor (standart) formu örneği ..... 55
Şekil 3.30. CBR ve şişme formu örneği ..... 56
Şekil 3.31. Sıyırma kazısı ve yarma yapımı ..... 58
Şekil 3.32. Dairesel kayma ..... 59
Şekil 3.33. Şevde oluşmuş erozyon bölgesi..... 60
Şekil 3.34. Güzergah üzerinde açılmış bir yarma görünümü..... 61
Şekil 3.35. Koruyucu tabaka seçme malzeme dökümü ..... 64
Şekil 3.36. Ariyet (kum-çakıl) ocağı..... 65
Şekil 3.37. A-1 sınıfı ariyet (taş parçaları çakıl ve kum) dökümü ..... 66
Şekil 3.38. 20+440 da suyun drene edilirken filtre malzemesi, üzerine istifsiz taş dolgu ve dona hassas olmayan ariyet malzemesi serimi ..... 67
Şekil 3.39. Paletli dozer ile taş dolgunun serimi..... 72
Şekil 3.40. Paletli dozer ve silindir ile sıkıştırma (ileri gidip-gelmesi 1 pass)..... 73
Şekil 3.41. Doğrulama testi..... 75
Şekil 3.42. İyileştirme yapılan alandan optimum su muhtevası deneyi için numune alımı ..... 77
Şekil 3.43. Los angeles aşınma deneyi ..... 79
Şekil 3.44. No: 10 (2 mm) elekten geçirilecek 0-5 kum..... 80
Şekil 3.45. Metilen mavisi deneyi ..... 81

Şekil 3.46. Hasas terazi, etüv ve agrega eleme işlemi ..... 83
Şekil 3.47. Agreglara ait elek analizi deneyi yapımı ..... 83
Şekil 3.48. PMAT gradasyon örneği..... 86
Şekil 3.49. PMAT karışım granülometrisi örneği..... 86
Şekil 3.50. Lastik tekerlekli vabil ve vibrasyonlu silindir ile sıkıştırma..... 88
Şekil 3.51. Silindir ve vabin ile sıkıştırma..... 93
Şekil 4.1. Elek analizi deneyi..... 95
Şekil 4.2. Km: 23+600, elek analizi ve kıvam limitleri sonuçları ..... 96
Şekil 4.3. Likit limit ve plastite indeksi için numune hazırlama..... 97
Şekil 4.4. Likit limit deneyi ve darbe makinesi Plastik İndeksi deneyi ..... 98
Şekil 4.5. Km: 23+600, likit limit grafiği ..... 99
Şekil 4.6. Standart proktor deneyi, numune nemlendirme işlemi ve tokmak vuruşu ..... 99
Şekil 4.7. Km: 23+600, proktor (standart) deneyi sonuçları..... 100
Şekil 4.8. Km: 23+600, kuru yoğunluk ve su muhtevası grafiği ..... 101
Şekil 4.9. Sulu ortam ve basınç makinesi ..... 102
Şekil 4.10. Km: 23+600' e ait şişme ölçümleri ..... 102
Şekil 4.11. Km: 23+600, CBR ve şişme (yaş CBR) deney sonuçları ..... 104
Şekil 4.12. Km: 23+600, yükleme/penetrasyon eğrisi..... 105
Şekil 4.13. Km: 11+530-12+180 arası iyileştirme çalışmaları ..... 107
Şekil 4.14. Arazide pass (ileri-geri) atımı sonucu sıkıştırma grafiği ..... 108
Şekil 4.15. Km: 12+410-12+820 arası istifsiz taş dolgu ve dona hassas olmayan malzeme serimi ..... 109
Şekil 4.16. Km: 12+800-13+500 arası iyileştirme çalışmaları ..... 110
Şekil 4.17. Km: 13+250-13+570 arası iyileştirme çalışmaları yapımı ..... 111
Şekil 4.18. Km: 13+570-13-650 arası iyileştirme çalışmaları yapımı ..... 112
Şekil 4.19. Km: 15+550-15+800 arası iyileştirme çalışmaları yapımı ..... 113
Şekil 4.20. Km: 15+900-16+450 arası iyileştirme çalışmaları yapımı ..... 114
Şekil 4.21. Km: 17+200-17+220 arası iyileştirme çalışmaları yapımı ..... 115

Şekil 4.22. Mak. Kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt) = %9,29 ..... 118
Şekil 4.23. Km: 20+400-20+500 arası filte, taş ve dona hassas malzeme serimi ..... 119
Şekil 4.24. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,172 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt) =%7,00 ..... 120
Şekil 4.25. Km: 11+550-11+900 arası reglajı yapılmış bölüm ..... 121
Şekil 4.26. Km: 13+200-13+900 reglajı (sıfırlama) tamamlanmış bölüm ..... 121
Şekil 4.27. Km:11+610, kum konisi deneyi numune alımı ve su içeriği tayini ..... 123
Şekil 4.28. Km: 11+610, konideki kumun çukura aktarılması ..... 123
Şekil 4.29. Km:11+610-12+130 arasında yapılan kum konisi sonuçları ..... 124
Şekil 4.30. Km: 12+180-12+220 arası kamyon (doğrulama) testi ..... 126
Şekil 4.31. Km: 12+180-12+220 arası esneme olan bölümlerin iyileştirilmesi ..... 127
Şekil 4.32. Km: 16+400-23+500 arası dolgu sıkışma, grafik gösterimi (Yatay eksen: arazi su içeriği, (%), düşey eksen sıkışma değerleri, (%) verilmiştir) ..... 131
Şekil 4.33. Km: 11+550-11+760 ve 12+250-12+370 arası reglajı tamamlanan alan ..... 131
Şekil 4.34. Km: 12+350-12+850 ve 15+550-16+150 arası reglajı tamamlanan alan ..... 132
Şekil 4.35. 5000 g numune ve 4584 ±25 Hassasiyetteki 11 Adet Çelik Bilye .... 132
Şekil 4.36. Numunelerin ve Çelik Bilyelerin Tambura Koyuluşu ..... 133
Şekil 4.37. No: 10 (2 mm) elekten geçirilen 0-5 kum, karıştırma ve metilen enjekte işlemi ..... 134
Şekil 4.38. Pipetle karışımdan damla alma, filtre kağıdına damlatma işlemi ..... 135
Şekil 4.39. Agregalara ait elek analizi deneyi yapımı ..... 137
Şekil 4.40. Km: 2+640'daki taş ocağına ait bantlardan alınan numuneler ..... 137

Şekil 4.41. PMAT karışım granülometrisi (TİP-B) ..... 141
Şekil 4.42. Km:18+750-19+350 arası lastik tekerlekli vabil ve vibrasyonlu silindir ile sıkıştırma ..... 142
Şekil 4.43. Km: 17+280-19+600 arası dolgu sıkışma, grafik gösterimi (Yatay eksen: arazi su içeriği, (%), düşey eksen sıkışma değerleri, (%) verilmiştir) ..... 145
Şekil 4.44. Km: 17+700-18-200 ve Km: 18+450-19+100 arası biten PMAT ..... 145
Şekil 4.45. Km: 17+650-17+800 ve Km: 18+650-18+850 arası biten PMAT .... 146
Şekil 4.46. PMT karışım granülometrisi (TİP-1) ..... 148
Şekil 4.47. Km:18+650-19+350 arası finişerle serme, lastik tekerlekli vabil ve vibrasyonlu silindir ile sıkıştırma yapımı ..... 149
Şekil 4.48. Km: 17+800-18+450 arası finişerle PMT tabakası serme ve sıkıştırma ..... 150
Şekil 4. 49. Km: 17+600-17+900 arası biten PMT tabakası ..... 153
Şekil 4.50. Km: 17+350-17+650 ve Km: 17+650-17+750 arası biten PMT ..... 153

**ÇİZELGELER DİZİNİ** **SAYFA**


Çizelge 1.1. Standart ve modifiye proktor deneylerinin karşılaştırması ..... 10
Çizelge 1.2. AASHTO sistemine göre zemin sınıflama ..... 13
Çizelge 3.1. Proje akış diyagramı ..... 31
Çizelge 3.2. ASTM E 11 elek serisi ..... 34
Çizelge 3.3. Uygun nitelikli kazı malzemesi ..... 57
Çizelge 3.4. Dolgu malzemesinin özellikleri ..... 62
Çizelge 3.5. Taş dolgu yapımında kullanılacak taşın özellikleri ..... 63
Çizelge 3.6. Koruyucu tabaka seçme malzeme özellikleri ..... 64
Çizelge 3.7. Dona hassas olmayan taban malzemesinin özellikleri ..... 66
Çizelge 3.8. Dolgularda sıkıştırma kriterleri ..... 70
Çizelge 3.9. Uygun nitelikli kazı malzemesi ..... 76
Çizelge 3.10. ASTM E 11 elek serisi ..... 82
Çizelge 3.11. Elek analizi formu örneği ..... 84
Çizelge 3.12. Alttemel malzemesi gradasyon limitleri ..... 85
Çizelge 3.13. Alttemel malzemesinin fiziksel özellikleri ..... 87
Çizelge 3.14. Alttemel sıkıştırma kritelerleri ..... 89
Çizelge 3.15. Arazi kuru birim hacim ağırlık tayin metotları ..... 89
Çizelge 3.16. Plent-Miks Temel tabakası gradasyon limitleri ..... 90
Çizelge 3.17. Temel yapımında kullanılacak kaba agreganın fiziksel özellikleri ..... 91
Çizelge 3.18. Temel yapımında kullanılacak ince agreganın fiziksel özellikleri ..... 91
Çizelge 3.19. Dane büyüklüğüne bağlı olarak tolerans limitleri ..... 92
Çizelge 3.20. Arazi kuru birim hacim ağırlık tayin metotları ..... 93
Çizelge 3.21. Temel sıkıştırma kritelerleri ..... 94
Çizelge 4.1. Km: 23+600, yükleme/penetrasyon değerleri ..... 103
Çizelge 4.2. Uygun nitelikli kazı malzemesi ..... 106

Çizelge 4.3. Dona hassas olmayan malzemelerin özellikleri ..... 107
Çizelge 4.4. Dolgularda sıkıştırma kriterleri ..... 128
Çizelge 4.5. Km: 11+500-23+600 arası sıkışma sonuçları ..... 128
Çizelge 4.6. ASTM E 11 elek serisi ..... 136
Çizelge 4.7. Km: 2+640 da bulunan taş ocağına ait elek analizi ..... 138
Çizelge 4.8. Alttemel malzemesi gradasyon limitleri ..... 140
Çizelge 4.9. PMAT karışım gradasyonu deney sonuçları ..... 141
Çizelge 4.10. Alttemel sıkıştırma kritelerleri ..... 143
Çizelge 4.11. Km: 17+280-19+600 arası sıkışma sonuçları ..... 143
Çizelge 4.12. Temel malzemesi gradasyon limitleri ..... 147
Çizelge 4.13. PMAT karışım gradasyonu deney sonuçları ..... 148
Çizelge 4.14. Temel sıkıştırma kritelerleri ..... 151
Çizelge 4.15. Km: 17+280-19+600 arası sıkışma sonuçları ..... 151

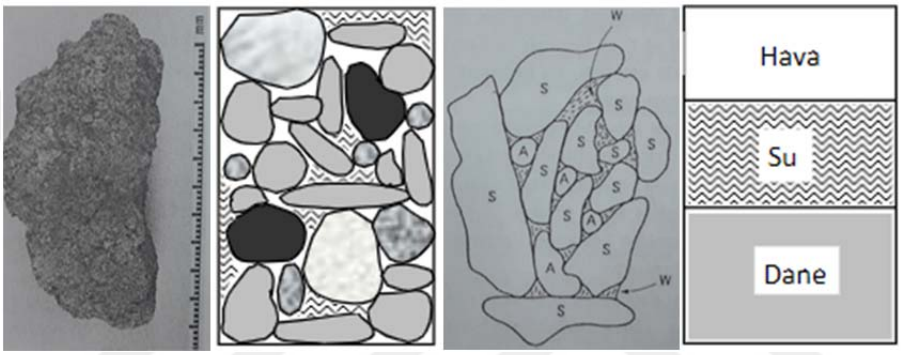
## SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|---|---|
| KGM | : Karayolları Genel Müdürlüğü |
| KTŞ | : Karayolları Teknik Şartnamesi |
| AASHTO | : Amerikan Eyalet Yolları ve Ulaşım Çalışanları Kurumu, (American Association of State Highway and Transportation Officials) |
| ASTM | : American Society for Testing and Materials/Amerikan Test ve Materyaller Topluluğu |
| PMAT | : Plent-Miks Alttemel |
| PMT | : Plent-Miks Temel |
| MB | : Metilen Boyası |
| LA | : Los Angeles |
| CBR | : California Bearing Ratio, Kalifornia Taşıma Oranı |
| PTTK | : Tozenlı-Devecibağ Karışığı ve Ferhatkaya Formasyonu |
| TÇK | : Çekerek Formasyonu |
| QAL | : Alüvyon |
| LL | : Likit Limit (%) |
| PL | : Plastik Limit (%) |
| PI | : Plastite İndeksi (%) |
| W | : Su içeriği ($g/cm^3$) |
| Wopt | : Optimum su içeriği ($g/cm^3$) |
| $\gamma k$ | : Zeminin kuru birim hacim ağırlığı ($g/cm^3$) |
| $\gamma k(max)$ | : Maksimum kuru birim hacim hğırlık ($g/cm^3$) |
| $H_1$ | : Şişme sonrası numunenin son yüksekliği (mm) |
| $H_0$ | : Şişme öncesi numunenin ilk yüksekliği (mm) |
| Düz. Yük | : 2,5 mm batma miktarında basınç aletindeki standart yük (kgf) |
| Std. Yük | : 2,5 mm batma miktarında basınç aletinden okunan yük (kgf) |
| Ds | : Standart kum kuru birim ağırlığı (g) |

| | |
|---|---|
| C | : Konideki kumun ağırlığı (g) |
| A | : Deneyden önceki kap + kum (g) |
| B | : Deneyden sonraki kap + kum (g) |
| S | : Çukura giren kum ağırlığı (g) |
| V | : Çukur hacmi ($cm^3$) |
| γ | : Çukurdan çıkan malzemenin yaş yoğunluğu (g) |
| γϑ | : Çukurdan çıkan malzemenin kuru yoğunluğu (g) |
| γdmax | : Hedef kuru yoğunluk (g) |
| $M_a$ | : Aşındırma Yüzdesi (%) |
| $M_1$ | : Tambura giren malzeme (g) |
| $M_2$ | : No: 12 (1,7 mm) elek üzerinde kalan numune ağırlığı (g) |
| MB | : Metilen Boyası (ml/g) |
| Ms | : Toplam damlatılan solisyon miktarı (ml) |
| Mn | : Numune miktarı (g) |
| NP | : Non-Plastik, Plastik olmayan |
| ϖ | : Su içeriği (%) |
| 11+500 | : 11.kilometre, 500.metre |
| 23+600 | : 23.kilometre, 600.metre |

# 1. GİRİŞ

Zemin, bir bağlayıcı madde ile tamamen veya kısmen çimentolanmış değişik türden mineraller, organik atıklar, su veya hava karışımından oluşan bir gereçtir. Çakıl, kum, silt, kil veya bunların karışımından meydana gelen gevşek malzeme olarak düşünülür (Şekil 1.1).



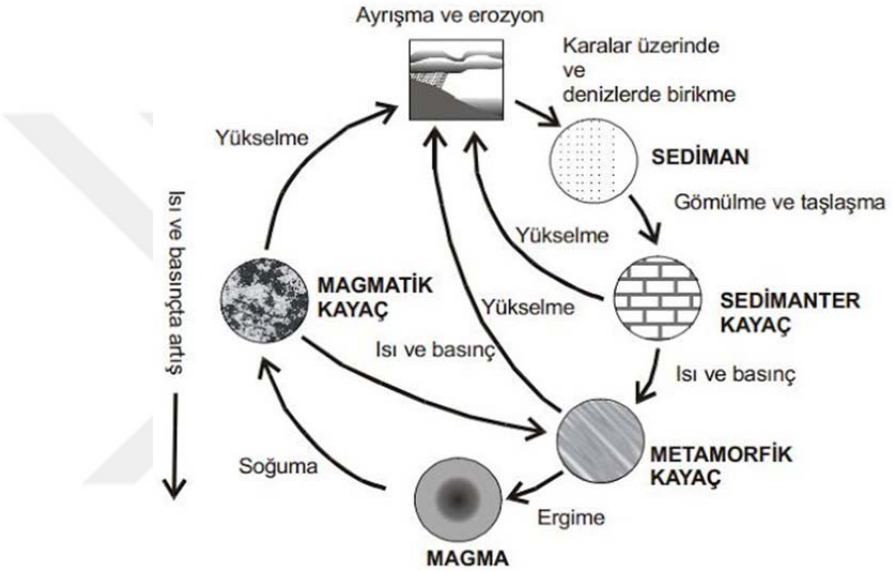

Şekil 1.1. Zeminin doğal ve bileşenlerine ayrılmış halleri

Zemin, kayaların fiziksel ve kimyasal olaylarla parçalanarak ufalanması sonucu oluşan, kazma kürekle bir yerden diğerine taşınabilen malzemelerdir. Zeminin meydana gelmesi için gerekli ilk olay, kayaçların oluşumudur (Toprak ve Stabilizasyon El Kitabı, 1989).

Çoğu kristal haldeki 1500 civarında değişik kimyasal yapıya sahip minerallerin bir araya gelmesi ile oluşan kayaçlar, oluşum şekillerine göre üçe ayrılırlar. Bu kayaçlardan tortul kayaçlar genellikle tabakalı yapıya sahiptir ve içlerinde fosil bulunur. Organik veya kimyasal yollardan oluşmuşlardır ve oluşumlarına göre üç grupta toplanabilirler (Toprak ve Stabilizasyon El Kitabı, 1989).

Mühendislik biliminde zemin olarak isimlendirilen değişik boyutlu malzemeler, doğada sert ve masif kaya kütlelerinin fiziksel ve kimyasal yollarla ayrışması sonucu oluşurlar. Daha açık bir ifadeyle zeminler, yer kabuğundaki kaya

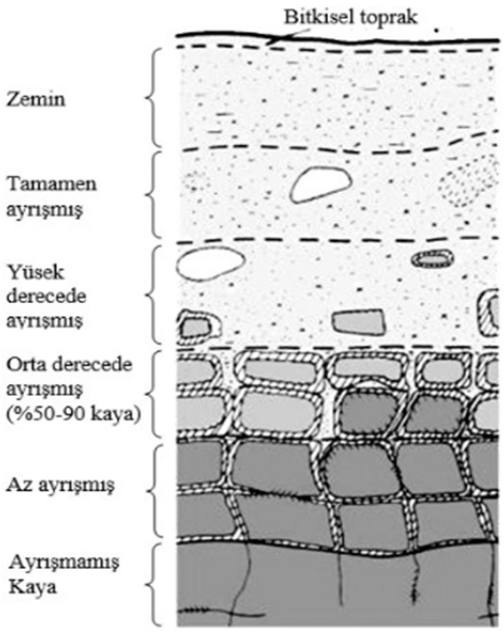
parçalarının ayrışması ile oluşurlar. Isı farkları, yağışlar, rüzgar etkisi, su ile sürüklenme, basınç gibi etkenler önemli rol oynamaktadır. Bu tür nedenlerle parçalanan kayaçlar, toplanma, sıkışma ve ergime gibi durumlarla şekillenmeleri sonucu zemini oluşturur. Aşınma, taşınma, ısı, basınç ve çökelmelerle oluşan zeminlerin dönüşümleri Şekil 1.2'deki gibi özetlenebilir (Kılıç, 2012).




Şekil 1.2. Kayaç zemin dönüşü çemberi

Oluşum şekillerine göre zeminler iki gruba ayrılırlar. Toprak ve stabilizasyon laboratuvarı el kitabında (1989) *kalıntı zeminler(residual)*; ana taşların ufalanması sonucu meydana gelen tanelerin, bulundukları yerde birikmesiyle oluşmuş zeminler olarak açıklanmaktadır. Kılıç ise (2012), ayrışma sonucu oluşan zeminin herhangi bir şekilde taşınıp, çökelmesiyle oluşmasını da taşınmış zemin (transported) olarak tanımlamıştır. Bu tür zeminler doğal yollarla (rüzgar, yağmur, kara, erozyon vb) bulundukları yerden başka bir yere taşınmış olan zeminlerdir (Şekil 1.3). Bunların dışında makine ve insan gücüyle bir yerden

alınarak başka bir yerde yapılan zeminlere de dolgu zemin adı verilmektedir. Yol dolgusu, baraj temelleri, deniz dolgusu gibi örnekler verilebilir.




Şekil 1.3.Tipik kalıntı zemin profili (Fredlund ve Rejardjo, 1993)

Kayaçlar bu ayrışmalardan sonra su ile çökelmiş, basınç ile sıkışmış veya akarsu etkisi ile dağılıp derecelenmiş olabilirler. Bu yollarla kil, kum, çakıl, marn gibi zeminler ortaya çıkar. Buz devrinde oluşmuş, hala inşaat mühendisliği için önemli kabul edilen ve kum-çakıl-kil karışımdan oluşan zeminlere *till* denir. Rüzgar etkisiyle sürüklenerek oluşan zeminlere *lös* denir. Yapı zeminlerinin farklı özellikleri dikkatle gözlemlendiğinde çakıl, kum, kum-çakıl karışımı hemen fark edilebilir. Kazılacak zemin cinsleri, oluşum ve kazı güçlüğü bakımından *toprak zeminler, küskülük zeminler, kaya zeminler, batak ve balçık zeminler ve sağlamlık durumuna bağlı zeminler* olarak beş ana sınıfa ayrılırlar.

Su muhtevası yüksek olan ve bünyesinde suyu tutan zeminler, çoğunlukla yapışkan nitelikli zeminlerdir. *Yapılanma şekillerine* göre; iri (kaba) daneli veya

kohezyonsuz zeminler, ince (ufak) daneli veya kohezyonlu zeminler ve organik zeminler (turba) olarak gruplandırılırlar. *Dane boyutuna* göre ise farklı sınıflandırma şekilleri yapılmaktadır.

***Yapılarda Zeminin Kullanımı***

Yapıların büyük çoğunluğunun zemin tarafından taşındığı düşünülecek olursa, zeminin yapı malzemesi olduğu ölçüde temel malzemesi olarak da büyük önem taşıdığı ortadadır. Örneğin laboratuvarlar, binalar, otoyollar ve benzeri yapılar içlerinde ve üzerlerinde bulunan yükleri temelleri aracılığıyla zeminlere aktarmaktadırlar. Toprak veya herhangi bir zemin üzerinde yapı tasarımı yapılacaksa, ortaya çıkabilecek mühendislik problemlerinin çözümü adım adım yapılacak karar verme ve yorum yapma işlemlerinden oluşur.

Zeminler, baraj ve karayolu dolguları gibi çoğu alanlarda malzeme olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle zeminlere ait dayanım (strength), geçirimlilik (permeability), sıkışabilirlik (compaction), plastite (plasticity) dayanımı, oturma (settlement) vb özelliklerinin bilinmesi, bu yapıların ekonomik ömrü boyunca kullanılabilmesi bakımından çok önemlidir. Karayolları ve hava limanlarının tasarımında bu yapıların altında bulunan zeminin dayanımı, sıkışabilirliği ve bunların kaplama dayanımına katkısı büyük önem taşımaktadır (Kılıç, 2012).

Zeminlerin yeterli derecede iyi olmaması durumunda bunların stabilizasyonu (iyileştirilmesi) gündeme gelmektedir. Buna bağlı olarak karayolları, demiryolları gibi yapıların geçirileceği güzergahın seçilmesinde zemine ait özelliklerin bilinmesi çok büyük önem arz etmektedir. Örneğin suyun varlığı, zemin ve temel mühendisliği konusuna egemen olan en önemli etkendir. Bu nedenle zeminlerde su denetimi son derece önemlidir. (Kılıç, 2012).

Zeminlerin dayanımı, rijitliği, stabilitesi (duraylılığı, dengesi), erozyona ve sulamaya karşı direnci, söz konusu zemin üzerinde yapılacak deneyler ile belirlenebilmektedir. Malzeme deneyleri yapılırken, bu malzemelerin tanımlanmasında ve sınıflandırılmasında onlara ait fiziksel özellikleri kullanılır. Bir zeminin taşıyabileceği trafik yükünü veya bir temelin altyapısı olup olamayacağını

belirleyen fiziksel durumu; zemin danelerinin büyüklüğü, şekli, granülometrik dağılımı, özgül ağırlığı ve kompaksiyon özellikleri ile yakından ilgilidir. Çoğu zeminlerin performansı su muhtevasına ve plastisine bağlıdır. Serbest basınç deneyi gibi deneylerde zeminin yük yaşıma kapasitesi direkt olarak ölçülebilir. Bu tür deneylerde tanınan ve sınıflandırılan zeminin, bir altyapıda kullanılıp kullanılamayacağı veya iyi bir temel malzemesi olup olamayacağına karar verilebilir. Yol kaplamalarının altında kullanılan zeminler, dolgular ve diğer toprak dolgu yapılarında zeminler inşaat süresince kompaksiyon ve karışım oranları açısından deneylerle sürekli olarak kontrol edilmelidir. Deneylerin yapılmasında ve sonuçlarının değerlendirilmesinde evrensel olarak yaygın sistemler kullanılır. (Kılıç, 2012).

Yol, hava alanı, toprak baraj, toprak dolgu inşaatlarında, zemin belli bir kalınlıkta serilerek, belli bir su muhtevasında, uygun bir sıkıştırma aracı ile sıkıştırılır. Kompaksiyonla, zeminin sabit, hareketli, dinamik yükler altında yapacağı oturmalar azalır (Uzuner, 2000).

### 1.1. Zemin İyileştirme Yöntemleri

Zemin iyileştirmesi dendiğinde çoğunlukla zeminin kayma direncinin arttırılması, geçirimliliğin azaltılması ve iri daneli zeminlerde sıkılığın ve ince daneli zeminlerde kıvamın arttırılmasını anlaşılır (Sağlamer, 1985). Zemin iyileştirilmesinde temel prensip, zeminin boşluk oranının azaltılması veya zemin boşluklarının çeşitli bileşimdeki karışımlarla doldurulmasıdır. Zemin iyileştirme yöntemleri “Yüzeysel iyileştirme yöntemleri” ve “Derin iyileştirme yöntemleri” olarakta iki grupta toplanabilir. Bu tez çalışmasında yüzeysel iyileştirme yöntemlerinden, kompaksiyon yöntemi üzerine yoğunlaşılmış ve uygulamada yer verilmiştir.

Zemin iyileştirme yöntemi seçiminden önce, çalışacak arazi ve bulunduğu yer hakkında bilgiler alınır, daha sonrasında arazide incelemeler yapılır. Araziyi incelemek için iki yönteme başvurulur. Bunlardan ilki arazi deneylerini kapsar,

ikincisi ise laboratuvar çalışmalarıdır. Arazi çalışmaları laboratuvarda yapılan çalışmalara göre daha masrafsız ve hızlı sonuç alınan bir yöntemdir. Laboratuvarda ise araziden alınan numunelere deneyler yapılır ve araziyle ilgili daha geniş çaplı sonuçlar alınabilir. Her ikisinde de yapılan çalışmalarda zeminin cinsi, formasyonu ve özellikleri belirlenir. İyileştirme yöntemine karar verilmesine gelindiğinde, yapılacak olan çalışmanın özellikleri ve üzerine inşa edileceği temel sistemi hakkında detaylı bilgiye sahip olunmalıdır.

İyileştirme yöntemi seçiminde birçok farklı etken vardır. Bu etkenler, sahanın zemini ve yeraltı suyu durumları, izin verilebilecek yapısal hareketlerin tipi ve büyüklüğü, yapılarda meydana gelebilecek ek yüklerdeki artmalar ve azalmalar, yapının genel stabilitesi gibi sıralanabilir. Zemin iyileştirme yöntemleri, yerel zemin şartlarına bağlı olan inşaatları kapsamaktadır. Her proje için özel inşaat teknikleri kullanılması gerekebilir. Zeminle ilgili iyileştirme işlemine başladıktan sonra daha önceden tespit edilemeyen durumlarda proje değişikliklerine gidilebilmektedir. Bu şekilde, riskli çalışmalarda dahi ekonomik çözümler elde edilebilir.

Sıvılaşma potansiyeli bulunan zeminler üzerinde yapılan yapıların zemin içine batması veya aşırı boşluk suyu basıncının oluşması ile dayanma yapılarının yatay ve düşey yönde hareketi gibi sorunlarla karşılaşılmaktadır. Bu sorunların kabul edilebilir sınırlar içinde kalması ve/veya tam anlamıyla ortadan kaldırılması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Su muhtevasındaki değişimler, killi zeminlerde şişme ve büzülme gibi hacimsel değişikliklere neden olabilir. Şişme ve büzülme miktarındaki hacimsel değişikliğin büyüklüğü, ortaya çıkabilecek problemin büyüklüğünü belirlemektedir. Bu sorunun giderilmesi için alternatif olabilecek olan stabilizasyon yöntemleri uygulanmaktadır.

Sıvılaşma, zeminin dayanımının ve stabilitesinin deprem titreşimleri veya hızlı yüklemeler sonucunda azalması ile ortaya çıkan bir olaydır. Sıvılaşmanın oluşması ile zeminin mukavemetinde azalma oluşmaktadır (Özaydın, 1997).

Zeminlerde mukavemet artışı, kompaksiyon, önyükleme, drenaj, diger bir zeminle karıştırma, kimyasal stabilizasyon yöntemlerini kullanarak sağlanmaktadır. Zeminin permeabilitesinin değiştirilmesinde en etkin yol kompaksiyon olmakla beraber kireç, jips, uçucu kül, puzolan, vb. maddelerin katkısı ile zemin danelerini birbirine sıkıca bağlayarak çimentolaşması sağlanabilir. Bitüm ise granüler zemin danelerinde bağlayıcılık görevi yapmakla beraber geçirimsizliği de sağlamaktadır. Ancak bu amaçla kullanılacak stabilizörler zemin cinsine bağlı olarak seçilmelidir. Kompaksiyon, gevşek iri daneli zeminlerin sıkışabilirlik özelliğinin iyileştirilmesinde kullanılan etkin bir metottur. Kompaksiyon ile zeminin sıkışabilirliğinde önemli azalmalar sağlanabilir. Ancak sıkışabilirlik özelliğinin iyileştirilmesinde kompaksiyon tek başına yeterli olmayabilir. Sıkışabilen zeminlerde konsolidasyon teknikleri uygulanmalıdır (Nonveiller, 1989).

Günümüzde zeminlerin iyileştirilmesi için çok sayıda metot geliştirilmiştir. Bu yöntemler zemin cinsine ve iyileştirmenin amacına göre değişmektedir. Zemin iyileştirme metotlarının uygulanabilirliği zeminin dane çapı ile yakından ilişkilidir. Zemin iyileştirme yöntemleri; yüzeysel ve derin zemin iyileştirme yöntemleri olarak iki ana gruba ayrılırlar.

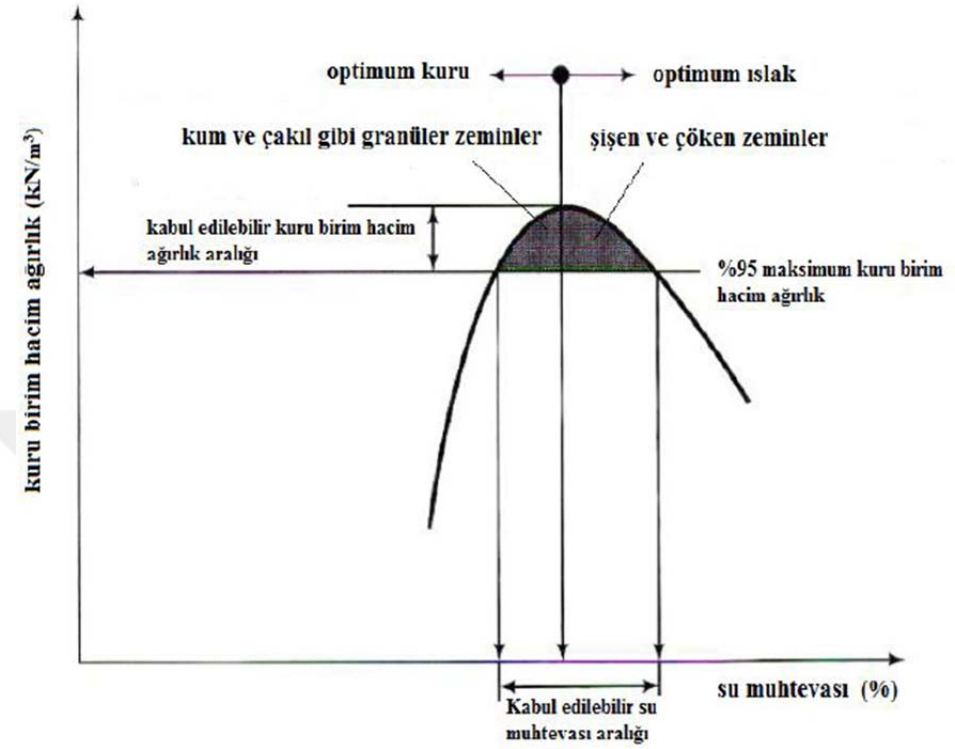
Yüzeysel zemin iyileştirme yöntemleri; kompaksiyon, drenaj, çimento ile stabilizasyon, kireç ile stabilizasyon, kireç-uçucu kül ile stabilizasyon, bitüm ile stabilizasyon olarak yapılabilmektedir. Derin zemin iyileştirme yöntemleri ise; önyükleme, prefabrik drenler, kum drenleri, vakumla su emme metodu, vibro kompaksiyon metodu, dinamik kompaksiyon metodu, kompaksiyon kazığı, patlatma metodu, taş kolonlar, enjeksiyon teknikleri (çatlatma, sıkılama ve geçirimsizlik enjeksiyonları), jet grout, derin karıştırma, elektro-osmoz, ısıl işlemler ve kireç kazıkları gibi yöntemleri kapsamaktadır. Bu tez çalışmasında yüzeysel iyileştirme yöntemlerinden, kompaksiyon yöntemi üzerine yoğunlaşılmış ve uygulamada yer verilmiştir.

***Kompaksiyon Yöntemi (Kontrollu Dolgular)***

Mevcut zemin özellikleri, planlanan proje kapsamında inşaata elverişsiz ise mevcut zeminin sıkıştırılması yeterli olamayabilir, bunun yerine problemli zemin tabakası kaldırılarak yerine mühendislik özellikleri daha uygun bir zemin yerleştirilmesi gerekebilir. Belirli kalınlıkta, sıkıştırılarak oluşturan zeminlere kontrollü dolgu adı verilir. Zemin kompaksiyonu, zemini silindir, vibratör ve tokmak gibi mekanik araçlar ile zorlayarak su hacmini değiştirmeden boşluklarındaki hava hacmini azaltması ile danelerin birbirine daha yakın olarak kümelenmesini sağlama işlemidir (Kumbasar, 1999). Bu mekanik enerji ve danelerin yüzeylerini kayganlaştıran su yardımı ile danelerin yeniden yerleşmesini ve böylece daha sıkı bir yapı oluşturmasını sağlar.

Zeminlerin mekanik enerji ile sıkıştırılması işlemine kompaksiyon denir. Başka bir ifadeyle kompaksiyon, zemin danelerinin birbirlerine yaklaştırılması ve aralarındaki hava boşluklarının azaltılması sonucu daha sıkı bir yerleşime sahip olmalarını sağlayan mekanik işlemlere verilen işlem olarak tanımlanabilir (Özaydın, 2005).

Uygulanacak kompaksiyon işleminden daha iyi sonuçlar alabilmek için, sıkıştırılacak malzemenin özellikleri laboratuvar deneyleri ile belirlenmesi gerekmektedir. Dolguların yapımı ile ilgili olarak 1933 yılında R.R. Proctor tarafından geliştirilen proktor deneyinden, dolgunun su muhtevaları ve kuru birim hacim ağırlıkları arasında bir bağıntı elde edilmiştir. Çan şeklinde olan bu eğrinin maksimum noktasından, optimum su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerlerini elde etmek mümkündür (Şekil 1.4).




Şekil 1.4. Kompaksiyon Eğrisi (Budhu, 2010)

Kompaksiyon grafiğinde açıkça görülmektedir ki, su muhtevası belirli bir değere kadar arttıkça, zeminlerin sıkışabilirliği de artmaktadır. Eklenen su zemin daneleri yüzeyinde yağlayıcı etkiye sebep olup danelerin birbiri arasında daha iyi yerleşmesini sağlamaktadır fakat belirli bir su muhtevasından sonra azaltılması istenen boşluklar su ile dolduğu için boşluklar yerine daneler yerleşemez ve sıkışma oranı azalır. Bu durum göstermektedir ki zeminlerin en iyi sıkışabildiği, kuru birim hacim ağırlığın en yüksek olduğu su muhtevası değeri optimum su muhtevası, (Wopt) olarak adlandırılır.

Bu işlem farklı su muhtevalarında hazırlanmış bir seri zemin numunesi için tekrarlanır. Bir zeminin kompaksiyon durumunu en iyi açıklayan parametre zeminin kuru birim hacim ağırlığıdır (γk). Zeminlerin kuru birim hacim ağırlıkları (1.1) bağıntısı ile belirlenmektedir.

$$\gamma k = \frac{\gamma n}{1+\omega n} \quad (1.1)$$

Burada;

γn= Doğal birim hacim ağırlık (g/cm$^3$)

ωn= Doğal su muhtevası (%)

Optimum su muhtevası (Wopt) ve maksimum kuru birim hacim ağırlığının (γk) belirlenmesi için kullanılan standart laboratuvar deneyleri;

• Standart Proktor Deneyi (ASTM D-698) ve

• Modifiye Proktor Deneyi (ASTM D-1557)'dir.

Bu parametrelerin belirlenmesinde kullanılan iki deney arasındaki tek fark enerji miktarlarıdır. Modifiye Proktor deneyinin enerji miktarı daha yüksek olduğu için havaalanları veya üst yapı yüklerinin fazla olduğu dolguların parametrelerinin belirlenmesinde kullanılır. Çizelge 1.1' de standart proktor deneyi ve modifiye proktor deneyleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1.1. Standart ve modifiye proktor deneylerinin karşılaştırması

| | Standart Proktor | Modifiye Proktor |
|---|---|---|
| Düşme yüksekliği (cm) | 30 | 45 |
| Çekiç ağırlığı (kg) | 2.5 | 4.5 |
| Darbe sayısı | 25 | 56 |
| Katman | 3 | 5 |
| Enerji ( kN-m/m3) | 594 | 2700 |

Toprak dolgu barajlar ve hava meydanları inşaatında ağır sıkıştırma araçları kullanıldığından, arazideki sıkıştırmaya benzerlik sağlamak için daha fazla sıkıştırma enerjisi sağlayan modifiye proktor deneyi tercih edilmektedir. Zemine

uygulanan kompaksiyon enerjisi arttıkça maksimum kuru birim hacim ağırlık artar ve optimum su muhtevası düşer (Kumbasar, 1999).

Arazide ise kuru birim hacim ağırlığını belirlemek için kum konisi, plastik balon ya da nükleer ölçüm yöntemlerinden biri kullanılabilir. Arazide elde edilen kuru birim hacim ağırlığın, labaratuvarda elde edilen maksımum kuru birim havim ağırlığına olan oranına, kompaksiyon derecesi denir (1.2). Kontrollü dolgu yönteminde, Standart Proktor veya Modifiye Proktor deneyinde kompaksiyon derecesinin % 90 - % 95 arasında olması, kompaksiyonun başarı oranını verir.

$$RC = \frac{\gamma d\ arazi}{\gamma d\ mak} \times 100 \quad (1.2)$$

Burada;

RC= Kompaksiyon derecesi

γd arazi= Kuru birim hacim ağırlık (Arazi)

γd mak= Maksimum kuru birim hacim ağırlık (Labortuvar)

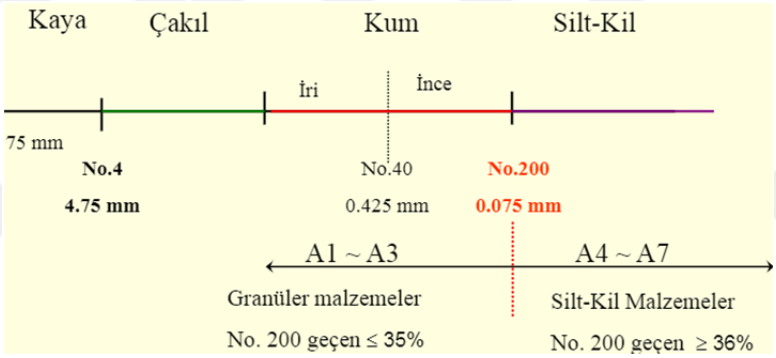
### 1.2. Zemin Sınıflama Sistemleri

Sınıflandırma; zemini birkaç harf veya sayı ile isimlendirerek ortak bir dil oluşturma işlemini kapsar. Amacı, basit indislerle benzer davranışa sahip zemin gruplarının oluşturulması ve sınıflanması, mühendislik özelliklerini kestirmek ve genel olarak mühendisler veya araştırmacılar arasında iletişimi sağlamaktır.

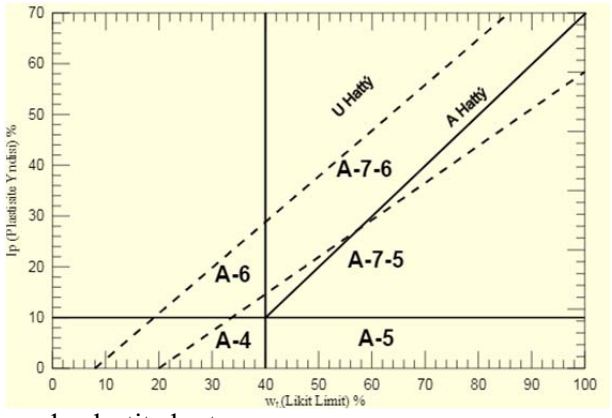
Üçgen sınıflandırma (Feret Üçgeni), Amerikan Eyalet Yolları ve Ulaşım Çalışanları Kurumu, (American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO), Birleşik Toprak Sınıflandırma Sistemi (Unified Soil Classification System, USCS) gibi sınıflandırma sistemleri bulunmaktadır. Bu sınıflandırma sistemlerinden tez çalışmaları boyunca ağırlıklı olarak Karayolları Teknik Şartnamesi'nin de (KTŞ) temellerinin dayandığı AASHTO zemin sınıflama sistemi kullanılmıştır.

***AASHTO Sınıflandırma Sistemi***

Bu sistem Hogentogler ve Terzaghi tarafından 1929 yılında tanımlanmıştır. Birçok kere rezive edilmiştir. Bugün kullanılan AASHTO (1978) sistemi 1945' revize edilmiş versiyonu esas almaktadır (Holtz ve Kovacs, 1981). Yaygın olarak toprak işlerinde özellikle taban, alttemel ve dolgularda kullanılır. Yol yapımında kullanılacak zeminleri sınıflamak amacıyla hazırlanmıştır. Sınıflama; tane boyu dağılımı, likit limit ve plastite indisine göre yapılmaktadır. AASHTO silt-kil ile kum sınırını 0.075 mm (ASTM #200 Elek), kum ile çakıl sınırını ise 2.00 mm olarak kullanmaktadır (Şekil 1.5). Yüksek, orta ve düşük plastiteli zeminler Şekil 1.6'daki grafikte gösterilirler.




Şekil 1.5. AASHTO sistemine göre dane büyüklüğü




Şekil 1.6. Casagrande plastite kartı

- A-doğrusu [Ip= 0,73 x (wL - 20)]
- U-doğrusu [Ip= 0,9 x (wL - 8)]

A-hattı genellikle killi zeminleri siltli zeminlerden ve organik zeminleri inorganik zeminlerden ayırır. U-hattı genel olarak zeminlerin üst sınırını oluşturur. Plastite kartına göre genel hatlarıyla zemin sınıflama Çizelge 1.2'deki gibidir.

Çizelge 1.2. AASHTO sistemine göre zemin sınıflama

| A-1 | A-3 | A-2 | A-4 ve A-5 | A-6 ve A-7 |
|---|---|---|---|---|
| Taş parçaları, çakıl ve kum | İnce kum | Siltli veya killi çakıl ve kum | Siltli zeminler | Killi zeminler |

Bu sınıflamada zeminler A-1'den başlayarak A-7'ye kadar 7 gruba ve alt gruplara ayrılır. Karayolları Teknik Şartnamesi'nin de (KTŞ) temellerinin dayandığı Amerikan sınıflama sistemine ait sınıflama sistemi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 1.7).

AASHTO

| GENEL SINIFLANDIRMA | | Daneli Zeminler (%35 veya daha az No. 200' den geçen) | | | | | | | Silt-Kil Malzemeler (%35 veya daha fazla No. 200' den geçen) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GRUP SINIFLANDIRMASI | | A-1 | | A-3[1] | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | |
| | | A-1-a | A-1-b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | A-7-5 | A-7-6 |
| ELEK ANALİZİ Yüzde Geçen | No: 10 | 50 Max | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | No: 40 | 30 Max | 50 Max | 51 Min | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | No: 200 | 15 Max | 25 Max | 10 Max | 35 Max | 35 Max | 35 Max | 35 Max | 36 Min | 36 Min | 36 Min | 36 Min | 36 Min |
| No 40 Altına Geçen Kısmın Özellikleri | Likit Limit ($w_L$) | --- | --- | --- | 40 Max | 41 Min | 40 Max | 41 Min | 40 Max | 41 Min | 40 Max | 41 Min | 41 Min |
| | Plastisite İndisi (IP) | 6 Max | 6 Max | NP | 10 Max | 10 Max | 11 Min | 11 Min | 10 Max | 10 Max | 11 Min | 11 Min IP≤(wL-30) | 11 Min IP> (wL-30) |
| Grup İndisi (G.I.) | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 Max | 4 Max | 8 Max | 12 Max | 16 Max | 20 Max | 20 Max |
| Ana Malzemenin Ekseriya Görünüm Tipleri | | Taş Parçaları Çakıl ve Kum | | İnce Kum | Siltli veya Killi Çakıl ve Kum | | | | Siltli Zeminler | | Killi Zeminler | | |
| Taban Olarak Genel Değerlendirme | | Fevkelade ile İyi | | | Orta ile Kötü | | | | | | | | |

[1] – A-3' ün A-2' den önce konulması "soldan sağa eleme" işlemi için gereklidir ve A-3' ün A-2' den üstün olduğunu belirtmez.
[2] – A-7-5 ara grubunun plastisite indisi ($w_L$-30) a eşit veya daha azdır. A-7-6 ara grubunun plastisite indisi ($w_L$-30) dan daha fazladır.

Şekil 1.7. AASHTO sınıflandırma sistemi

A-8 grubu turba gibi yüksek miktarda organik malzeme içeren zeminler için kullanılmakta olup yüksek sıkışabilirlikleri ve düşük direnç özellikleri nedeniyle dolgularda kullanılmadıkları için sınıflandırma tablosunda gösterilmemektedir.

Bu tez çalışmasında, (Çorum-Merzifon) Ayr. -Mecitözü- (Amasya-Turhal) Ayr. 0+000-61+841,27 km arası bölünmüş yol yapımı işi dahilinde, Karayolu temel/alttemel zemin uygulama çalışmaları incelenmiştir. Çalışmalara ilk olarak güzergah üzerinde zemin analizleri yapılmak üzere Km: 23+600'den 40 kilogram numune alınarak başlanmıştır. Alınan numuneye Karayolları Teknik Şartnamesi'ne (KTŞ) göre yapılan deneyler sonucunda zayıf zemin olarak belirlenmiştir.

Literatür olarak zeminin oluşumu ve özelliklerinden başlanmıştır. KTŞ' de ağırlıklı olarak kullanılan sınıflandırma yönteminden (AASHTO) kısaca bahsedilmiştir. Zemin analizleri neticesinde belirlenen zayıf zemin sonucunda yapılması gereken yarma dolgu ve iyileştirme kısımlarıyla devam edilmiştir. Km: 11+500-23+600 arasında dolgu ve terasman kotunda optimum zemin stabilizasyonu değelerine ulaşılmıştır. Daha sonra çalışılan program dahilinde, agrega deneyleri, üstyapı dizaynı olan Plant Mix Alt Temel (PMAT) ve Plent Mix Temel (PMT) belirlenmiş ve yapılan çalışmalar sonucunda Km: 17+280-19+600 arasında optimum zemine ulaşılmıştır.

# 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu tez çalışmasında; (Çorum–Merzifon) Ayr. -MECİTÖZÜ- (Amasya-Turhal) Ayr. 0+000-61+841,27 km arası bölünmüş yol yapımında optimum zemin stabilizasyonu ve uygulamaları üzerine yoğunlaşılmıştır. Daha sonra sahasının fizibilitesi, jeofizik ve jeoteknik çalışmaları yapılmıştır. Bu bölümde yol stabilizasyonu hakkında geçmişten günümüze yapılan çalışmalardan bazıları (kronolojik sırayla) ve daha önce kullanılan zemin ıslah (iyileştirme) yöntemleri ve bu yöntemlerle ilgili teorik ve deneysel çalışmalara yer verilmiştir.

Kumbasar (1962), kompaksiyon ve konsolidasyon arasındaki farkın açık olarak anlaşılması gerekir. Konsolidasyon, devamlı basınç altında kohezyonlu zeminin boşluklarındaki suyun azar azar dışarı atılması ve hacimde bir azalma meydana gelmesidir. Oysa; kompaksiyon, yalnız havanın dışarı atılması ile zemin danelerinin birbirine yaklaşmasıdır.

1925-1932 yılları arasında, ilk zemin-asfalt stabilizasyonu ABD'de Missouri, Güney Carolina, Iowa ve Nebraska'da uygulanmıştır. Yapılan stabilizasyon çalışmalarında, yol altyapısının likit asfaltlarla stabilize edildiklerinde sağlam bir temel meydana geldiği görülmüştür (Cilason, 1964).

Witczak ve Yoder (1975) tarafından asfalt-kum stabilizasyonu özellikle sahil bölgelerde başarı ile kullanılmıştır. Burada asfaltın fonksiyonu kumlar arasındaki kil birimleri arasında yapışmayı sağlamak ve böylece su geçirgenliğini en alt düzeye indirmektir

Stabilizasyon konusunda en önemli uygulama doğal zeminin yerinde yapılan işlemlerle sağlamlaştırılmasıdır. Buna en eski örnek Çin'de M.Ö 600'lerde lösün içine açılan kayalara doldurulan sönmemiş kireçle stabilize edilmesi gösterilebilir. Sönmemiş kirecin çevredeki suyu hızla çekerek taşlaşması ve bir kazık oluşturması bugün için bile ilginç bir uygulamadır. Yine bu ülkede zayıf zeminlerin içine çakılan bambu kamışlarıyla donatılandırıldığı bilinir (Önalp, 1982).

Ingold ve Miller (1982) tarafından deneysel ve teorik olmak üzere geotekstil donatı ile güçlendirilmiş zeminler üzerinde birçok araştırma yapılmıştır. Geçirimli ve geçirimsiz olmak üzere iki farklı donatı kullanılarak kil zemini güçlendirme üzerine bir çalışma yapmıştır. Ingold ve Miller, drenajsız koşullarda, geçirimsiz donatı ile hazırlanan örneklerin donatısız örneklere kıyasla dayanımlarında baskın bir azalma gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

İnşaat mühendisliğinde ilk ve orta çağın en ileri toplumu olan Roma imparatorluğunda stabilizasyon tekniklerine özellikle karayolu yapımında başvurulmuştur. İtalya'da bol bulunan puzzolan ve kirecin yardımıyla killi zeminlerin iyileştirilmesi başarıyla sağlanmıştır (Önalp, 1982).

1970'lerin stabilizasyon teknolojisine getirdiği yenilik plastiğin çok ucuza mal edilmesi sonucu bu malzemenin bol miktarda kullanılmasıdır. Geçirimliliği ya da kayma direnci yetersiz olan doğal zemin plastik tabakalar uygulamasıyla kullanılır hale gelmektedir (Önalp, 1982).

Ingold, ve Miller (1983) tarafından drenajsız koşullarda, geçirimsiz donatı ile hazırlanan örneklerin donatısız örneklere kıyasla dayanımlarında baskın bir azalma gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Geçirimli donatı ile güçlendirilmiş kil örneklerinin dayanımında ise belirgin bir artış bulgulamışlardır. Literatürde araştırmacılar geçirimli plastik diskler ile güçlendirilmiş kaolin kilinin dayanım parametrelerini de ayrıca drenajlı üç eksenli deneyler yardımıyla belirlemişlerdir

Zeminin granülometrisi, plastisitesi ve pülverize edilebilme durumu, stabilize edilecek zeminin direnci üzerinde rol oynayan önemli etkenlerdir. Genellikle zeminin dane boyutu küçüldükçe ve plastisitesi arttıkça bitümlü malzeme ile zor karışmaktadır. Zeminin içerisinde granüler malzemenin olması halinde stabilize edilecek zeminin direnci ve dayanıklılığı artar ve kullanılacak bitümlü malzeme miktarı azalır (Umar ve Ağar, 1985).

Çok çeşitli zeminler (kum, kil ve iyi granülometrili zeminler) bitümlü malzemeler ile stabilize edilebilirler. Ancak karışımda ne kadar çok ince malzeme varsa su geçirmezliği sağlamak için o kadar çok miktarda bitüme ihtiyaç hasıl olur.

Zemin-asfalt stabilizasyonunda kullanılan su, zeminin sıkışmasını kolaylaştırmak ve bitümlü malzemenin üniform dağılmasını sağlamak için kullanılır (Wright ve Paquette, 1987).

Lafleur ve Lefebvre (1987), son derece plastik kohezyonlu zeminlerin değerlendirilmesinde bir seri direkt kesme deneyi kullanarak ve örgülü ve örgüsüz geotekstiller altındaki killerin davranışlarını karşılaştırmıştır.

Srivastava ve diğerleri (1988), serbest ve üç eksenli basınç deneylerini kullanılarak geotekstil donatılı siltli zeminlerin davranışı üzerine çalışmıştır. Sıkıştırma basınç analizi ile güçlendirici tabakaların sayısı ve numunenin çap-yükseklik oranı ölçülmüştür.

Krishnaswamy ve Srinivasula (1988) tarafından siltli killer üzerinde yaptıkları üç eksenli deneyler ile geotekstil donatılar arasındaki mesafenin etkisini ve optimum su içeriğinin kuru ve ıslak tarafındaki su içeriğinin etkisini araştırılmıştır.

Kompaksiyon, gevşek iri daneli zeminlerin sıkışabilirlik özelliğinin iyileştirilmesinde kullanılan etkin bir metottur. Kompaksiyon ile zeminin sıkışabilirliğinde önemli azalmalar sağlanabilir. Ancak sıkışabilirlik özelliğinin iyileştirilmesinde kompaksiyon tek başına yeterli olmayabilir. Sıkışabilen zeminlerde konsolidasyon teknikleri uygulanmalıdır (Nonveiller, 1989).

Derin temel uygulamaları ya da elverişsiz zeminlerin kazılarak yerine daha iyi nitelikli malzeme doldurulması gibi mevcut yöntemlere alternatif olarak, 1980'li yıllarda Amerika' da Dr. Fox tarafından geliştirilen Darbeli Kırmataş Kolonlar (DKK) ile oturmaların uygun seviyelere indirilmesi ve temel altındaki yumuşak zeminlerin taşıma kapasitesinin arttırılması hedeflenmiştir (Koerner, 1989).

Elverişsiz ve problemli zeminlerin mühendislik parametrelerinin iyileştirilmesi amacıyla geotekstiller farklı şekillerde kullanılabilmektedirler. Örgülü ve örgüsüz olarak ayrılan geotekstiller iyileştirme amacı ile şevlerde, istinat

yapılarında, karayollarında, demiryollarında, yumuşak zeminlere oturan dolgularda ve temel altlarında sıklıkla kullanılmaktadır (Koerner, 1989).

Zornberg ve Mitchell (1994), güçlendirilmiş kohezyonlu zeminlerin davranışını deneysel ve analitik çalışmalar ile yorumlamıştır.

Akbulut (1999), %50 sıkılıkta yerleştirdiği daneli zeminlere, çimento, çimento-silis dumanı, çimento-uçucu kül ve çimento-kil harçlarını kullanarak enjeksiyon işlemini gerçekleştirmiştir. Silis dumanı ile enjeksiyon yapılmış numunelerde basınç dayanımının yüksek olduğunu fakat geçirgenliğin düştüğünü belirtmiştir. Uçucu kül ile yapılan enjeksiyon da basınç dayanımının biraz düştüğünü geçirgenliğin arttığını, kil katkılı numunelerde ise basınç dayanımının düştüğünü belirtmiştir.

Kompaksiyon; zemin tabaka serilerek, silindirleme, vibrasyon (titreşim) uygulama, tokmaklama gibi işlemlerle yapılmaktadır. Bu işlemlerle, zemin taneleri daha az boşluklu yerleşerek, zeminin boşluk oranı azaltılır. Yol, hava alanı, toprak baraj, toprak dolgu inşaatlarında, zemin belli bir kalınlıkta serilerek, belli bir su muhtevasında, uygun bir sıkıştırma aracı ile sıkıştırılır (Uzuner, 2000).

Mekanik stabilizasyon iki veya daha fazla farklı zeminin uygun oranlarda karıştırılarak istenilen şartları sağlayan bir zemin haline dönüştürülmesidir. Böylece yük altında kalıcı deformasyon yapmayan yani stabil bir zemin elde edilmiş olunur (Tunç, 2002).

Olumsuz zemin koşullarının iyileştirilmesinde mekanik, hidrolik, fiziksel ve kimyasal iyileştirme ile başlıca dört tür iyileştirme yapılabilir. Bu yöntemlerin uygulanması ile kayma dayanımını artırmak ve önemli yükler altında zemin davranışını iyileştirmek, oturmayı azaltmak, zeminden su sızıntısı kayıplarını azaltmak imkânı oluşur (Yıldırım, 2002).

Zeminlerin durabilite özelliği yukarıdaki özelliklerden herhangi birinin olumsuz yönde değişimine karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Çünkü zeminin belli bir yüksekliğinde (genellikle 30-50 cm'lik kısım) durabilite

problemlerine maruzdur. Bu nedenle stabilizasyon işlemleri genellikle bu katmanda yapılır (Tunç, 2002).

Zemin ıslak olmak koşulu ile iyileştirme yöntemlerinden yalnızca dondurma yöntemi, tüm zemin cinsleri için uygun olup diğer tüm yöntemler zeminin kohezyonlu olup olmadığına, suya doygun olup olmadığına, normal ya da aşırı konsolide olduğuna, zeminin özel bir yapısı (örneğin organik veya atık) bulunup bulunmadığına göre bir yöntem uygun olabilirken diğeri uygun olmayabilir. Özellikle uğraşılan sorunun türünün (temel taşıma gücü, yanal dayanımı, dayanma yapısı teşkili, yumuşak ve gevşek zemin üzeri dolgu, sızıntı vs.) bir yöntemin uygunluğunda çok önemli bir etken olduğu bilinmektedir (Yıldırım, 2002).

Önalp, (1983) ve Tunç (2001-2002) tarafından iyileştirme yöntemlerinin bazılarının dane boyutuna göre hangi türlerde daha başarılı olabileceği gösterilmiştir. Çakıl ve kumlar için geçerli bir tekniğin çoğu ince daneli zeminlerde verimsiz kaldığı görülmektedir. Bunun en önemli nedeni yüzeysel kuvvetlerin hakim olduğu killerde geçirimliliğin de düşüklüğü sonucu suyun farklı durumu olarak gösterilebilir.

Arzu edilmeyen veya zayıf materyalin kazılması ve daha iyi zemin ile değiştirilmesi yoluyla herhangi bir zeminde, çok yumuşak zeminlerde çamur dalgalarından ve dolgu altında kaplanmış sıkışabilir zeminden dolayı problem söz konusu olduğunda, zayıf zeminleri kaymaya zorlayacak ve daha kuvvetli dolgu ile yerdeğiştirecek şekilde aşırı yüklenmesi ile yapılır (Kayabalı, 2004).

Kompaksiyon; zeminlerin dayanım, permeabilite (geçirimlilik) ve oturmaya karşı iyileştirilmesi veya erozyon olayına karşı sağlamlaştırılması için tabakalar halinde sıkıştırılması olarak tanımlanabilir (Aytekin, 2004).

Kolias ve ark., (2005) ince gradasyonlu killi zeminlerde (CL-CH) yüksek kalsiyum içerikli uçucu kül ve çimento ile stabilizasyonun etkinliğini incelemişlerdir. Değişik oranlardaki uçucu kül ve çimento karışımlı numunelerin elastisite modülleri ve 90 günlük basınç dayanımları ve CBR değerleri tespit

edilmiştir. Uçucu kül ve çimento ile iyileştirilmiş killi zemin üzerindeki esnek üst yapının analizi yapılarak geleneksel üstyapılar ile karşılaştırılmış ve stabilizasyonun teknik faydaları açıkça ortaya konulmuştur.

Şenol ve ark., (2006) tarafından dört ayrı tesisten elde edilen, ikisi yüksek oranda CaO, ikisi de yüksek oranda karbon içeren uçucu küllerin yumuşak zeminlerin stabilizasyonundaki etkilerinin incelendiği çalışmada, kül içeriğinin artması ile değişik zemin cinslerine göre CBR değerinin 2 ile 18 kat arasında, basınç mukavemetinin ise 2 ile 7 kat arasında arttığı, en fazla artışın % 20 uçucu kül içerikli CL sınıfındaki zeminde olduğu belirtilmiştir.

Taşıma gücü yüksek olmayan zeminlerde temellendirme yapılırken mutlaka güçlendirme yöntemleri uygulanmaktadır. Kullanılan çeşitli yöntemler arasından zemini geosentetikler ile donatılandırma yöntemi hem ekonomik hem de uygulama açısından en makul olanıdır (Qiming, Murad, Radhey ,Xiong, 2007).

Çetin (2010), yol altyapısında dolgu olarak kullanılacak taşıma gücü düşük üç zemine, iyileştirme için karbon oranı yüksek uçucu kül ve kireç klinker tozu (lime kiln dust, LKD) katmış, 1, 7 ve 28 gün küre tabi tutmuştur. Kür sonrası CBR ve elastiklik modülü (Resilient modülüs, MR) deneyleri yapmıştır. LKD ilavesi ile zeminlerin elastiklik modülü ve CBR'ın arttığını bildirmiştir.

Özellikle ulaşım ve yol yapılarında birçok zayıf ve problemli zeminin üzerinden geçilmesi gerekmektedir. İnşaat yerinin değiştirilmesi veya istenilen özelliklere sahip olmayan zeminin kaldırarak yerine daha uygun zeminlerin kullanılması ise, teknolojik ve ekonomik nedenlerle çoğu kez uygun çözüm olmamaktadır. Son yıllarda zeminlerin yüzeysel iyileştirilmesinde alternatif katkı malzemelerinin kullanılması, problemli zeminlerin özelliklerinin iyileştirimede ekonomik bir çözüm olmaktadır (Ghabaee, 2015).

# 3. MATERYAL VE METOT

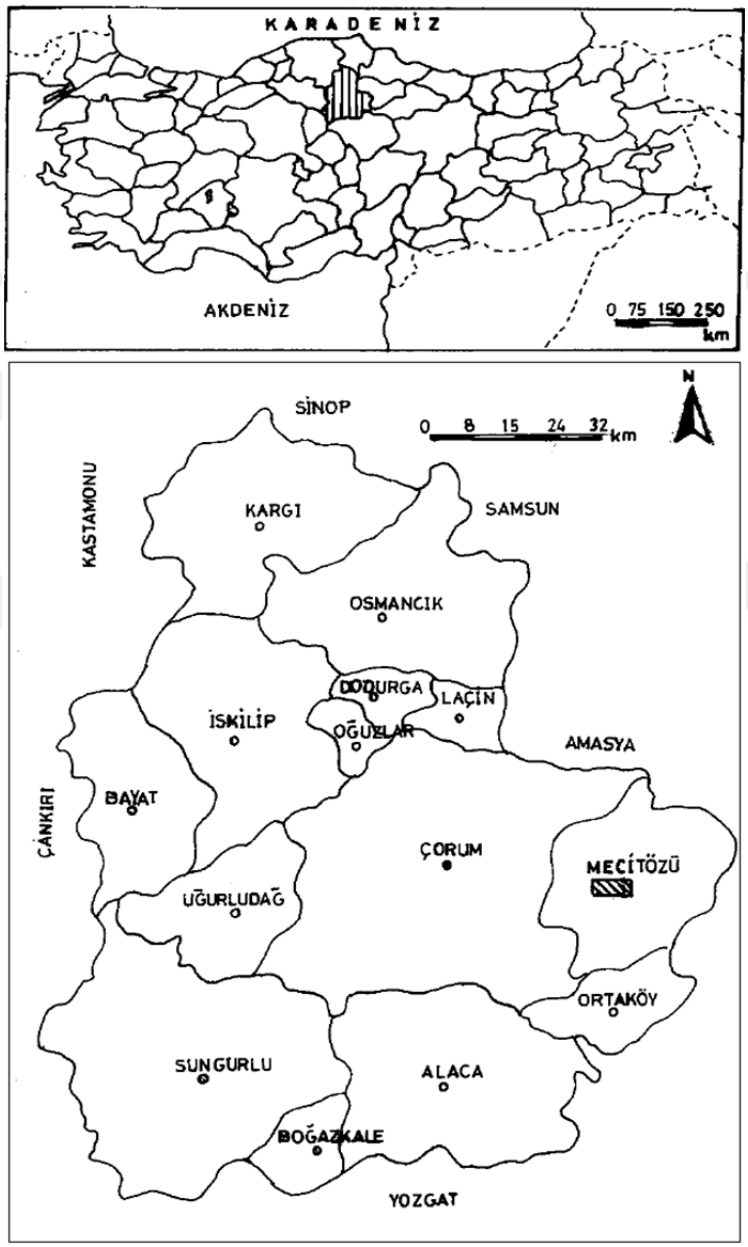
## 3.1. Materyal

Bu tez çalışması, Yedigöze İnş. San. Oto. İç ve Dış Tic. Ltd. Şti. ve Sigma İnş. ve Tur. İşl. Tic. A.Ş. İş Ortaklığı'nın ana yüklenici, Fernas Şirketler Grubu bünyesindeki Simtek End. Tes. ve Tic. A.Ş.'nin alt yüklenici olarak yürüttüğü (Çorum-Merzifon) Ayr. -Mecitözü- (Amasya-Turhal) Ayr. 0+000-61+841,27 km arası bölünmüş yol yapımı işi dahilinde yürütülmüştür. Yapımına 2017 yılında başlanmış ve halen devam edilen proje çalışmaları kapsamında Karayolu temel/alttemel zemin uygulama çalışmaları üzerine yoğunlaşılmıştır.

### 3.1.1. Çalışma Alanı

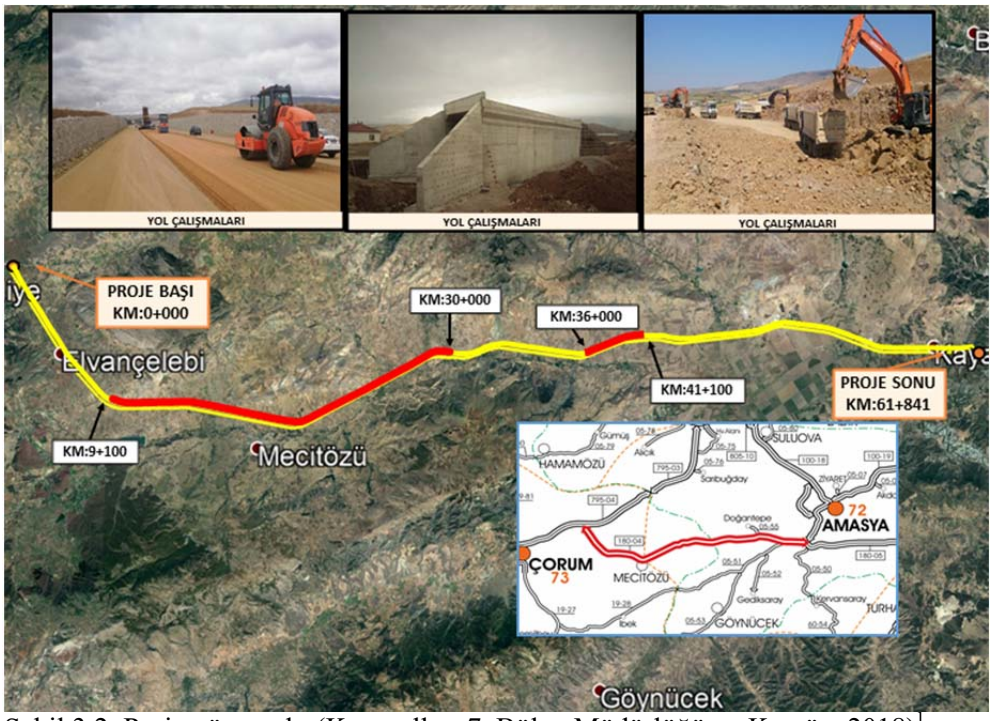
Çorum-Amasya illeri arasında, Orta Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Çorum iline bağlı Mecitözü ilçesi sınırlarındadır. İlçe genel olarak doğu-batı doğrultusunda uzanan hafif dalgalı bir sahada yer almaktadır. Yükseltisi yaklaşık 750 m civarındadır (Şekil 3.1) (Arınç, 2006). Yerleşme akarsular tarafından yarılmış hafif dalgalı düzlüklerin bulunduğu bir sahada genel olarak doğu batı doğrultusunda bir gelişme göstermiştir. Araştırma sahası kahverengi toprakların yayılış alanı olmakla birlikte, akarsuların çevresinde alüvyal topraklara, yamaçlarda ise kolüvyal topraklara rastlanmaktadır. En önemli akarsuyunu inceleme alanını doğu-batı doğrultusunda kateden Efennik çayı oluşturmaktadır. Mecitözü'nde karasal iklim özellikleri hakimdir. İlçenin, doğu tarafında Yığın tepe, güney-batı doğrultusunda Hacıellez tepe bulunmaktadır. Doğu-batı doğrultusunda Albayrak tepe ve Mantarlık tepe ile çevrilmiştir. Yıllık ortalama sıcaklık değerleri +10.7˚C (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) olup yıllık ortalama yağış değerleri ise 422.7 mm'dir. Sahanın iklimi kurakçıl karakterde bitki örtüsünün gelişmesine imkan tanımıştır. Kasabanın geçim kaynakları arasında tarımsal faaliyetler ilk

sırada yer alır. Araştırma sahası ile çevresinde yer alan yerleşmeler arasında ulaşım kolaylıkla sağlanabilmektedir.




Şekil 3.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

Çalışılan alana baktığımızda, projenin başlangıç yeri olan KM: 0+000 noktasının Çorum'a olan uzaklığı 17, bitiş kısmı olan KM: 61+847'nin Amasya'ya olan uzaklığı ise 13 kilometredir. Mecitözü ilçesinin batısında Çorum il merkezi, doğusunda Amasya ili, güneyinde Ortaköy ilçesi ve kuzeyinde ise Amasya'nın Merzifon ilçesi yer almaktadır (Şekil 3.2).



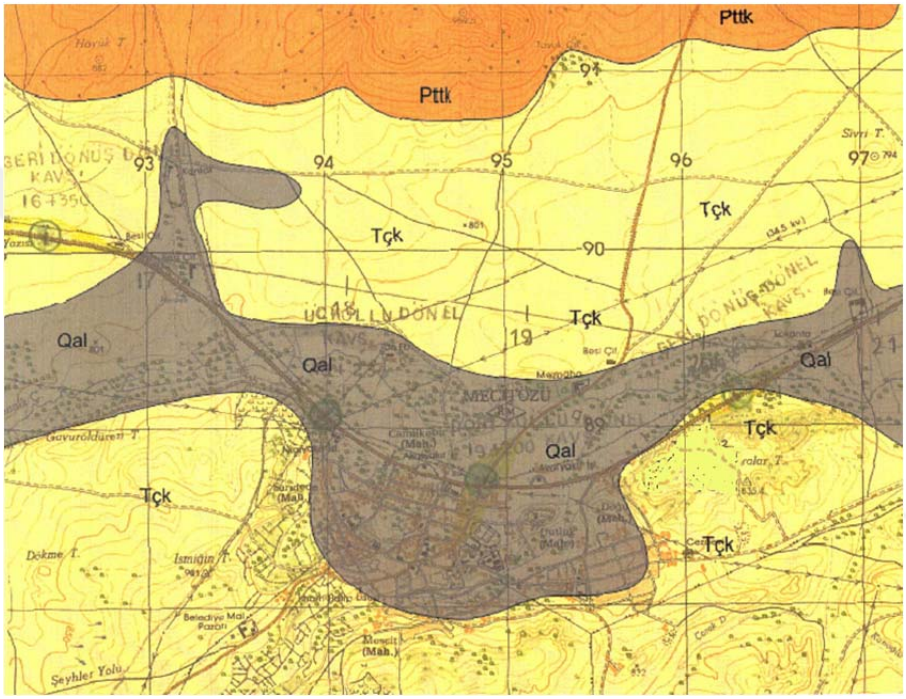

Şekil 3.2. Proje güzergahı (Karayolları 7. Bölge Müdürlüğü ve Karaöz, 2018)[1]

### 3.1.1.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

Paleozoik dönemde denizle örtülü çalışma alanı, devrin sonlarına doğru yanal basınçlar etkisiyle yükselmiş, geçen zamanla transgresyon sonucunda oluşmuş tektonik bir çökelti havzasıdır.

[1] A. KARAÖZ, Yazılı olarak, 2019. Çavuş Köyü Mevkii 41.Km Amasya-Çorum Yol işi Şantiyesi Merkez/AMASYA

Sakin (1987)'in yapmış olduğu çalışmada; sahada ve yakın çevresinde Gökdere formasyonu (Paleozoik), Tozanlı-Devecidağ Karışığı ve Ferhatkaya Formasyonu (Mesozoik), Çekerek Formasyonu (Senozoik) ve Kuaternerde oluşmuş alüvyonlar bulunmaktadır (Şekil 3.3).




Şekil 3.3. Mecitözü ve yakın çevresi jeoloji haritası (MTA, 1/25.000 ölçekli)

*PTTK: Tozenlı-Devecibağ Karışığı ve Ferhatkaya Formasyonu (Permo-Triyas yaşlı metamorfik kayaçlar)*

*TÇK: Çekerek Formasyonu (Alt-Orta Eosen yaşı kum-çakıl ayrışma ürünleri)*

*QAL: Alüvyon (Kuvaterner yaşlı kum-çakıl-kil ve silt)*

***Çekerek Formasyonu ( Senozoik )***

Tüf ve marnların ardalanmalı olarak yer aldığı birim araştırma sahasında geniş bir dağılıma sahiptir. Efennik çayının boğaz içerisinde aktığı vadinin kuzeyinde bulunan ve geçici bir akarsu tarafından parçalanan yükseltisi 800-900 m arasında değişen ve yine onun doğusunda yer alan aşınım yüzeyleri Miosende oluşmuş ve diğerleri gibi akarsular tarafından parçalanmıştır. Yükseltisi fazla olmayan bu düzlükler lütesiyen yaşlı Çekerek Formasyonu ile temsil edilir (Sakin, 1987). Lütesiyende gelişen transgresyonla inceleme alanında Çekerek Formasyonu çökelmiştir. Eosenin malzemesi Oligo-Miosen yaşlı jipsli seviyelerin taban konglomerasını oluşturmuştur (Solakoğlu, 1988).

***Alüvyon (Kuaterner yaşlı kum-çakıl-kil ve silt)***

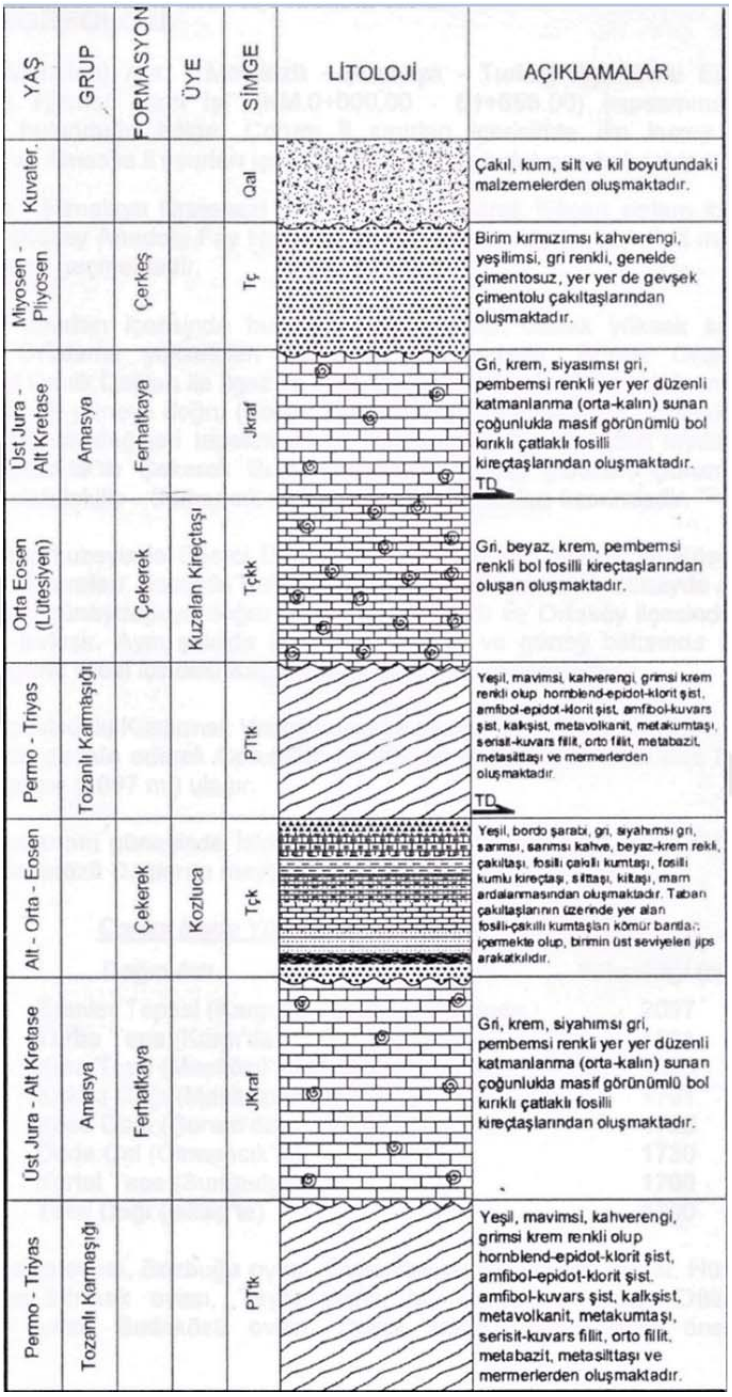
Çalışma sahasında, Efennik çayı vadisinde Kuaternere ait alüvyonlar görülmektedir. Kuaterner oluşukları ise yamaç molozları ve alüvyonlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Sakin, 1987). Özellikle Hocabağı tepesinin (959.5m) güneye bakan eteklerinde bu yığınlara rastlanmaktadır. Alüvyonlar daha çok inceleme alanının orta kısmında doğu-batı doğrultulu bir sahada yüzeylenir. Eski ve yeni alüvyon olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu sahalar genellikle tarıma elverişli alanları oluştururlar. Eski alüvyonlar Doğu Mahallesinin kuzeydoğusunda, taraçalar şeklinde yer alırken yeni alüvyonlar özellikle Efennik çayı ve Erüklük deresi çevresinde yer almaktadır. Elemanlarının çimentolaşmış ve Jura-Kretase kökenli kireçtaşı oluşu Kuaterner ve Neojenden önce oluştuğunu göstermektedir (Mecitözü Belediyesi Ayrıntılı İnceleme Raporu, 1989). Mecitözü etrafındaki Eosen filişi Avkat dağı ile Kırlar dağı arasındaki geniş depresyonu doldurmaktadır. Sellerle gayri muntazam derince yarılmış olan bu formasyon dahilinde badlands manzaralarına sık sık rastlanır (Yücel, 1953).

***Tozanlı Karmaşığı-Ferhatkaya Formasyonu (Permo-Triyas yaşlı Metamorfik Kayaçlar)***

Araştırma alanının güneyi dağlık arazilerden oluşmaktadır. Bu alanda yükselti 1200 metrenin üzerine çıkmaktadır. Sahanın geri kalanında ise çeşitli yükseltilerde tepelere rastlanmaktadır. Bu tepelerden birçoğunu aşınımdan arta kalan sert yükseltiler oluşturmaktadır. Sakin (1987) bu yükseltileri permiyen yaşlı kireçtaşı blokları olarak tanımlamaktadır.

Mesozoik sonlarında Tetis jeosenklinalinde biriken çeşitli tortullar kıvrılarak su üstüne çıkmıştır. Eosende ise dağların alçak kısımları ve çukur sahalar denizle kaplanmıştır. Oligosen sonuna doğru Alp orojenezin en şiddetli safhasına erişilmiş böylece Anadolu'nun kuzey ve güneyindeki denizlerde biriken tortullar şiddetle kıvrılarak yükselmiştir. Neojenle birlikte yer yer aşınmalar meydana gelmiş ve farklı yükseltilere sahip araziler oluşmuştur (Atalay, 2000). Yücel (1987) bu yöreyi Tozanlı (Yeşilırmak) yöresi olarak tanımlamıştır.

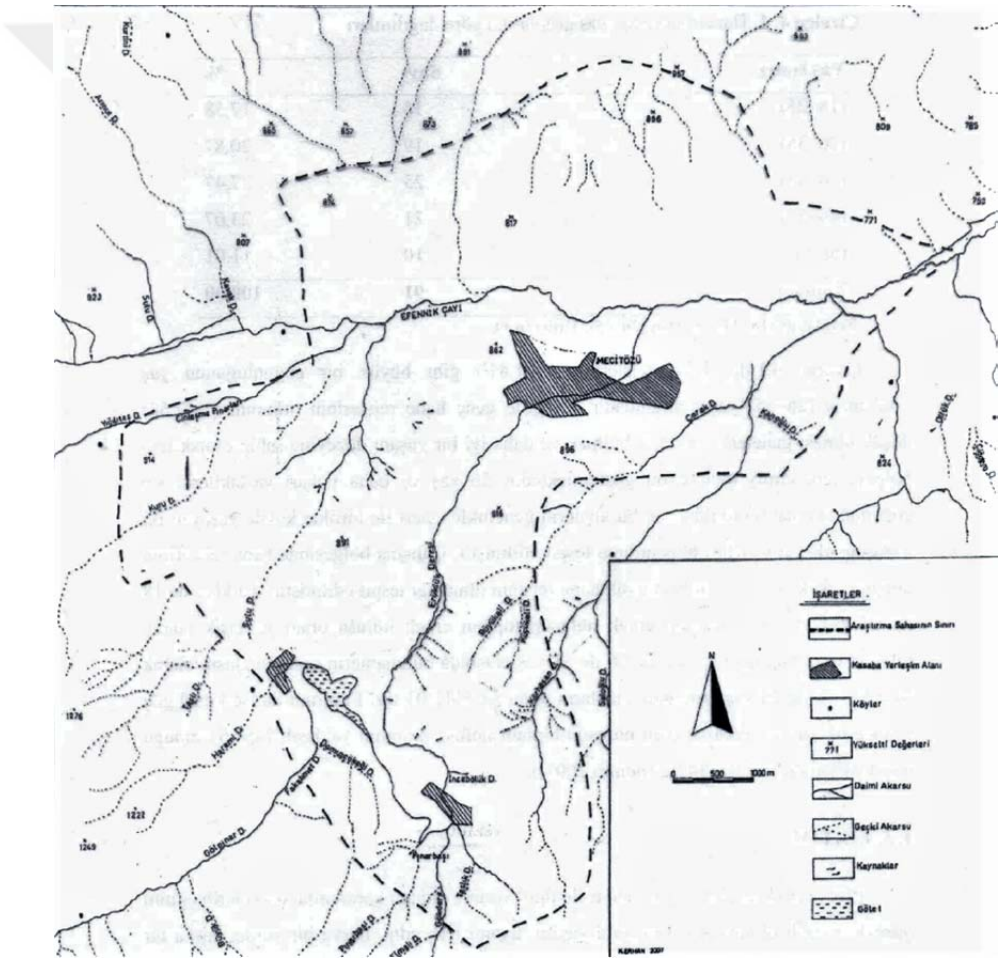
Çalışma alanı ve çevresine ait genelleştirilmiş stratigrafi dikme kesiti Şekil 3.4'de detaylı olarak gösterilmiştir (Mescioğlu Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş., 2014).




Şekil 3.4. Çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti

### 3.1.1.2. Çalışma Alanının Hidrolojisi

İnceleme alanında iki büyük akarsu bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi araştırma sahası dışında ilçenin güneyinde, güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda akan Çorum çayı'dır. Bir diğeri ise araştırma sahasını hemen hemen ortasından geçen ve sahayı doğu-batı doğrultusunda kateden Efennik (Efendik de denilmektedir) çayıdır (Şekil 3.5). Her iki akarsuda Amasya ili sınırları içerisinde birleşip Yeşilırmak'ın en önemli kollarından olan Çekerek ırmağına akarlar.




Şekil 3.5. Proje bölgesinin hidrografya haritası (Erhan, 2007)

***Yeraltı suyu***

Yeraltı suyu seviyesinin en yüksek olduğu kısım alüvyal düzlüklerdir. Burada yeraltı suyu seviyesi yüksekliği mevsimlere göre 4-5 m arasında değişme göstermektedir. Yağışlı mevsimlerde (ilkbahar ve sonbahar) yükselen yeraltı su seviyesi, yağışın azaldığı mevsimlerde (kış ve yaz) düşmektedir. Özellikle Doğu Mahallesinin doğu kısmında bulunan çukurlukta yer altı suyunun satha yakın olduğu görülmektedir. Yeraltı suyu beslenmesi sadece yağışlardan olmaktadır (Koçbay, 1988).

***Kaynaklar***

Mecitözü ve çevresinde daha çok vadi tabanları ve yamaçlarda yer alan irili ufaklı pek çok kaynak bulunmaktadır Bu kaynakların bir kısmı dönemlik akan derelere karışmaktadır. Mecitözü yakınlarındaki Figani köyünde sıcak su kaynağı yer almaktadır. Bu sahada Paleozoik yaşlı birimler şist ve grovakla, Mesozoik yaşlı birimler kireçtaşları ve ofiyolitik kayaçlarla, Senozoik yaşlı birimler ise kumtaşı, kiltaşı, jipsli marn ve çamurtaşı ardalanması Kuaterner ise alüvyonla temsil olunur. Devecidağ karışığı genellikle su içeren seviyelerin geçirimsiz tabanını oluşturmaktadır. Üst Jura- Alt Kretase yaşlı kireçtaşları çok kırıklı, çatlaklı ve erimeli yapıda olduklarından geçirgenlikleri yüksektir. Bu kireçtaşlarının bulunduğu bölgelerde yüksek debili karstik kaynaklar çıkmaktadır. Beke kaplıca suyunun sıcaklığı 36.6˚C, PH değeri 7.8, olup sıcak suyun akifer kayacı bol kırıklı ve çatlaklı kireçtaşlarıdır. Kaplıca suyu Uluslararası Hidrojeologlar Birliği sınıflamasına göre “Kalsiyumlu, magnezyumlu, sodyumlu, bikarbonatlı sıcak su” olarak belirtilmiştir (Arıgün, 2002).

***Akarsular***

İlçede akarsuların en önemlilerini kaynağını Efennik çayı ve ilçenin güneyinden geçen Çorum çayı oluşturmaktadır. Yeşilırmağa karışan kolların

çoğunluğu boyuna depresyonları takip eder. Mevcut ufak yarmaları ise çok kere epijeniktir (Yücel, 1953).

Sahada Fakahmet ve Erüklük gibi küçük arkarsular da bulunmaktadır. En yüksek akım değerleri Efennik çayı 0.600 $m^3$/sn, Erüklük deresi, 0.250 $m^3$/sn ve Çorum çayı 11.500 $m^3$/sn'dir (Çorum, D.S.İ. Genel Müdürlüğü).

***Hidrojeoloji***

Kumtaşı ve çakıltaşından oluşan kuaterner yaşlı alüvyonların geçirimli bir yapıya sahip olması yüzeye düşen yağışın bir kısmının yeraltı suyuna karışmasını sağlamaktadır. Yine yüzeysel akışa sahip sular belli oranlarda yeraltı suyunu beslemektedir. Üzerinde marnlı seviyeleri fazla olan Çekerek formasyonu ile örtülü alanlarda basınçlı akifer oluşturmaktadır (Koçbay, 1997).

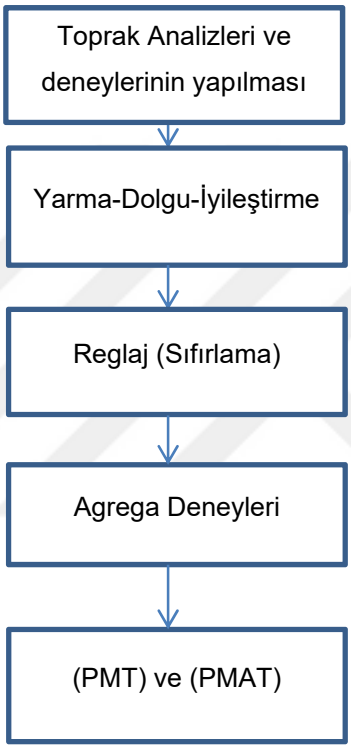
Sahanın büyük kısmında yüzeylenen karasal Neojenin bünyesini iyi oturmuş kırmızı kil teşkil etmektedir (Mecitözü Belediyesi Ayrıntılı Jeoloji Raporu, 1989). Mecitözü ve çevresinde akım-rejim özelliklerine etki eden en önemli faktör iklimdir. Akıma etki eden etmenler (iklim, jeomorfolojik özellikler, zeminin litolojik özellikleri, yeraltısuyu, bitki örtüsü vs) rejim üzerinde de etkilidir ve rejim tiplerini tayin ederler (Hoşgören, 2001).

İlkbahar başlarında seviyeleri yükselmeye başlayan akarsuların rejimine eriyen kar suları da etki etmektedir. Dolayısıyla sahanın akarsularında karmaşık rejim hakimdir. Efennik, Erüklük ve Çorum çaylarının en yüksek seviyeye ulaştıkları aylar Mart ve Nisan aylarıdır (ilkbahar %32,6, yaz %20,3, sonbahar %23,6 ve kış %23,5 yağış alır). Mecitözü'nde yağışın en az düştüğü ay Ağustos ayıdır. Eylül ayı ile birlikte yağış değerleri artmaya başlar.

### 3.2. Metot

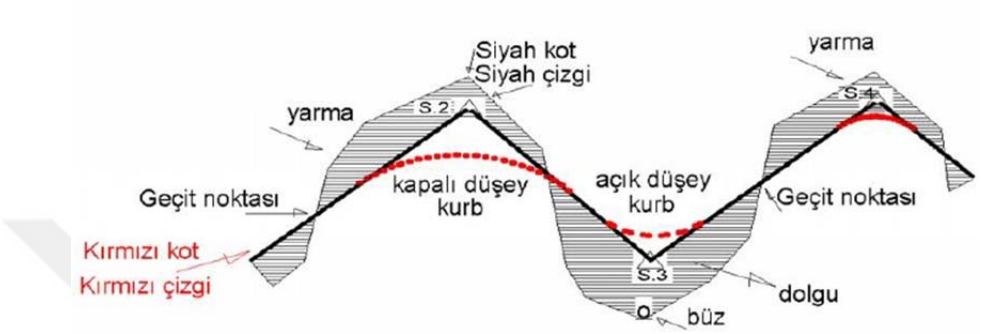
Tez çalışması kapsamında Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ) baz alınmakta olup, yürütülen çalışmalara ait akış diyagramı aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Proje akış diyagramı




Yol yapımından önce bulunan tabii zemine siyah kot denilir. Topograflar burada poligon noktaları belirler ve dolgu, yarma yapılacak yerleri tespit eder. Buna göre; proje bitiminde serilen en üst tabakanın bulunduğu seviyeye ise kırmızı kot denilmektedir. Kırmızı kotun üzerinde kalan bölümlere yarma, altında kalan bölümlere ise dolgu denilmektedir.

Proje güzergahı üzerinde yapılan trafik ölçümleri ve zemin etütü sonucu üstyapı kalınlığı 55 cm olarak verilmiştir. Bu verilere göre kırmızı kotun 55 cm altı dolgunun tamamlanacağı seviye, yani terasman kotu olur (Şekil 3.6).




Şekil 3.6. Siyah kot ve kırmızı kot gösterimi

Başlangıç için ilk olarak güzergah üzerinde belirlenen noktalardan terasman kotunun 60 cm altından kürek ile kazılarak numune alınır. Numune alım yeri yarmaya denk geliyor ise siyah kotun 60 cm altından da alınabilir.

### 3.2.1. Zemin Analizleri

Numuneler alındıktan sonra Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre gerekli zemin analizleri belirlemek üzere laboratuvara götürülür. Laboratuvarda aşağıdaki deneyler yapılır.

- Elek Analizi
- Likit Limit ve Plastite İndeksi
- Proktor Deneyi (Standart ve Modifiye)
- CBR (California Bearing Ratio, Kaliforniya Taşıma Oranı) ve Şişme (Yaş CBR)
- Arazi Kontrolleri (Kamyon (Doğrulama)Testi, Kum Konisi Metodu)

Analizler sonucunda zeminin sağlamlık derecesi tespit edilir. Yarmalardan alınan numunelerin başka bir anlamı ise, zemin analizleri yapılırken dolgularda kullanılıp kullanılamayacağına dair özel olarak bakılmasıdır.

### 3.2.1.1. Elek Analizi ve Kıvam Limitleri

***Elek Analizi***

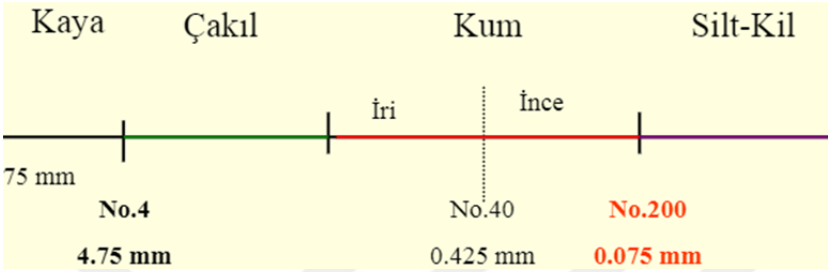
Eleme, hem homojenizasyonu sağlamak üzere, hem de tanelerin belirli büyüklükteki delik veya açıklıklardan geçebilme veya geçememe özelliğine dayanarak yapılan bir boyuta göre sınıflandırma işlemidir. Bu deneyinin amacı zeminleri oluşturan danelerin zemin içerisindeki dağılımını belirlemektir. Aynı zamanda kaba dane oranı ve ince dane oranı da elde edilir. Eleme işlemi, elle veya otomatik olarak yapılabilir. Elle elemede, elekler teker teker kullanılır. Otomatik elemede ise bir elek sarsma makinesinden yararlanılır. Deneylerde 0,01 g hassasiyetle ölçüm yapabilen terazi, sürekli olarak 105$^{o}$C (±5$^{o}$C) sıcaklık sağlayabilen etüv, tepsi, kürek, fırça gibi ekipmanlar kullanılır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Elek serileri, etüv ve hassas terazi

Zeminler dane büyüklüklerine göre kaba daneli zeminler (çakıl ve kum) ve ince daneli zeminler (kil ve silt) olmak üzere ikiye ayrılır. Zeminlerin dane

boyutlarına göre sınıflandırılmasında Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre AASHTO sistemi kullanılır (Şekil 3.8) ve yapılan deneylerde ASTM E 11 elek serisinden yararlanılır (Çizelge 3.2).




Şekil 3.8. AASHTO sistemine göre dane büyüklüğü

Çizelge 3.2. ASTM E 11 elek serisi

| Amerikan Elekleri (ASTM E 11) | | | |
|---|---|---|---|
| Elek No | Elek Açıklığı | Elek No | Elek Açıklığı |
| 3" | 75 mm | No: 16 | 1.18 mm |
| 2" | 50 mm | No: 20 | 0.85 mm |
| 1 ½" | 37,5 mm | No: 30 | 0.60 mm |
| 1" | 25 mm | No: 40 | 0.425 mm |
| ¾" | 19 mm | No: 50 | 0.300 mm |
| 3/8" | 9.5 mm | No: 60 | 0.250 mm |
| No: 4 | 4.75 mm | No: 80 | 0.180 mm |
| No: 8 | 2.36 mm | No: 100 | 0.150 mm |
| No: 10 | 2 mm | No: 200 | 0.075 mm |

Elek analizi sonuçlarının gösterildiği form örneği ise Şekil 3.9'daki gibidir.

| I TARTILAR | | | II SU İÇERİĞİ | | | III No.4 ELEKTEN GEÇEN BÖLÜNMÜŞ NUMUNE | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Numune + Kap Ağırlığı | a | 9.425,0 | Kap + Yaş Numune Ağırlığı | a | 580,0 | Kap + Yaş Numune Ağırlığı | a | 1.633,0 |
| Kap Ağırlığı | b | 0,0 | Kap + Kuru Numune Ağırlığı | b | 574,0 | Kap + Kuru Numune Ağırlığı | b | 1.614,0 |
| Numune Ağırlığı | c= a-b | 9.425,0 | Su Ağırlığı | c = a-b | 6,0 | Su Ağırlığı | c = a-b | 19,0 |
| Kaba Kısım | d | 64,0 | Kap Ağırlığı | d | 325,0 | Kap Ağırlığı | d | 833,0 |
| İnce Kısım | e | 9.361,0 | Kuru Numune Ağırlığı | e = b-d | 249,0 | Kuru Numune Ağırlığı | e = b-d | **781,0** |
| Düzeltilmiş İnce Kısım ((IIcx100) / (100+W)) | f = | **9.141** | W(Su İçeriği) = ( (IIcx100) / IIe ) | | **% 2,41** | Toplam Kuru Numune Ağırlığı L = Id + If | | **9.205** |

| Inch | mm | ELEKTE KALAN (g) | TOPLAM ELEKTE KALAN A (g) | TOPLAM ELEKTE KALAN B = (A x 100) / L (%) | | TOPLAM ELEKTEN GEÇEN C = 100-B (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3" | 75 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 100,0 |
| 2" | 50 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 100,0 |
| 1 1/2" | 37.5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 100,0 |
| 1" | 25 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 100,0 |
| 3/4" | 19 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 100,0 |
| 3/8" | 9.5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 100,0 |
| No:4 | 4.75 | 64,0 | 64,0 | 0,7 | | 99,3 |
| | | D | E | F = Ex100 / IIIe | G= FxC(No:4 elek)/100 | H = C (No:4 elek) -100 |
| No:10 | 2 | 4,4 | 4,4 | 0,6 | 0,6 | 98,7 |
| No:40 | 0.425 | 60,7 | 65,1 | 8,3 | 8,3 | 91,0 |
| No:200 | 0.075 | 209,5 | 274,6 | 35,2 | 34,9 | 64,4 |

Şekil 3.9. Elek analizi formu örneği

***Hesaplamalar*** (Şekil 3.9)

1. bölüm; gerekli tartımlar yapılarak bulunan değerlerdir. No: 4 (4,75 mm) elek üzerinde kalan kısım kaba kısımdır. Düzeltilmiş İnce kısım (f), (3.1) no'lu denklemde gösterilmektedir.

$$F = (Ie \times 100) / (100 + W) \quad (3.1)$$

Burada;

f= Düzeltilmiş ince kısım (g)

Ie= İnce kısım (g)

W= Su içeriği (%)

2. bölüm; numune yaş ve kuru ağırlığı tartılarak su ağırlığı bulunur. Formüle göre gerekli işlemler yapılarak su içeriği (W) hesaplanır (3.2).

$$W(\text{Su İçeriği}) = ((IIc \times 100) / IIe) \quad (3.2)$$

Burada;
W= Su içeriği (%)
IIc= Su ağırlığı (g)
IIe= Kuru numune ağırlığı (g)

3. bölüm; No:4 (4,75mm) elekten geçen bölünmüş numunenin yaş ve uru ağırlığı tartılarak su ağırlığı bulunur. Formüle göre gerekli işlemler yapılarak toplam kuru numune ağırlığı (L) hesaplanır (3.3).

$$L = Id + If \quad (3.3)$$

Burada;
L= Toplam kuru numune ağırlığı (g)
Id= Kaba kısım (g)
If= Düzeltilmiş ince kısım (g)

Toplam elekte kalan kısım (A) sütunu; tartım sonucu elek üzerinde kalan miktarlardır. Elekte kalan kısım sütunu; bir sonraki elekten elenen malzeme miktarının önceki elekten elenen malzeme miktarından çıkarılmasıyla elde edilir (Örneğe göre; 65,1 - 4,4= 60,7 g). Toplam elekte kalan (B) ve (C) sütunları; elek analizi formuna göre aşağıdaki formüllerden bulunur.

$$B = (A \times 100) / L \ (\%) \quad (3.4)$$

$$C = 100 - B \ (\%) \quad (3.5)$$

F, G ve H sütunları aşağıdaki formüllerden bulunur.

$$F = (E \times 100) / IIIe \quad (3.6)$$

$$G = F \times C \text{ (No:4 elek)} / 100 \quad (3.7)$$

$$H = C \times \text{(No:4 elek)} - 100 \quad (3.8)$$

Burada;

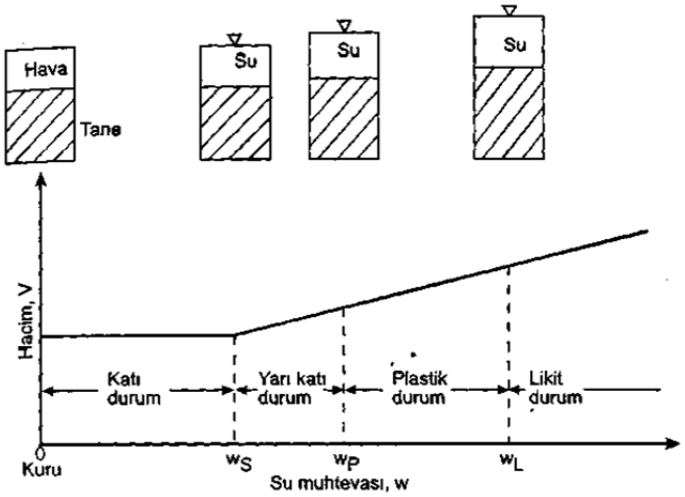
F= Elekte kalan/kuru numune yüzdesi (Elek no'larına göre)

G= Elekten geçen/elekte kalan yüzdesi (Elek no'larına göre)

H= Elekten geçen yüzdesi (Elek no'larına göre)

***Likit Limit***

Zeminin sıvı halden plastik duruma geçtiği andaki su muhtevasına likit limit (akma limiti) denir. $L_L$ veya $w_L$ ile gösterilir (Şekil 3.10). Likit limiti belirlemek için birkaç yöntem vardır. Bunlardan Casagrande yöntemi yaygın olarak kullanılır. Casagrande likit limit aleti, kolu döndürüldüğünde sert bir blok üzerine 1 cm yüksekten düşen, yarım küre şeklindeki pirinç tastan oluşur.




Şekil 3.10. Kohezyonlu zeminlerde hacim-su muhtevası ilişkisi ve kıvam limitleri (Attenberg, 1911)

Deneylerde 0,01 g hassasiyetle ölçüm yapabilen terazi, Casagrande deney aleti, sürekli olarak 105$^{o}$C (±5$^{o}$C) sıcaklık sağlayabilen etüv, oyma bıçağı, spatula, üzeri numaralandırılmış kaplar, No:40 (0,425 mm) elek, karıştırma kabı kullanılır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. (Sol üst) Casagrande deney aleti ve gerekli ekipmanlar

No: 40 (0,425 mm) elekten elenmiş 200 g malzeme uygun miktarlarda su ile nemlendirilip, kibrit kutusu şekline getirilerek nemlendirilmek üzere 24 saat süreyle desikatöre konulur. 24 saat sonra desikatörden alınıp kabın içinde spatula ile karıştırılarak göz kararı ıslatılır. Daha sonra Casagrande deney aleti üzerine 1 cm yüksekliği geçmeden stapula ile yayılarak koyulur. Oyuk açma bıçağı ile ortadan yarık açılır. Casagrande deney aleti çevrilerek oyuğun kapanmaya başladığı ilk anda bir miktar numune, su muhtevasını belirlemek için alınır ve vuruş sayısı kayıt edilir. Bu işlem numune üzerine biraz daha su ilave edilerek devam eder ve birkaç defa yapılır. Deney sonunda logaritmik ölçekli vuruş sayısı-su muhtevası grafiği çizilir. 25 vuruşa karışılık gelen su muhtevası, likit limit değeri olarak belirlenir.

| | | Likit Limit (LL) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Deney No:1 | Deney No:2 | Deney No:3 |
| Kap No: | | 1 | 2 | 3 |
| Vuruş Adedi | | 35 | 27 | 20 |
| Kap+Yaş Numune Ağırlığı (A) | g | 59,16 | 49,11 | 54,88 |
| Kap+Kuru Numune Ağırlığı (B) | g | 51,94 | 41,91 | 47,39 |
| Kap Ağırlığı (C) | g | 33,68 | 24,40 | 29,80 |
| Kuru Numune Ağırlığı D = (B-C) | g | 18,26 | 17,51 | 17,59 |
| Su İçeriği W = (A-B) / Bx100 | % | 39,54 | 41,12 | 42,58 |

Şekil 3.12. Likit limit formu örneği

***Hesaplamalar***

$$W,(LL)= (A - B) / (D) \times 100 \quad (3.9)$$

Burada;

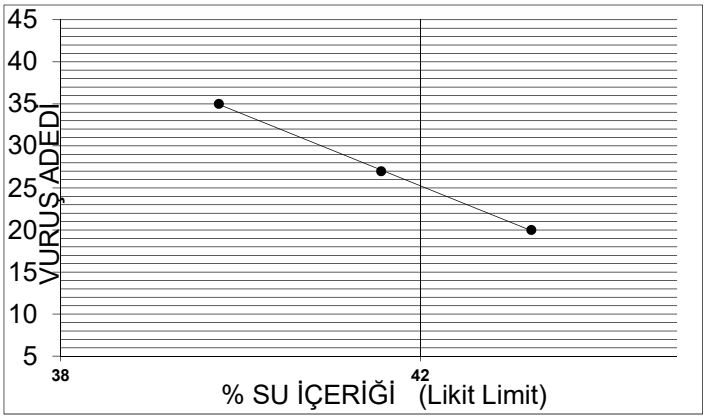
W, (LL)= Su içeriği, likit limit (%)

A= Kap + yaş numune ağırlığı (g)

B= Kap + kuru numune kütlesi (g)

D= Kuru numune Ağırlığı (g)

25 vuruşa karşılık gelen su muhtevası likit limit değeri Şekil 3.13'de gösterilen örnekteki gibi bulunmaktadır.




Şekil 3.13. Likit limit grafiği örneği

***Plastik Limit ve Plastite İndeksi***

Islak zeminin yoğrulma sırasında yüzeyinde çatlakların belirdiği su muhtevasına plastik limit olarak tanımlanır. Deneylerde 0,01 g hassasiyetle ölçüm yapabilen terazi, sürekli olarak 105$^{o}$C (±5$^{o}$C) sıcaklık sağlayabilen etüv, desikatör, üzeri numaralandırılmış kaplar, spatula, No:40 (0,425 mm) elek, karıştırma kabı kullanılır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Plastik limit deneyi

No: 40 (0,425 mm) elekten elenmiş 200 g malzeme uygun miktarlarda su ile nemlendirilip, kibrit kutusu şekline getirilerek nemlendirilmek üzere 24 saat süreyle desikatöre konulur. 24 saat sonra desikatörden alınıp küçük bir parça koparılır. Düz bir zemin üzerinde avuç içiyle çubuk oluşacak şekilde 3 mm kalınlığa kadar yuvarlanır. 3 mm kalınlıkta çubukta çatlamalar oluştuğu anda, su muhtevasını belirlemek üzere numune kabına alınır. Etüvde kurutulur. En az iki adet su muhtevası değeri ölçülür, ortalamaları alınarak plastik limit belirlenir.

Plastite indeksi ise likit limitten plastik limit çıkarılarak bulunur.

***Hesaplamalar***

Çatlaklar oluşmaya başladığı andaki su muhtevası plastik limiti (PL) verir. En az iki adet örneğin ortalaması ile bulunur (3.10). Plastite indeksi (PI) ise, likit limit değerinden plastik limit değerinin çıkarılması ile bulunu (3.11).

$$W= (A-B ) / (D )\ x\ 100 \quad (3.10)$$

$$PI= LL - PL \quad (3.11)$$

Burada;

W, (PL)= Su içeriği, Plastik limit (%)

A= Kap + yaş numune ağırlığı (g)

B= Kap + kuru numune kütlesi (g)

D= Kuru numune Ağırlığı (g)

LL= Likit limit

PI= Plastik indeksi

### 3.2.1.2. Proktor (Standart ve Modifiye) Deneyi

No: 4 (4,75 mm) elekten geçen malzeme miktarı % 70'in üzerinde ise standart proktor deneyi yapılır. Genellikle topraksı malzemelerde uygulanır. %50 geçerse eğer tecrübeye göre hangi yöntemin yapılacağına karar verilir. No: 4 (4,75 mm) elekten geçen malzeme miktarı % 30 ise modifiye proktor deneyi yapılır. Genellikle taşlı malzemelere uygulanır. Her iki deneyde de amaç malzeme türüne göre, maksimum kuru birim hacim ağırlıkta optimum su muhtevasını belirlemektir. Deney sonucunda bulunan kuru birim hacim ağırlık ile arazide kum konisi deneyi sonucunda bulunacak olan kuru birim hacim ağırlık karşılaştırılarak, sıkışma yüzdesi tespit edilecektir.

***Standart Proktor Deneyi***

Belirli miktarda alınan malzeme No:4 (4,75mm) elekten elenerek kurutulmak üzere etüve alınır. Kurutulduktan sonra bir miktar su verilerek karıştırılır. İç çapı 105,5 mm, yüksekliği 115,5 mm ve 944 $cm^3$ hacmindeki kalıp içine, sırasıyla 30,5 cm yükseklikten 2,5 kg tokmak ile 25 düşüş yapılarak 3 tabaka

olacak şekilde sıkıştırılır. İçinden bir miktar malzeme alınarak, tartıldıktan sonra su içeriği belirlenmek üzere etüve alınır. Kalıbın üst kısmı malzeme eklenerek bir spatula ile düzeltilir. Kalıp + yaş numune tartılır. Bu şekilde su miktarı arttırılarak 4-5 defa tekrar edilir. Kalıptan çıkarılan numune (örselenmiş) de kullanılabilir. Deneylerin sonucunda hesaplanan kuru birim ağırlık, maksimum düzeye ulaştığında verilen su miktarı optimum su muhtevası olarak tanımlanır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Standart proktor deneyi

Stadart proktor formu örneği Şekil 3.16'daki gibidir. Deney sonucunda optimum su muhtevası de maksimum kuru birim hacim ağırlık Şekil 3.17'den okunabilir.

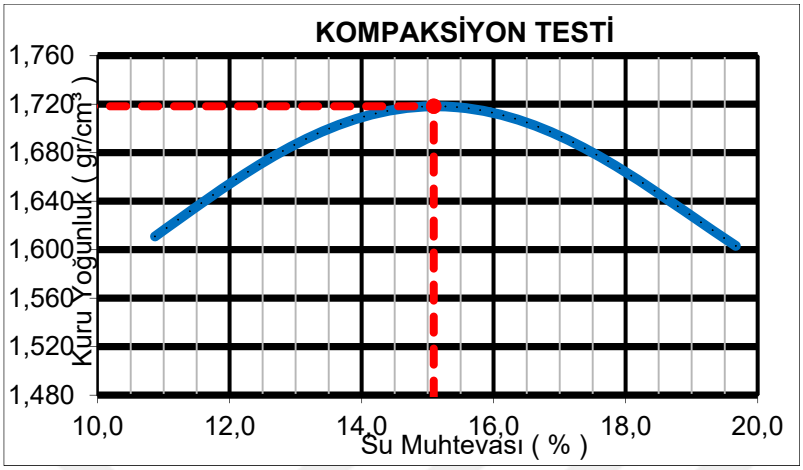
**STANDART PROKTOR**

**Optimum Su Muhtevasının Bulunması**

| Or. Num no. | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kap no | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Kap ağırlığı gr. | 545,00 | 545,00 | 610,00 | 610,00 | 538,00 | 538,00 | 533,00 | 533,00 | 336,00 | 336,00 |
| Islak Z.+Kap g | 901,0 | 901,0 | 1043,0 | 1043,0 | 842,1 | 842,1 | 972,0 | 972,0 | 698,0 | 698,0 |
| Kuru Z.+Kap g. | 866,1 | 866,1 | 993,3 | 993,3 | 802,2 | 802,2 | 908,0 | 908,0 | 638,5 | 638,5 |
| Su ağırlığı gr. | 34,90 | 34,90 | 49,70 | 49,70 | 39,90 | 39,90 | 64,00 | 64,00 | 59,50 | 59,50 |
| Zemin ağırlığı gr. | 321,10 | 321,10 | 383,30 | 383,30 | 264,20 | 264,20 | 375,00 | 375,00 | 302,50 | 302,50 |
| Su muhT. w % gr. | **10,87** | **10,87** | **12,97** | **12,97** | **15,10** | **15,10** | **17,07** | **17,07** | **19,67** | **19,67** |

| Tahm. Su muh. % | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 17,0 | 19,0 |
|---|---|---|---|---|---|
| Su muhT. w % gr. | 10,87 | 12,97 | 15,10 | 17,07 | 19,67 |
| Kalıp + Zemin g | 3344 | 3456 | 3525 | 3528 | 3469 |
| Kalıp ağır gr. | 1658 | 1658 | 1658 | 1658 | 1658 |
| Zemin gr. Mws | 1686 | 1798 | 1867 | 1870 | 1811 |
| Doğ. BHA gr/cm³ g | 1,786 | 1,905 | 1,978 | 1,981 | 1,918 |
| Kuru gr/cm³ g kuru | 1,611 | 1,686 | 1,718 | 1,692 | 1,603 |

Şekil 3.16. Standart proktor formu örneği




Şekil 3.17. Optimum su muhtevası-kuru birim hacim ağırlık grafiği örneği

***Hesaplamalar***

Kuru birim ağırlık için;

$$W_{yaş} = W_2 - W_1 \quad (3.12)$$

$$d = (W_2 - W_1) / V \quad (3.13)$$

$$W_{kuru} = (100 \times d) / (100 + m) \quad (3.14)$$

Burada;

$W_{yaş}$= Yaş numune ağırlığı (g)

$W_2$= Kalıp + yaş numune ağırlığı (g)

$W_1$= Kalıp ağırlığı (g)

d= Yaş birim ağırlığı (g)

V= Kalıp hacmi ($cm^3$)

$W_{kuru}$= Kuru birim ağırlığı (g)

Optimum su muhtevası;

Maksimum kuru birim hacim ağırlığa gelindiğinde Şekil 3.17'deki grafikten su muhtevasına dik inilerek optimum su muhtevası bulunabilir. Grafikteki hesaplamalardan da optimum su muhtvası bulunabilir.

***Modifiye Proktor Deneyi***

Standart proktor ile hemen hemen aynı işlemler uygulanır. İç çapı 152 mm, yüksekliği 177,8 mm ve 2124 $cm^3$ hacmindeki kalıp içine, 45 cm yükseklikten 4,54 kg tokmak ile düşüş yapılır. Malzeme topraksı ise 3 tabaka, taşlı ise 5 tabaka şeklinde 56 düşüş yapılır. Deneyin devamındaki işlemler ve hesaplamalar standart proktor deneyindeki gibidir.

### 3.2.1.3. CBR (California Bearing Ratio) ve Şişme (Yaş CBR) Deneyi

CBR deneyi yapılmadan önce proktor deneyinden sonra yaş CBR (şişme) miktarı belirlenmek üzere numune suda bekletilir. Belirlenen gün sonunda sudan çıkarılan numune, daha sonra CBR değeri belirlenmek amacıyla CBR deney cihazına alınır.

***Şişme (Yaş CBR) Deneyi***

Belirli miktardaki malzeme No:4 (4,75 mm) elekten elenerek etüve alınır. Kuruduktan sonra numuneye daha önceden proktor deneyi ile belirlenen optimum miktarda su ilave edilir. Daha sonra CBR deneyinde modifiye proktor deneyindeki gibi 3 tabaka halinde 56 vuruş yapılır (Şekil 3.15'deki gibi). Kalıbın altına bir filtre kağıdı koyulur. Vuruş işlemi tamamlandığında üstünde de bir filtre kağıdır koyulur. Kalıp ters çevrilir. Delikli sürsaj ve 4 adet 2,450 kg (AASHTO toprak sınıflamasına göre) koyulur. Ölçüm yapılmak üzere kalıbın üstüne son olarak ödometre oturtularak 4 gün beklemek üzere suya koyulur (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Şişme deneyi

Şişme (kabarma) miktarını belirlemek için her gün aynı saatte dört gün boyunca uzama miktarları mm olarak okunur ve Şekil 3.19'daki örnekteki gibi kayıt edilir.

| ŞİŞME ÖLÇMELERİ | | | |
|---|---|---|---|
| Tarih ve Saat | Süre(h) | Şişme mm. | |
| | 0 | 0 | |
| 12.10.2018 | 24 | 5,28 | |
| 13.10.2018 | 48 | 5,45 | |
| 14.10.2018 | 72 | 6,14 | |
| 15.10.2018 | 96 | 6,18 | |

Şekil 3.19. Şişme ölçümleri formu örneği

***Hesaplamalar***

$$\text{Şişme (\%)} = (H_1 - H_0 / W) \times 100 \qquad (3.15)$$

Burada;

Şişme= Numunenin şişme yüzdesi (%)

$H_1$= Şişme sonrası numunenin son yüksekliği (mm)

$H_0$= Şişme öncesi numunenin ilk yüksekliği (mm)

W= Su içeriği (%)

***CBR (California Bearing Ratio, Kaliforniya Taşıma Oranı)***

Suyun içinde 4 gün bekletilen modifiye proktoru vurulmuş numune 15 dakika yan şekilde bekletilir. Daha sonra PR metre kalıbın kenarına dokunacak şekilde CBR deney cihazına yerleştirilir. Batma hızı 1,27 mm/dk olarak (Attenberg'e göre) ayarlanır. (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. CBR deney cihazı

***Hesaplamalar***

Şekil 3.21'deki gibi, penetrasyonun 2,5 mm ve 5,0 mm'de battığı standart yükler altında, CBR deney cihazından okunan düzlemsel yük değerleri kayıt edilir. En az iki örnekten büyük olanı alınır. CBR değeri için (3.16)'daki eşitlikten yararlanılır.

CBR= (Düz. yük / Std. yük) x 100 (3.16)

Burada;

CBR= Kalifornia taşıma oranı (%)

Düz. Yük= 2,5 mm batma miktarında basınç aletindeki standart yük (kgf)

Std. Yük= 2,5 mm batma miktarında basınç aletinden okunan yük (kgf)

| YÜKLEME / PENETRASYON | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Deney No | | 1 | | 2 | |
| Kür | | Gün - S / U | | Gün - S / U | |
| Sürsaj (Kg) | | | | | |
| Std. Yük (kgf) | Penet inç/mm | Okuma | Yük kg | Okuma | Yük kg |
| | 0.025 / 0.625 | 0,625 | **11,5** | 0,625 | |
| 860 | 0.050 / 1.250 | 1,25 | **18,5** | 1,25 | |
| | 0.075 / 1.875 | 1,875 | **25,5** | 1,875 | |
| 1360 | 0.100 / 2.500 | 2,50 | **32,0** | 2,50 | |
| | 0.125 / 3.125 | 3,125 | **38,0** | 3,125 | |
| | 0.150 / 3.750 | 3,75 | **43,0** | 3,75 | |
| 2040 | 0.200 / 5.000 | 5,00 | **53,0** | 5,00 | |
| 2585 | 0.300 / 7.500 | 7,50 | **66,0** | 7,50 | |
| 3130 | 0.400 / 10.00 | 10,00 | **66,5** | 10,00 | |
| | | | | | |

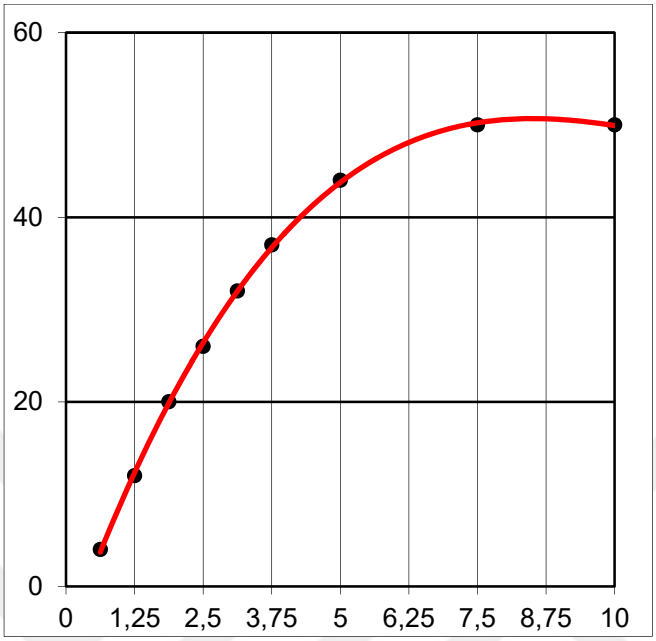
**Düzeltilmiş Yükler ve CBR Hesabı**

| Deney No | | 1 | | 2 | |
|---|---|---|---|---|---|
| Penetrasyon mm | | 2,5 | 5 | 2,5 | 5 |
| Std. Yük | kgf | 1360 | 2040 | 1360 | 2040 |
| Düz. Yük | | 26,0 | 44,0 | 26,5 | 45,0 |
| CBR 2.50 / 5.00 mm % | | | | | |
| Maks. - Max. | | 1,9 | 2,2 | 1,9 | 2,2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **CBR değeri** | : | **2,2** | **2,2** |
| **Şişme %** | : | **2,66** | **2,58** |

Şekil 3.21. Yükleme/penetrasyon ve CBR formu örneği

Daha sonra yükleme/penetrasyon değerleri ile sağa doğru penet (mm), yukarıya doğru yük (kgf) olacak şekilde örnekteki grafik oluşturulur (Şekil 3.22).




Şekil 3.22. CBR grafiği örneği

### 3.2.1.4. Arazi Kontrolleri

Yapılan işleri sahada yerinde görerek deneylere ve tecrübelere dayalı olarak etüt etmeyi kapsar. Sahada alınan numunenin analizlerini yaptıktan sonra uygulamada nasıl sonuçlar alındığını, yapılan işin ne kadar yerine geldiğini belirli zamanlarda test etmek gerekir. Örneğin bir dolgu yapımında serilen tabakaların sonucunda laboratuvarda belirlenen optimum su muhtevası ile karşılaştırılarak yüzde kaç sıkışma yapıldığı bulunabilir.

Bunun için kum konisi metotu ve nükleer metot kullanılmaktadır. Burada kum konisi metodu tercih edilmektedir. Kum konisi metodundan başka, arazide sıkışma kamyon testi ile belirlenebilmektedir.

***Arazide Sıkışmanın Kontrolü (Kesafet) Deneyi (Kum Konisi Metodu ile)***

Standart sıkıştırma (proktor) deneyinde sıkışmada kullanılacak malzeme laboratuar ortamında içerisine su ilave edilerek sıkıştırılır ve optimum su muhtevası

ve bu su muhtevası için maksimum sıkışma (kuru birim hacim ağırlığı) bulunur. Bu sıkışma dolguda kullanılacak malzeme için %100 sıkışma olarak kabul edilmektedir. Arazide sıkışmanın kontrolu (örn: kum konisi metodu ile) deneyi ile arazide sıkıştırılmış malzemenin tabii kuru birim hacim ağırlığı tespit edilir. Proktor deneyinden elde etmiş olduğumuz tabii birim hacim ağırlığını %100 olarak kabul ederiz. Arazi kesafet deneyinden elde ettiğimiz tabii birim hacim ağırlığının proktordan elde edilen tabii birim hacim ağırlığa yüzde olarak oranı sıkışmanın yüzdesini verir.

***Kum Konisi Metodu***

Sıkışma kontrolü alınacak zemin üzerine tabliye yerleştirilir. Dört kenarından çakılarak zemine sabitlenir. Tabliyenin ortasındaki dairesel delik içerisinden, çukurda herhangi bir deformasyon olmayacak şekilde keski ve çekiçle 15 cm çapında çukur açılır. Çukurdan alınan numuneler bir torbaya ya da kaba konulur. Su içeriğini belirlemek üzere deney yapılırken bir miktar numune ısıtıcı kullanılarak ısıtılır. İlk ve son tartımdan su içeriği belirlenir. (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Kum konisi deneyi numune alımı ve su içeriği tayini

Çukurdaki tüm numuneler çıkarılıp bir torbaya koyulduktan sonra fırça ve kürek yardımıyla kalan malzemeler iyice temizlenir. Birim ağırlık hunisi vanası kapalı şekilde ters çevrilerek tabliyenin ortasındaki deliğe oturtulur ve vana açılır. Önceden ağırlığı belirli olan standart kum çukura akmaya başlar. Kum hareketi durduğunda vana kapatılır. Kalan kum torbaya konularak tartılır. Böylece çukur ve koniyi dolduran kum saptanmış olur. Çukurun hacmi, değerleri bilinen kumun birim hacim ağırlığı ve koni hacminden yararlanılarak bulunur (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Kum konisi deneyi yapılışı

Amacımız, sıkıştırılmış dolgunun kuru birim hacim ağırlığını ve nem yüzdesini bulmak olan, bu deneye ait kum konisi sıkışma formu örneği Şekil 3.25'de verilmiştir. Bu forma göre gerekli hesaplamalar yapılarak sıkışma yüzdesi bulunur.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DENEY NO | | 1 | 2 | 3 | | | |
| ALINDIĞI KM | | 16+450 | 16+450 | 16+450 | | | |
| ÇUKURDAN ÇIKARILAN NUM. AĞIRLIĞI | W | 4215 | 4635 | 4461 | | | |
| **SU İÇERİĞİ TAYİNİ** | | | | | | | |
| KAP AĞIRLIĞI | K | 611 | 611 | 611 | 611 | 611 | 611 |
| KAP+YAŞ NUMUNE | E | 920,0 | 961,0 | 849,0 | 892,0 | 827,0 | 836,0 |
| KAP+KURU NUMUNE | F | 905 | 945,0 | 835 | 878 | 816 | 824 |
| Su | H | 15,0 | 16,0 | 14,0 | 14,0 | 11,0 | 12,0 |
| SU İÇERİĞİ ω=100 (E-F)/(F-H) | ω | 5,1 | 4,8 | 6,3 | 5,2 | 5,4 | 5,6 |
| **KONİ VE KUM KALİBRASYON DEĞERLERİ** | | | | | | | |
| KUM BİRİM AĞIRLIĞI | Ds | 1362 | 1362 | 1362 | 1362 | 1362 | 1362 |
| KONİDEKİ KUMUN AĞIRLIĞI | C | 1660 | 1660 | 1660 | 1660 | 1660 | 1660 |
| **ÇUKUR HACMİNİN TAYİNİ** | | | | | | | |
| DENEYDEN ÖNCEKİ KAP+KUM | A | 7685 | 7452 | 7238 | 8214 | 8112 | 7931 |
| DENEYDEN SONRAKİ KAP+KUM | B | 3487 | 3001 | 2908 | 3660 | 3635 | 3550 |
| ÇUKURA GİREN KUM AĞIRLIĞI S=A-B-C | S | 2538 | 2791 | 2670 | 2894 | 2817 | 2721 |
| ÇUKUR HACMİ V=S/Ds | V | 1,863 | 2,049 | 1,960 | 2,125 | 2,068 | 1,998 |
| **BİRİM AĞIRLIKLAR VE SIKIŞMA YÜZDESİ** | | | | | | | |
| YAŞ YOĞUNLUK ϒ= W/ V | ϒ | 2262,0 | 2261,9 | 2275,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| KURU YOĞUNLUK ϒd=100ϒ /100+ω | ϒδ | 2152,1 | 2158,5 | 2141,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| HEDEF KURU YOĞUNLUK | ϒdmax | 2172 | 2172 | 2172 | 2172 | 2172 | 2172 |
| YÜZDE SIKIŞMA | % | 99,1 | 99,4 | 98,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Şekil 3.25. Kum konisi formu örneği

***Hesaplamalar***

$$\omega = 100\,(E - F) / (F - K) \tag{3.17}$$

$$V = S / Ds \tag{3.18}$$

$$\gamma = W / V \tag{3.19}$$

$$\gamma d = (100 \times \gamma) / (100 + \omega) \tag{3.20}$$

$$S = A - B - C \quad (3.21)$$

Burada;

W= Çukurdan çıkarılan numune ağırlığı (g)

K= Kap ağırlığı (g)

E= Kap + yaş numune (g)

F= Kap + kuru numune (g)

H= Su miktarı (g)

Ⱳ= Su içeriği (g)

Ds= Standart kum kuru birim ağırlığı (g)

C= Konideki kumun ağırlığı (g)

A= Deneyden önceki kap+ kum (g)

B= Deneyden sonraki kap + kum (g)

S= Çukura giren kum ağırlığı (g)

V= Çukur hacmi (g)

γ= Çukurdan çıkan malzemenin yaş yoğunluğu (g)

γƃ= Çukurdan çıkan malzemenin kuru yoğunluğu (g)

γdmax= Hedef kuru yoğunluk (g)

***Kamyon (Doğrulama) Testi***

Yapılan çalışmalar neticesinde arazide sıkışma kontrolü yapmak için kullanılan yöntemlerden birisidir. Sıkışma testi istenilen alan üzerinde kamyonun dolu şekilde yürütülmesi esasına dayanır. Kamyonun yanından yürüyerek tekerlerin geçtiği noktalarda esneme var mı diye bakılır. Bunun sonucunda gözleme dayalı olarak sıkışma ile ilgili veri elde edilir (Şekil 3.26 ve Şekil 3.27). Kamyon testindeki veriler yazılı olarak İdareye bildilir.



Şekil 3.26. Kamyon (doğrulama) testi



Şekil 3.27. Kamyon (doğrulama) testi görünümü

Zemin analizlerinde bahsedilen deneyler sonrasında Karayolları Teknik Şartnamesi gözetilerek sonuçlar değerlendirilir. Örnek olarak belirlenen kilometrenin zemin analizleri deney sonuçlarına bakalım (Şekil 3.28, Sekil 3.29 ve Şekil 3.30).[2]

**ELEK ANALİZİ VE KIVAM LİMİTLERİ**

KM : 23+600
ALINDIĞI YER : Sol Platform
LAB. NO :

Tarih : 10.10.2018 | Malzeme Cinsi : Yarma Tabanı

| I TARTILAR | | | II SU İÇERİĞİ | | | III No.4 ELEKTEN GEÇEN BÖLÜNMÜŞ NUMUNE | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Numune + Kap Ağırlığı | a | 0,0 | Kap + Yaş Numune Ağırlığı | a | 1.200,0 | Kap + Yaş Numune Ağırlığı | a | 1.633,0 |
| Kap Ağırlığı | b | 0,0 | Kap + Kuru Numune Ağırlığı | b | 1.200,0 | Kap + Kuru Numune Ağırlığı | b | 1.633,0 |
| Numune Ağırlığı | c = a-b | 0,0 | Su Ağırlığı | c = a-b | 0,0 | Su Ağırlığı | c = a-b | 0,0 |
| Kaba Kısım | d | 309,0 | Kap Ağırlığı | d | 533,0 | Kap Ağırlığı | d | 833,0 |
| İnce Kısım | e | 11.125,0 | Kuru Numune Ağırlığı | e = b-d | 667,0 | Kuru Numune Ağırlığı | e = b-d | 800,0 |
| Düzeltilmiş İnce Kısım ((IIex100) / (100+W)) | f = | 11.125 | W(Su İçeriği) = ( (IIcx100) / IIe ) | | % 0,00 | Toplam Kuru Numune Ağırlığı Id + If | L = | 11.434 |

| Inch | mm | ELEKTE KALAN (g) | TOPLAM ELEKTE KALAN A (g) | TOPLAM ELEKTE KALAN B = (A x 100) / L (%) | | TOPLAM ELEKTEN GEÇEN C = 100-B (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3" | 75 | | 0,0 | 0,0 | | 100,0 |
| 2" | 50 | | 0,0 | 0,0 | | 100,0 |
| 1 1/2" | 37.5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 100,0 |
| 1" | 25 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 100,0 |
| 3/4" | 19 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 100,0 |
| 3/8" | 9.5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 100,0 |
| No:4 | 4.75 | 309,0 | 309,0 | 2,7 | | 97,3 |
| | | D | E | F = Ex100 / IIIe | G= FxC(No:4 elek)/100 | H = C (No:4 elek) -100 |
| No:10 | 2 | 3,0 | 3,0 | 0,4 | 0,4 | 96,9 |
| No:40 | 0.425 | 18,0 | 21,0 | 2,6 | 2,6 | 94,7 |
| No:200 | 0.075 | 84,3 | 105,3 | 13,2 | 12,8 | 84,5 |

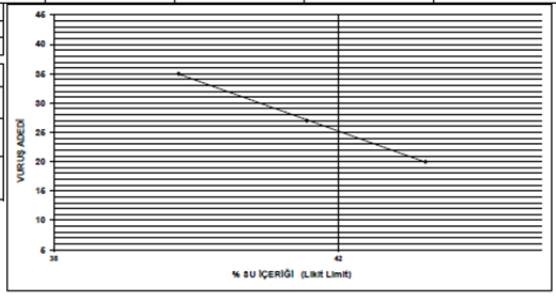
**FIZIKI DENEYLER**

| | | Likit Limit (LL) | | | Plastik Limit (PL) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Deney No:1 | Deney No:2 | Deney No:3 | Deney No:1 | Deney No:2 |
| Kap No: | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Vuruş Adedi | | 35 | 27 | 20 | | |
| Kap+Yaş Numune Ağırlığı (A) | g | 59,16 | 49,11 | 54,88 | 39,25 | 36,39 |
| Kap+Kuru Numune Ağırlığı (B) | g | 51,94 | 41,91 | 47,39 | 37,62 | 35,06 |
| Kap Ağırlığı (C) | g | 33,68 | 24,40 | 29,80 | 30,38 | 29,00 |
| Kuru Numune Ağırlığı D = (B-C) | g | 18,26 | 17,51 | 17,59 | 7,24 | 6,06 |
| Su İçeriği W = (A-B) / Bx100 | % | 39,54 | 41,12 | 42,58 | 22,51 | 21,95 |

| | | |
|---|---|---|
| Likit Limit | LL | 42 |
| Plastik Limit | PL | 22 |
| Plastisite İndeksi | PI | 20 |

| AÇIKLAMALAR | |
|---|---|
| Sınıfı | A-7-6 |
| Birleştirilmiş Önemli Malzemeler | Kili Topraklar |
| Taban İçin Yararlılık Derecesi | ORTA - ZAYIF |

▲ LL ( 25 Darbeye Karşılık Gelen )




Şekil 3.28. Elek analizi ve kıvam limitleri formu örneği

[2] S. AKKAYA, Yazılı ve sözlü olarak, 2018. Çavuş Köyü Mevkii 41.Km Amasya-Çorum Yol işi Şantiyesi Merkez/AMASYA

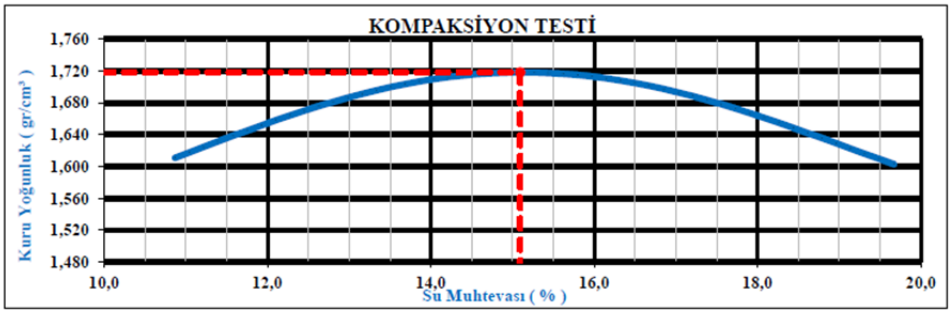
| | | | |
|---|---|---|---|
| Proje Adı | : ( Çorum - Merzifon ) Ayr. - Mecitözü - ( Amasya - Turhal ) Ayr. Yolu Km: 0+000 - 61+841,27 | Deney No | : |
| | | Alındığı Derinlik | : |
| MÜTEAHHİT | : Yedigöze İnşaat + Sigma İnşaat İş Ortaklığı | Deney Tarihi | : 10.10.2018 |
| Zeminin Cinsi | : | Alındığı Km: | 23+600 |
| Vuruş / Tabaka | : 25 | Çap ( cm ) | : 105,5 |
| Tabaka Sayısı | : 3 | Yükseklik ( cm ) | : 115,5 |
| Tokmak Ağırlığı , ( kg ) : | 2.5 kg | Hacim ( cm³ ) | : 944 |

**STANDART PROKTOR**

**Optimum Su Muhtevasının Bulunması**

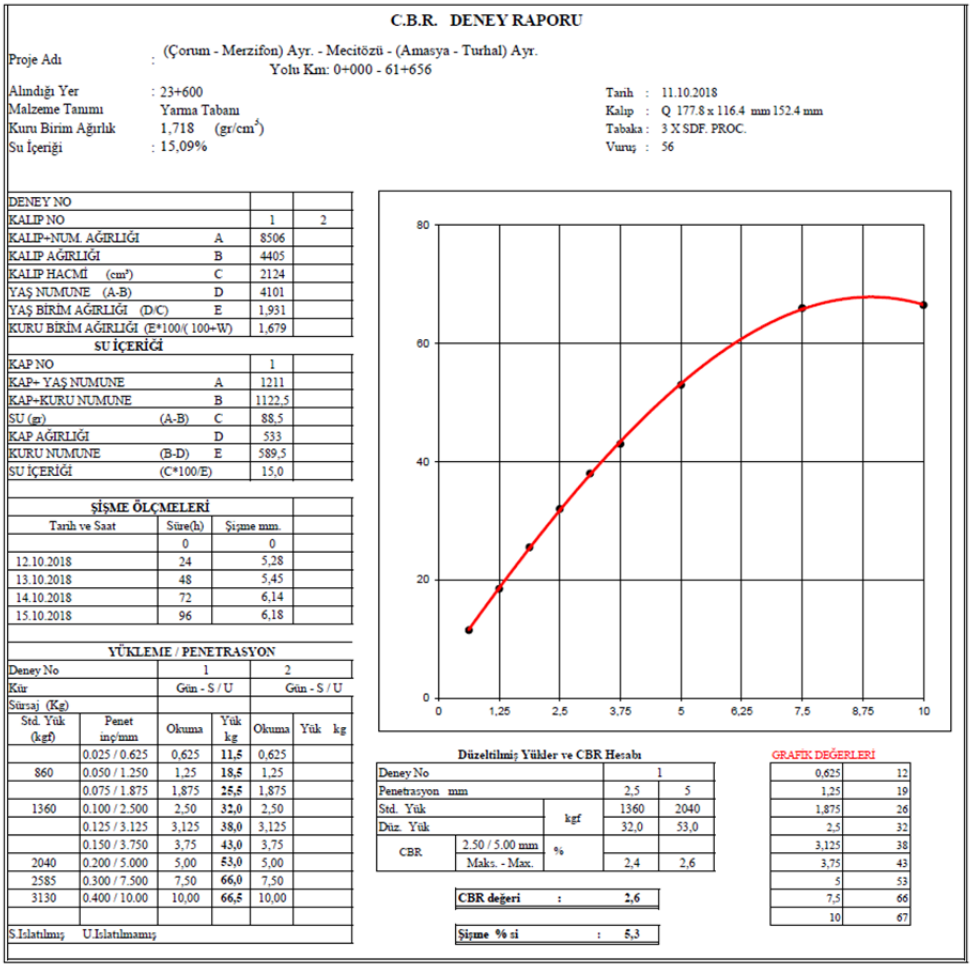
| Or. Num no. | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kap no | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Kap ağırlığı gr. | 545,00 | 545,00 | 610,00 | 610,00 | 538,00 | 538,00 | 533,00 | 533,00 | 336,00 | 336,00 |
| Islak Z.+Kap g | 901,0 | 901,0 | 1043,0 | 1043,0 | 842,1 | 842,1 | 972,0 | 972,0 | 698,0 | 698,0 |
| Kuru Z.+Kap g. | 866,1 | 866,1 | 993,3 | 993,3 | 802,2 | 802,2 | 908,0 | 908,0 | 638,5 | 638,5 |
| Su ağırlığı gr. | 34,90 | 34,90 | 49,70 | 49,70 | 39,90 | 39,90 | 64,00 | 64,00 | 59,50 | 59,50 |
| Zemin ağırlığı gr. | 321,10 | 321,10 | 383,30 | 383,30 | 264,20 | 264,20 | 375,00 | 375,00 | 302,50 | 302,50 |
| Su muhT. w % gr. | 10,87 | 10,87 | 12,97 | 12,97 | 15,10 | 15,10 | 17,07 | 17,07 | 19,67 | 19,67 |

| Tahm. Su muh. % | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 17,0 | 19,0 |
|---|---|---|---|---|---|
| Su muhT. w % gr. | 10,87 | 12,97 | 15,10 | 17,07 | 19,67 |
| Kalıp + Zemin g | 3344 | 3456 | 3525 | 3528 | 3469 |
| Kalıp ağır gr. | 1658 | 1658 | 1658 | 1658 | 1658 |
| Zemin gr. Mws | 1686 | 1798 | 1867 | 1870 | 1811 |
| Doğ. BHA gr/cm³ g | 1,786 | 1,905 | 1,978 | 1,981 | 1,918 |
| Kuru gr/cm³ g kuru | 1,611 | 1,686 | 1,718 | 1,692 | 1,603 |




| | |
|---|---|
| Optimum Su Muhtevası ( Wopt. % ) : | 15,09 |
| Maks. Kuru Birim Ağırlık ( gr./cm³ ) : | 1,718 |

Şekil 3.29. Proktor (standart) formu örneği



**C.B.R. DENEY RAPORU**

Proje Adı : (Çorum - Merzifon) Ayr. - Mecitözü - (Amasya - Turhal) Ayr. Yolu Km: 0+000 - 61+656

Alındığı Yer : 23+600
Malzeme Tanımı : Yarma Tabanı
Kuru Birim Ağırlık : 1,718 (gr/cm³)
Su İçeriği : 15,09%

Tarih : 11.10.2018
Kalıp : Q 177.8 x 116.4 mm 152.4 mm
Tabaka : 3 X SDF. PROC.
Vuruş : 56

| DENEY NO | | | 1 | 2 |
|---|---|---|---|---|
| KALIP NO | | | | |
| KALIP+NUM. AĞIRLIĞI | | A | 8506 | |
| KALIP AĞIRLIĞI | | B | 4405 | |
| KALIP HACMİ | (cm³) | C | 2124 | |
| YAŞ NUMUNE | (A-B) | D | 4101 | |
| YAŞ BİRİM AĞIRLIĞI | (D/C) | E | 1,931 | |
| KURU BİRİM AĞIRLIĞI | (E*100/( 100+W) | | 1,679 | |

**SU İÇERİĞİ**

| KAP NO | | | 1 | |
|---|---|---|---|---|
| KAP+ YAŞ NUMUNE | | A | 1211 | |
| KAP+KURU NUMUNE | | B | 1122,5 | |
| SU (gr) | (A-B) | C | 88,5 | |
| KAP AĞIRLIĞI | | D | 533 | |
| KURU NUMUNE | (B-D) | E | 589,5 | |
| SU İÇERİĞİ | (C*100/E) | | 15,0 | |

**ŞİŞME ÖLÇMELERİ**

| Tarih ve Saat | Süre(h) | Şişme mm. | |
|---|---|---|---|
| | 0 | 0 | |
| 12.10.2018 | 24 | 5,28 | |
| 13.10.2018 | 48 | 5,45 | |
| 14.10.2018 | 72 | 6,14 | |
| 15.10.2018 | 96 | 6,18 | |

**YÜKLEME / PENETRASYON**

| Deney No | | | 1 | | 2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kür | | | Gün - S / U | | Gün - S / U | |
| Sürşaj (Kg) | | | | | | |
| Std. Yük (kgf) | Penet inç/mm | Okuma | Yük kg | | Okuma | Yük kg |
| | 0.025 / 0.625 | 0,625 | **11,5** | | 0,625 | |
| 860 | 0.050 / 1.250 | 1,25 | **18,5** | | 1,25 | |
| | 0.075 / 1.875 | 1,875 | **25,5** | | 1,875 | |
| 1360 | 0.100 / 2.500 | 2,50 | **32,0** | | 2,50 | |
| | 0.125 / 3.125 | 3,125 | **38,0** | | 3,125 | |
| | 0.150 / 3.750 | 3,75 | **43,0** | | 3,75 | |
| 2040 | 0.200 / 5.000 | 5,00 | **53,0** | | 5,00 | |
| 2585 | 0.300 / 7.500 | 7,50 | **66,0** | | 7,50 | |
| 3130 | 0.400 / 10.00 | 10,00 | **66,5** | | 10,00 | |
| | | | | | | |

S.Islatılmış U.Islatılmamış




**Düzeltilmiş Yükler ve CBR Hesabı**

| Deney No | | | 1 | |
|---|---|---|---|---|
| Penetrasyon mm | | | 2,5 | 5 |
| Std. Yük | | kgf | 1360 | 2040 |
| Düz. Yük | | | 32,0 | 53,0 |
| CBR | 2.50 / 5.00 mm | % | | |
| | Maks. - Max. | | 2,4 | 2,6 |

**CBR değeri : 2,6**

**Şişme % si : 5,3**

GRAFİK DEĞERLERİ

| | |
|---|---|
| 0,625 | 12 |
| 1,25 | 19 |
| 1,875 | 26 |
| 2,5 | 32 |
| 3,125 | 38 |
| 3,75 | 43 |
| 5 | 53 |
| 7,5 | 66 |
| 10 | 67 |

Şekil 3.30. CBR ve şişme formu örneği

Belirlenen kilometreler arasında yapılan deneyler sonunda tabii zeminin yol yapımına uygun zemin olup olmadığına Karayolları Teknik Şartnamesi'ne (KTŞ) bakılarak karar verilir. Buna göre, Çizelge 3.3'deki niteliklerin tümünü birden sağlayamayan bütün kazı malzemelerinin, "zayıf zemin" olduğuna karar verilir.

Çizelge 3.3. Uygun nitelikli kazı malzemesi (KTŞ, 2013)

| Deney | Şartname Limiti | Deney Standardı |
|---|---|---|
| Likit Limit, (LL) | ≤ 60 | TS 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| Plastite İndeksi, (PI) | ≤ 35 | TS 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık (Standart Proktor)* | ≥ 1,450 t/m$^3$ | TS 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| * PI ≤ 6 VE CBR >10 olan doğal cüruf ve tüflerde bu şart aranmayacaktır. | | |

Bu şartları sağlamayan zeminlerde, proje kotuna göre yarma veya dolgu yapıldıktan sonra zemin iyileştirmesi, kısaca iyileştirme yapılır.

### 3.2.2. Yarma, Dolgu ve İyileştirme

#### 3.2.2.1. Yarma

Yarma, üst yapı taban kotunun üzerinde kalan kazı hacmidir. Toprak kazma ve alma işidir. Yarma çalışmaları öncesinde; kazı işleri, plan ve projelerde gösterilen kot, eğim ve enkesitlere uygun olarak yol yapım sınırları dahilinde yer alan her tür zemin ve kayaçların kazılmasıdır. Yapım sırasında idare tarafından gerek duyularak belirtilen yerlerde yapılacak kazı işleri de bu kapsamdadır. Plan ve projelerde tanımlanan, yol yapım sınırları dahilinde yer alan her türlü ağaç, da, çalı, diğer bitki ve gereksiz malzemelerin temizlenmesi, ağaç vb.'nin kesilmesi, köklerin sökülüp çıkartılması temizleme ve sökmeden dolayı oluşan bütün malzeme ve döküntünün kaldırılmasını kapsar. Yol boyunca yapılacak olan kazılar; yol gövdesinin oluşturulabilmesi için, yol tabanının oturacağı yerde bulunan ve uygun nitelikte olmayan zayıf tabi zemin tabakasının kaldırılması için yapılacak olan kazılardır. Aynı şekilde yarmalardaki kazıdan çıkan niteliği uygun malzemenin, dolguların tamamlanması için yeterli miktarda olmaması halinde ariyet (kum-çakıl)

yerlerinde yapılacak olan kazılar, sanat yapıları temelleri, drenaj ve su akışını sağlamak için yapılan kazılardır.

Yarma şevi yüzey alanında ve yol taban kotu üzerinde veya altında bulunan tüm ağaç gövdeleri kesilecek ve taban düzgün hale getirilecektir. Kazı dışındaki alanlarda, dolgularda ve şev tanzim sınırlarında bulunan ve yerden yüksekliği 15 cm'den daha büyük bitki ve ağaçlar kesilecektir. Yarma çalışmaları öncesinde, genel bitki, toprak, kök vb. engeller sıyırma kazılarıyla temizlendikten sonra yarma oluşturulmaya başlanır.



Şekil 3.31. Sıyırma kazısı ve yarma yapımı

**3.2.2.1.(1). Yarmalarda Şev Stabilitesi**

Şevler, yarma ve dolgularda, platform kenarlarının doğal zeminle bağlantısını sağlamak amacıyla oluşturulan eğimli zemindir. Şev değeri, şevlerin yatay düzlem ile yaptıkları eğimin açı olarak, yatay/düşey düzlemlerin birbirlerine oranı olarak veya yüzde olarak belirtilen değerleridir. Şev stabilitesi ise, yarma ve dolgularda kaymaya karşı ortamın gösterdiği dirençtir. Şev stabilite analizleri yapılırken, bilinmesi gereken ve şevin içinde açıldığı kaya ve/veya zeminlerde oluşan kaymalar başlıca üç ana grupta toplanır. Bunlar; düzlemsel kayma, dairesel

kayma ve kama tipi kaymadır. Bu projede kum-çakıl-kil karışımı şevler olduğu için dairesel kaymalar görülmektedir.

***Dairesel kayma (circular failure)***

Kum, çakıl ve kilden meydana gelmiş veya çok kırılmış, parçalanmış, ayrıca bozunmuş kayaçlarda açılan şevlerde beklenen bir kayma türüdür. Dairesel kaymada belirgin bir yapısal süreksizlik görmek güç olup, şevde kaymaya karşı en az direnç gösteren noktalar boyunca ve yay şeklinde bir yüzey üzerinde kayma olayı gelişir. Mühendislik açısından şevlerde ve doğal yamaçlarda karşılaşılan kayma türlerini inceleyen Hoek ve Bray (1981)'e göre kayma türlerini dairesel kayma, düzlemsel kayma, kama tipi kayma ve devrilme şeklinde sınıflandırılabileceğini belirtmişlerdir (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. Dairesel kayma (Hoek and Bray, 1981)

Projede ise genel olarak şevler; zemin analizleri (elek analizi, likit limit ve plastite indeksi, stadart proktor CBR, arazi kontrolleri) sonucu elde edilen verilere ve kamulaştırma sınırı göre açılır. Zaman içerisinde herhangi bir kayma, heyelan, göçmeye neden olabilecek yapısal jeolojik unsurların varlığı gözlemlenirse; dayanma yapıları ile şevler desteklenir.[3] Karayollarında şevler zemin deneyleri sonuçları ve kamulaştırma sınırlarına göre belirlenir. Genel olarak 1/1, 1/2, 1/3, 2/3, 3/5 gibi değerlerde yapılır.

[3] Ö. ERGEN, Sözlü olarak, 2018. Çavuş Köyü Mevkii 41.Km Amasya-Çorum Yol işi Şantiyesi Merkez/AMASYA




Şekil 3.33. Şevde oluşmuş erozyon bölgesi

**3.2.2.1.(2). Yarmalarda Üstyapı Tabanının Hazırlanması**

Toprak yarmalar ve kaya yarmalar genellikle iki türde yapılır. Bunların dışında ariyet malzemesi olarak kazılacak alan olursa, projede gösterilen veya kontrol mühendisi tarafından uygun bulunan yerlerden alınacak, başka hiçbir yerden ariyet alınmayacaktır. Güzergah üzerinde toprak yarmalar bulunduğu için kaya yarmalardan bahsedilmeyecektir.

***Toprak Yarmalar***

Üstyapı tabanı altındaki 20 cm'lik ince tesviye tabakası kabartılacak ve gerekli ise su verme veya kurutma işlemi yapılarak istenilen kuru birim hacim ağırlık elde edilinceye kadar sıkıştırılacaktır. Yarma ve dolgular yapılmadan önce zemin analizleri yapılıp terasman kotundan ne kadar aşağıya inileceği Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre belirlenir.



Şekil 3.34. Güzergah üzerinde açılmış bir yarma görünümü

Yarma malzemesinin fiziksel özellikleri, Çizelge 3.3'de belirlenen özelliklere sahip değilse veya yarma malzemesinin taşıma gücü esnek üst yapılar için CBR ≤8 ise, yarma tabanı üstyapı projesinde belirtilen kalınlığa kadar kazılarak atılacak, yapım şartlarına uygun malzeme seçilip sıkıştırılacaktır. Bitmiş tabakanın herhangi bir noktası ile tabakanın proje kotu arasında ±30 mm'den fazla kot farkı olmayacaktır.

**3.2.2.2.Dolgu**

Dolgu, yol gabarisinin proje düşey hat (kırmızı hat) kotlarına uygun olarak yerleştirilebilmesi için doğal zemin ile yol üst yapısı arasında kalan kısımdır. Bu kısım, yarmalardan, sanat yapıları için yapılan kazılardan, ariyet (kum-çakıl) veya taş ocaklarından alınan niteliği uygun malzeme ile aşağıda belirtilen şartlarda, projelerde gösterilen eğimler, enkesitler ve kotlarda dolgu yapımını kapsar. Dolgu yapımında kullanılacak malzeme içerisinde; bitkisel toprak, ağaç, çalı, kök ve benzeri organik maddeler, bataklık veya suya doygun hale gelmiş killi ve marnlı malzeme bulunmayacaktır. Dolguların; üstyapı tabanını oluşturan kısmında esnek

üstyapılar için CBR ≤8 olan malzeme kullanılmayacak (Çizelge 3.4) ve koruyucu tabaka özelliği taşıyan seçme malzeme kalınlığı üstyapı projelendirme raporunda belirtilecektir (KTŞ, 2013).

Çizelge 3.4. Dolgu malzemesinin özellikleri (KTŞ, 2013)

| Deney | Şartname Limiti | Deney Standardı |
|---|---|---|
| Likit Limit, (LL) | ≤ 60 | TS 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| Plastite İndeksi, (PI) | ≤ 35 | TS 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık (Standart Proktor)* | ≥ 1,450 t/m$^3$ | TS 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| Yaş CBR Şişme Yüz., (%) | ≤ 3 | TS 1900-1<br>AASHTO T 193 |
| * PI ≤ 6 VE CBR >10 olan doğal cüruf ve tüflerde bu şart aranmayacaktır. | | |

Bu projede dolgu yapılırken ağırlıklı olarak dolgu (taş dolgu) taş ocağından, dona hassas olmayan malzeme ariyet (kum-çakıl) ocağından ve koruyucu tabaka seçme malzemesi (filtre malzemesi) agrega olarak taş ocağından temin edilmektedir.

**3.2.2.2.(1). Taş Dolgu**

Bu kısım; projede gösterilen yer, eğim, boyut ve kesitlere ve bu kısımda belirtilen şartlara uygun olarak yapılacak istifli ve istifsiz taş dolgu işlemini kapsar. Taş dolgu işlerinde kullanılacak taşlar; düzgün, homojen, sık kristallerden oluşacak, toz toprak, organik madde vb. yabancı madde içermeyecek ve Çizelge 3.5'de belirtilen özelliklere haiz olacaktır. İstifli ve istifsiz taş dolguların yapımında kullanılan taşlar hacim olarak 0,002 m$^3$'den veya ağırlık olarak 5 kg'dan büyük olacaktır. En büyük taş boyutu, yapının proje özelliklerine göre projede belirtilir veya kontrol mühendisince belirlenir. Yüklenici, taşları projede tanımlanan

büyüklükleri sağlayacak şekilde hazırlayacaktır. Projede istifsiz taş dolgu kullanılmaktadır.

***İstifsiz Taş Dolgu***

Projelerde gösterilen yerlerde, şekilde, genişlik, derinlik ve eğimde; hazırlanan temel, taban veya tabii zemin üzerine dolgu taşı malzemesiyle en fazla 1 m kalınlığında yatay tabakalar halinde doldurulmak ve yayılmak suretiyle istifsiz taş dolgu yapılır. Dolgu malzemesinin yabancı maddelerle karışmamasına ve gabari dışına konulmamasına dikkat edilecektir. Dış yüzeylerde özellikle büyük boyuttaki taşlar kullanılacaktır. Taşlar arasında fazla boşluk kalmasına sebep olan sivri uçlar köşeler kırıldıktan sonra yerlerine konulacaktır.

Çizelge 3.5. Taş dolgu yapımında kullanılacak taşın özellikleri (KTŞ, 2013)

| Deney | | Şartname Limitleri | Deney Standardı |
|---|---|---|---|
| 1. Görünür Yoğunluk, ($kg/m^3$) | | ≥ 2,20 | TS 699<br>TS EN 1936 |
| 2. Kütlece Su Emme Oranı, (%) | | ≤ 2,0 | TS EN 1935 |
| 3. Kaba Agregada Los Angales Deney Yöntemi ile Parçalanma Direnci, (%) | | ≤ 35 | TS EN 1097-2 |
| 4. Dona Dayanım Deneyi (Tabii don) (25 Döngü)<br>Gözle Muayene<br>Don Sonu Kütle Kaybı, (%) | | Çatlaklar, parça kopması, dağılma olmayacak<br>≤ 7 | TS 699 |
| 5. Tuz Kristallenmesine Direncin Tayini, (%) ($Na_2SO_4.10H_2O$) ile. | | ≤ 7 | TS 699 ve TS EN 12370 |
| 6. Magnezyum Sülfat Deneyi ($Mg_2SO_4$ ile ), (%) | | ≤ 10 | TS EN 1367-2 |
| 7. Aşınma Direnci | Geniş Disk ile | ≤ 17 mm | TS EN 14157 |
| | Böhme Deneyi | ≤ 16.000 $mm^2$/ 5.000 $mm^2$ | |

### 3.2.2.2.(2). Koruyucu Tabaka Seçme Malzemesi

Bu projeye göre koruyucu tabaka seçme malzemesi filtre malzemesi (agrega) özelliklerindedir. Genellikle projenin bulunduğu bölgedeki taş ocağında, konkasörde kırılarak gelen 19-38 mm agrega boyutundadır. İçerisinde toprak, ağaç kökü, çöp, bypass özellikli malzeme vb kullanıma uygun olmayan maddeler bulunmayacaktır. Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre Çizelge 3.6'da bahsedilen koruyucu tabaka seçme malzeme özelliklerini taşıyacaktır.



Şekil 3.35. Koruyucu tabaka seçme malzeme dökümü

Çizelge 3.6. Koruyucu tabaka seçme malzeme özellikleri (KTŞ, 2013)

| Deney | Şartname Limiti | Deney Standardı |
|---|---|---|
| 0,075 mm Elekten Geçen, (%) | < 50 | TS 1900-1<br>AASHTO T 11 |
| Likit Limit, (LL) | ≤ 40 | TS 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| Plastite İndeksi, (PI) | < 15 | TS 1900-1<br>AASHTO T 90 |
| Yaş (CBR) Esnek Üstyapılar, (%) | > 10 | TS 1900-2<br>AASHTO T 193 |

- ✓ *CBR şartname limitlerini sağlamak koşulu ile 0,075 mm'den geçen malzeme oranı <20 ise LL (Likit Limit) ve PI şartname limitleri değerlendirilmeyecektir.*
- ✓ *CBR şartname limitlerini sağlamak koşulu ile PI <10 ise 0,074 mm'den geçen malzeme oranı şartname limitleri değerlendirilmeyecektir.*
- ✓ *Yaş CBR deneyi sonucunda %3 ve daha yüksek oranda şişme veren malzemeler dolgu ve üstyapı tabanında kullanılmayacaktır.*

**3.2.2.2.(3). Dona Hassas Olmayan Malzeme**

Bu projeye göre dona hassas olmayan malzeme ariyet malzemesi (kum-çakıl) özelliklerindedir. Projesinde gösterilen veya kontrol mühendisi tarafından uygun bulunan yerlerden alınacak, bunlar dışında başka hiçbir yerden ariyet alınmayacaktır (Şekil 3.36). İçerisinde kök, kütük, çalı, bitki sapı vb uygunsuz maddeler bulunmayacaktır.



Şekil 3.36. Ariyet (kum-çakıl) ocağı

Ariyet malzemesi, AASHTO toprak sınıflama sistemine göre A-1, A-2 ve A-3 sınıfı malzemeler, yani granüler malzeme olarak tanımlanır. Dolgularda uygulaması ise Şekil 3.37'deki gibidir.



Şekil 3.37. A-1 sınıfı ariyet (taş parçaları çakıl ve kum) dökümü

Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre Çizelge 3.7'de bahsedildiği gibi dona hassas olmayan malzeme özelliklerini taşıyacaktır.

Çizelge 3.7. Dona hassas olmayan taban malzemesinin özellikleri (KTŞ, 2013)

| Deney | Şartname Limiti | Deney Standardı |
|---|---|---|
| 0,075 mm Elekten Geçen, (%) | ≤ 12 | TS 1900-1<br>AASHTO T 11 |
| Likit Limit , (LL) | ≤ 25 | TS 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| Plastite İndeksi, (PI) | ≤ 6 | TS 1900-1<br>AASHTO T 90 |
| Kaba Agregada Su Absorbsiyonu, (%) | ≤ 3 | TS 1900-2<br>AASHTO T 193 |

***Dolgu Taban Zeminin Hazırlanması***

Dolguların yapılmasına başlanmadan önce taban zemini temizlenecek ve bitkisel toprağı sıyrılmış zemin kesimi 20 cm derinlikte kabartılıp sıkıştırılacaktır. Kökler nedeniyle oluşacak çukurların 20 cm'den daha derin olması halinde, bu çukurlar uygun malzeme ile doldurulacak ve dolgu yapımından sonra çöküntülere neden olmayacak şekilde sıkıştırılacaktır.

Dolgunun inşa edileceği sahada zayıf zemin, bataklık kesimler varsa bu kesimler, Zayıf Zeminler bölümünde belirtildiği şekilde hazırlanacak ve uygun inşaat metotları belirlenerek dolgu yapımına başlanacaktır. Bataklık olmamak şartı ile dolgu yapılacak sahada toplanmış su varsa, dolgu yapılmadan önce bu suyun drene edilerek uzaklaştırılması şarttır (Şekil 3.38).



Şekil 3.38. 20+440 da suyun drene edilirken filtre malzemesi, üzerine istifsiz taş dolgu ve dona hassas olmayan ariyet malzemesi serimi

Yarma-dolgu geçişlerinde; dolgu tabanlarının yarma yüzeylerine yaslandığı yerlerde dişler açılarak dolgu ve yarma kesitlerinin uyumlu olarak birleştirilmesi sağlanmalıdır. Dolgunun mevcut sathi kaplamalı bir yol üzerine yapılması halinde, dolgu yüksekliği 50 cm'den daha az ise, yeni dolgu malzemesi ile mevcut tabakalar arasındaki kaynaşmayı sağlamak üzere proje koşullarına göre oluşturulacaktır. Gerekli ise sathi kaplama tabakası kaldırıldıktan sonra yüzey 15 cm derinlikte

sürülerek kabartılacak, tamamen parçalanıp dolgu malzemesi cinsine göre tabaka kalınlığı seçilerek yeni tabakalar oluşturulacaktır.

***Dolguların Yapılmasında Uygulanacak Genel Kurallar***

Dolgular; sıkışma, oturma ve reglajdan sonra bütün noktalarda projede belirtilen plan, profil ve enkesite uygun olarak ve dolgunun tüm genişliği boyun yüzey suyunun rahatça drenajını sağlayacak enine eğimde inşa edilecektir. Üstyapı projelendirmesinde, üstyapı tabanı yaş CBR değerinin yüksek olmasından dolayı alttemel verilmemiş ise dolguların son tabasının üstten 20 cm'lik kısım içerinde 75 mm'den daha büyük çapta tane içeren malzeme bulunmayacaktır.

Tamamlanmasından veya üstüne bir üstyapı tabakası gelmeden belirli bir süre kış şartlarına maruz kalan dolguların yüzeyleri, sıkıştırılmış ve en az %5 enine eğim verilerek su akışını sağlayacak şekilde bırakılacak, bu yüzeyler işin yeniden başlamasında en az 20 cm kabartılarak tekrar sıkıştırılacaktır (KTŞ, 2013).

***Tabakaların Oluşturulması***

Dolgular; daha önceden bahsedilen özellikleri taşıyan malzeme ile yapılacaktır. Dolguların üstyapı tabanını oluşturan en üst kısmı esnek üstyapılarda yaş CBR % ≤8 olan malzeme ile teşkil edilmeyecektir. Yaş CBR %'si bu değerlerden düşük olan kesimlerde, üstyapı tabanı üstyapı projelendirme raporunda belirtilen kalınlıkta ve belirli özelliklere haiz koruyucu tabaka seçme malzemesi ile teşkil edilecektir. Dolgu sahasına malzeme taşınması, sahada yeterli serici ve uygun sıkıştırma ekipmanları olduğu takdirde sürdürülecektir. Malzeme dozer, greyder, skreyper veya kontrol mühendisince uygun görülen bir makine ile yayılacaktır. Yayma işlemi dolgunun tüm genişliği boyunca yapılacak, yayılan bir tabakanın sıkıştırılmamış kesimlerine kesinlikle malzeme boşaltılmayacaktır. Dolgu sahasına getirilen malzeme miktarı, sıkıştırma için öngörülen kalınlıktan fazla olursa, malzeme yayma veya saha dışına taşıma yoluyla istenilen kalınlığa

getirilecektir. Bitmiş tabakanın, herhangi bir noktası ile tabakanın proje kotu arasında ±40 mm'den fazla kot farkı olmayacaktır (KTŞ, 2013).

Yamaç şevi ile dolgu şevi arasındaki mesafenin 2,5 m'den daha fazla olduğu yerlerde ise proje düşey hattına paralel 40-80 cm yüksekliğinde sıkıştırılmış kademeler teşkil edilecektir. Yamaç şevinin 5/1 ve daha yatık olduğu yerlerde bu kademelerin oluşturulmasında gerek olmayıp, dolgu tabakalarının eğimleri, yamaç ve dolgu şevleri arasındaki yatay mesafenin 2,5 m olduğu yerlerde yatay hale getirilecek şekilde tedricen azaltılacaktır. Kademenin boyuna eğimi yol eğimi ile aynı olacaktır.

***Sıkıştırma***

Bütün dolgular; oturduğu zemin yüzeyinden itibaren yatay tabakalar halinde serilip sıkıştırılarak yapılacaktır. Sıkıştırma; yolun eksenine paralel olarak yapılacak, düşük kotlu kenarlardan başlayarak eksene doğru kayacaktır. Yatay kurplarda kurbun içinden başlanacak ve dışına doğru devam edilecektir. Kullanılan sıkıştırma makinesinin tip ve kapasitesine göre belirtilen kalınlıklarda serilen malzemenin sıkıştırma tekniği (silindirin hızı, geçiş sayısı vb.) deneme kesimi yapılarak tespit edilecektir. Kullanılacak sıkıştırıcı silindir adedi, yapılan işin kapasitesine uygun olarak kontrol mühendisince saptanacaktır. Bindirmeler bandaj genişliğinin %10'undan az olmayacaktır (KTŞ, 2013).

Şeritlerin tümünde ilk geçiş tamamlanmadan ikinci geçiş yapılmayacaktır. Lastik tekerlekli sıkıştırıcılarda, her bir lastik başına düşen yük 3,5 tondan az olmayacak ve bu yük sıkıştırıcı ağırlığının tekerlek sayısına bölünmesiyle bulunacaktır. Malzeme 20-30 cm kalınlığında, tabakalar halinde, çalışma ağırlığı en az 11.000 kg, statik çizgisel yükü 30 kg/cm'den büyük, iki frekanslı vibrasyon sistemli düz bandajlı silindirlerle sıkıştırılacaktır. Verilen su içeriği toleranslarının aralığı gerektiğinde kontrol mühendisi tarafından değiştirilebilecektir.

***Granüler Malzemelerin Sıkıştırılması***

Granüler malzemeler, AASHTO toprak sınıflama sistemine göre A-1, A-2 ve A-3 sınıfı malzemelerdir. Bu sınıftaki malzemeler aşağıda belirtildiği gibi ve Çizelge 3.8'de verilen sıkıştırma kriterlerine uygun olarak sıkıştırılacaktır.

Çizelge 3.8. Dolgularda sıkıştırma kriterleri (KTŞ, 2013)

| | Minimum Sıkışma, (%) | Deney Standardı |
|---|---|---|
| Tesviye Yüzeyi Altındaki İlk 80 cm | 100 | Standart Proktor TS 1900-1, AASHTO T-99 |
| 80 cm Altındaki Dolgu Tabakaları | 95 | Standart Proktor TS 1900-1, AASHTO T-99 |

Sıkıştırma sırasında, malzemenin su içeriği, standart proktor metodu ile bulunan Wopt ±2 değerleri arasında kalacaktır. Sıkıştırma işlemi, çalışma ağırlığı en az 11.000 kg, statik çizgisel yükü 30 kg/cm'den büyük, iki frekanslı vibrasyon sistemli düz bandajlı silindirlerle 20-30 cm kalınlığında tabakalar halinde yapılacaktır. Silindirler kapasitenin artması durumunda tabaka kalınlığı 30-40 cm'ye yükseltilebilecektir.

***Kaya Dolguların Sıkıştırılması***

İçerisinde ağırlık olarak %50'den fazla miktarda 75 mm'den büyük tane içeren malzemeler kaya dolgu olarak inşa edilecektir. Kaya malzemesi ile teşkil edilen veya üstyapı tabanı kaya malzemesi ile oluşturulan dolgularda düzgün bir yüzey elde edilemeyebilir. Bu durumun idare tarafından tespit edilmesi halinde ince tesviye tabakası olarak üstyapı projelendirme raporunda belirtilen kalınlıkta, fiziksel özellikleri alttemel malzemesi niteliklerine uygun malzeme getirilerek serilecek, sulanıp sıkıştırılacak ve düzeltme tabakası oluşturulacaktır. Bu malzeme

daha önceden belirlenmiş ocaklardan veya kontrol mühendisi tarafından uygun bulunan kazı malzemesinden alınabilir.

Kaya dolgularda kullanılan malzemeler sağlam ve dayanıklı danelerden oluşacaktır. Kaya dolgu olarak kullanılacak malzemelerde Los Angeles parçalanma kaybı maksimum %45 olmalı, su ve basınç altında dağılabilen kiltaşı, marn, silttaşı, fliş vb. zayıf kayalar ayrışma eğilimli kaya olarak değerlendirilecek ve ileride oturmalar yaratmayacak şekilde dolgu malzemesi olarak kullanılabilecektir. Zayıf daneler serme ve sıkıştırma sırasında mekanik olarak parçalanarak, toprak dolgu gibi maksimum 30 cm kalınlığında sıkışmış tabakalar elde edilecek şekilde serilecektir. Ayrışma eğilimli kayaçlar içinde boyutu 200 mm'den daha büyük sağlam parçalar varsa maksimum dane boyutu 200 mm'ye küçültülerek 30 cm kalınlığında tabakalar halinde inşa edilecektir.

Kaya dolgularda maksimum dane boyutu 500 mm olacaktır. Kazı malzemesi içerisinde iri kayalar varsa dolgu tabakasına getirilmeden önce parçalanarak gerekli boyutlara indirilecektir. Bu dolgularda tabaka kalınlığı 750 mm'yi geçmemek üzere malzemenin en büyük dane boyutunun en fazla 1,5 katı olacak şekilde serilecektir. Aynı dolgu kesitinde hem toprak hem kaya dolgu malzemesi kullanılması zorunu ise kaya dolgu malzemesi dolgunun ilk tabakalarının, toprak dolgu malzemesi ise daha üst tabakaların teşkilinde kullanılacaktır.

Kaya dolgular, paletli dozerler kullanılarak serilecektir (Şekil 3.39). Kaya dolgu malzemesi, yayılarak serilecek ve boşluk olmaması için, iri kaya parçalarının arası ince kaya parçalar ile doldurulacak şekilde yerleştirme yapılacaktır. Sıkıştırma için, ihtiyaç duyulursa malzemeye su ilave edilecek veya ince kısmın rutubeti fazla ise kurutma işlemi yapılacaktır. Sıkıştırma işleminde yeterli kapasitede vibrasyonlu düz bandajlı silindirler kullanılacaktır




Şekil 3.39. Paletli dozer ile taş dolgunun serimi

Her tabakanın sıkıştırılması tamamlandıktan sonra, yüzeyde oluşan boşluklar, kaya dolgu malzemesinin ince kısımları kullanılarak doldurulacaktır. Dolguda kullanılacak her yeni malzeme için silindiraj tekniği ayrıca belirlenecektir. Kaya dolgularda sıkıştırma kontrolü, dolgu yapımında kullanılan malzemenin tabaka tabaka dökülüp, her bir tabakanın sıkıştırılması sırasında, 15 ton statik ağırlığındaki silindirin son iki geçişindeki toplam oturma miktarı 6 mm'den az ise yeterli sıkışmanın elde edilmiş olduğu kabul edilecektir (Şekil 3.40).



Şekil 3.40. Paletli dozer ve silindir ile sıkıştırma (ileri gidip-gelmesi 1 pass)

Sıkışmaya esas olacak kot okumaları yüzey boşluklarının doldurulmasından sonra ve enkesitte en az her 5 m'de boy kesitte ise en az 20 m'de bir alınacaktır. Kontrol mühendisinin gerekli gördüğü durumlarda kot okumaları daha sık aralıklarla yapılacaktır. Los Angeles parçalanma kaybı deneyi (TS EN 1097-6, AASHTO T 6) numunesi, 75 mm elek üzerinde kalan malzemenin kırılmasıyla hazırlanacak ve E- tipi aşınma deneyi yapılacaktır.

***Dolgularda Sıkışma Kriterleri***

Kaya dolgular dışında kalan tüm dolgular, su içeriği ve birim ağırlık kontrolü yapılarak inşa edilecektir. Dolgularda istenilen minimum sıkışma yüzdeleri Çizelge 3.8'de verilmiştir. Dolguların sıkışma kontrolünde kullanılacak

olan arazi kuru birim ağırlığı tayin metodu, dolgunun kontrol edilen kesiminde kullanılan malzemenin içerdiği maksimum dane boyutuna göre, bu projede kum konisi metodu seçilmiştir. 75 mm'den daha büyük daneler içeren malzemelerle yapılan dolgularda sıkışma kontrolü için geçerli bir metot olmamakla beraber sıkıştırılan tabakanın 75 mm'den daha küçük tane içerdiği düşünülen kesimlerinde kontrol mühendisinin isteğiyle kasnak, kum konisi metoduyla sıkışma kontrolü yapılabilir. Gerekli durumlarda sıkışma kontrolüne esas alınan laboratuvar maksimum kuru birim ağırlığında, AASHTO T 224'e göre iri agrega oranındaki değişiklikten dolayı düzeltme yapılmalıdır.

***Doğrulama (Kamyon) Testi***

Doğrulama testi, yapılan dolgu tabakasının ve ona destek olan yol tabanının üniform olup olmadığını ortaya koymak, dolgu ve yol tabanında yer alan zayıf ve sıkışmamış kesimleri belirlemek için uygulanır. Doğrulama testi, İdare tarafından istenilen durumlarda yapılacaktır (Şekil 3.41). Bu testin uygulanması sırasında;

- Doğrulama testinde kullanılacak ekipman lastik tekerlekli silindir, çift dingilli kamyon veya sulamada kullanılan arazöz olabilir. Bu test için kullanılacak lastik tekerlekli silindirin tekerleri eşit aralıkta olacak ve yükü eşit şekilde dağıtacaktır.
- Test için kullanılacak ekipman/araç 30-40 ton ağırlığında yük alabilecek kapasiteye sahip olacaktır. Ekipmana/araca ait lastikler, 90-150 psi (620-1040 kPa) değerlerinde basınç kapasitesine sahip olacaktır. Test uygulanmadan önce lastiklerin basınçları ölçülecek ve kayıt edilecektir.



Şekil 3.41. Doğrulama testi

***Uygulama***

Dolgu tabakasının sıkıştırılması tamamlandıktan sonra üzerine yeni tabaka serilmeden önce kontrol mühendisi tarafından belirlenen yol kesimlerinde doğrulama testi yapılacaktır. Doğrulama testinin yapılacağı dolgu malzemesinin su içeriği, test sırasında en az Wopt ±2 değerinde olmalıdır. Test yapılmasında kullanılacak ekipman/araç lastik basınçları ve üzerine yüklenecek yük miktarı belirlenerek ayarlanacaktır. Doğrulama testi sırasında ekipman/araç, hızı saatte 4-8 km/saat olacak şekilde hareket edecektir. Ancak ekipman/aracın hareket hızı üzerinden geçtiği tabakada oluşabilecek esneme, defleksiyon, çökme vb. unsurların belirlenmesi ve ölçülmesine izin verecek şekilde ayarlanabilecektir.

Doğrulama testi bir veya daha fazla sayıda pas yapılarak gerçekleştirilecektir. Bu geçişler sırasında lastik tekerlekler dolgu tabakasının farklı alanlarına basacaktır. Doğrulama testi ile belirlenen; aşırı esneme gösteren,

gevşek ve çöken dolgu kesimlerinde, üniform stabilite göstermeyen kesimlerde inceleme yapılarak problemin kaynağı araştırılacaktır. Bu kesimlerde yer alan dolgu malzemesinden numune alınarak incelenecektir. Doğrulama testi sonucunda tespit edilen tüm zayıf, yumuşak, çöken kesimler dolgu ve yol tabanı yüklenici tarafından açılacak, zayıf tabaka kazılıp atılacak yerine uygun dolgu veya seçme malzeme getirilerek iyileştirilecektir. Ayrıca dolgu tabakası üzerinde belirlenen tüm yüzeylerdeki düzgün olmayan yerler düzeltilerek giderilecektir (KTŞ, 2013)

### 3.2.2.3. Zemin İyileştirme (İyileştirme)

Yapılan zemin analizleri neticesinde Karayolları Teknik Şartnamesi'nde bahsedilen 'uygun nitelikli kazı malzemesi' koşullarını sağlayamayan tabi zeminin malzemelerine zayıf zemin denilmektedir (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. Uygun nitelikli kazı malzemesi (Çizelge 3.3'de bahsedilen)

| Deney | Şartname Limiti | Deney Standardı |
|---|---|---|
| Likit Limit, (LL) | ≤ 60 | TS 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| Plastite İndeksi, (PI) | ≤ 35 | TS 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık<br>(Standart Proktor)* | ≥ 1,450 t/m$^3$ | TS 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| * PI ≤ 6 VE CBR >10 olan doğal cüruf ve tüflerde bu şart aranmayacaktır. | | |

Zayıf zemin özelliklerini taşıyan bölümlerde belirlenen derinlikte yarma veya dolgu şeklinde kazılıp yerine taş dolgu, filtre malzemesi veya dona hassas olmayan nitelikli koruyucu tabaka teşkil edilmesine zemin iyileştirme, kısaca

iyileştirme denilmektedir. Dolgular bölümünde bahsedilen tüm çalışmalar aynı zamanda iyileştirme kapsamına girmektedir. Bu projede taş dolgu, filtre ve dona hassas olmayan malzeme teşkili ile iyileştirmeler yapılmaktadır. Yapılan iyileştirme çalışmaları zemin analizleri ve doğrulama testleri ile belirli zamanlarda kontrol edilmektedir.

Örneğin, yoğun yağan yağmur sonrası dona hassas olmayan malzeme için optimum su muhtevasında bir değişme olup olmadığını kontrolü amaçlı numune alımı gösterilmektedir (Şekil 3.42). Deney sonucunda optimum su muhtevasındaki değişime göre çalışmalara yön verilmektedir.



Şekil 3.42. İyileştirme yapılan alandan optimum su muhtevası deneyi için numune alımı

### 3.2.3. Reglaj (Sıfırlama)

Yol tesviye yüzeyinin, hendeklerin, dolgu ve yarma şevlerinin düzgün ve iyi bir şekilde ince tesviyesinin yapılmasına reglaj (sıfırlama) denir. Altyapı tabakasının son kısmı olan terasman yüzeyinin, düzeltilerek proje kotuna uygun hale getirilmesini kapsar.

Toprak yarma ve dolgu tabanlarında (bitkisel toprak kazısı sonrasında) taban toprağı en az 20 cm kabartılacak ve gerekli ise su verme veya kurutma işlemi yapılarak istenilen kuru birim hacim ağırlık elde edilinceye kadar sıkıştırılacaktır. Dolgu malzemesi özelliklerine uygun olmayan malzemeler ve yaş CBR ≤8 olan malzemeler üstyapı tabanı olarak kullanılmayacaktır. Üstyapı tabanı malzemesinin, kaya veya düzgün bir yüzey vermeyecek yoğunlukta (3 g/cm$^3$) malzeme içerdiği yol kesimlerinde yüzeyde yer alan boşlukların ince kaya malzeme ile tesviyesinin yapılamadığı durumda projede önerilmiş 15 cm düzeltme amaçlı alttemel tabakasının 5 cm'i greyder ile serilerek olabildiğince düzgün bir yüzey elde edilerektir. Kırmızı kot ve ilk arazi araştırma etütleri sonucunda hazırlanan araştırma raporunda verilen üstyapı kalınlıkları dikkate alınarak bulunan İnce tesviye yüzeyi kotu (±30 mm kot, ±0,001 eğim) nihai taban etütleri sonucuna göre İdarece verilen talimata uygun olarak yüklenici tarafından düzeltildikten sonra üstyapıya başlanacaktır.

Bu yüzey üzerine 10 cm eksik alttemel tabakası finişer ile serilebilecektir İnce tesviye yüzeyinde oluşacak her türlü iz veya değişiklik son tesviye kotuna getirilmek üzere doldurulacak, tesviye edilecek gerekirse yeniden sıkıştırılacaktır.

### 3.2.4. Agrega Deneyleri

#### 3.2.4.1.Los Angeles (Aşınma Kaybı-Aşınma Direnci, TS EN 1097-6)

Yol kaplamalarında kullanılacak agregalar sıkıştırma sırasında ve trafik yükleri etkisi altında kırılmaya ve aşınmaya karşı dayanıklı olmalıdır. Los Angeles deneyi, agregaların aşınma kaybını (direncini) belirlemek amacıyla yapılır. Deneyde kullanılan çelik silindirin iç çapı 70 cm, uzunluğu 50 cm olup içinde 9 cm çıkıntılı çelik bir siper bulunur. 5 kg iri agrega, granülometrisine göre değişen sayıdaki standart çelik bilyeler ile beraber silindir içine konur ve silindire 30-33 devir/dk hız ile 500 devir yaptırılır. Deneyden sonra silindirden alınan malzeme

No:12 (1,7 mm) elekten elenir. Elekten geçen malzemenin deneye başlarken alınan malzemeye oranı aşınma yüzdesini verir.



Şekil 3.43. Los angeles aşınma deneyi

***Hesaplamalar***

Los Angeles Aşınma kaybı (3.21)'de verilen eşitlik ile bulunur.

$$M_a\ (\%) = (M_1 - M_2) / M_1 \times 100 \qquad (3.22)$$

Burada;

$M_a$= Aşındırma Yüzdesi (%)

$M_1$= Tambura giren malzeme (g)

$M_2$= Numunenin 500 devir sonrası No: 12 (1,7 mm) elek üzerinde kalan ağırlığı (g)

**3.2.4.2.Metilen Mavisi (Kirlilik Oranı Tayini, TS EN 933-9)**

İnce agregadaki kil içeriğinin belirlenmesi için, başka bir deyişle kirlilik oranını belirlemek için yapılır. Bir kabın içerisine 500 g saf su ve No:10 (2 mm)

elekten geçirilmiş 200 g numune atılarak 5 dakika karıştırılır. Süre sonunda 5 ml metilen boyası eklenirken pipetle bir damla numune alınıp filtre kağıda damlatılır. Bu işlem birkaç kez tekrar edilir. Kağıt üzerindeki damlanın etrafında haleler görünmeye başlandığı an deney sonuçlandırır. Toplam damlatılan metilen mavisi eklenen numune miktarına bölünerek kirlilik oranı tespit edilir.

Deneyde; 400-600 dv/dk karışım yapabilen, Ø= 70 mm olan 4 kanatlı pervaneye sahip karıştırıcı, Metilen mavisi kimyasal tozu, filtre kağıt, No: 10 (2 mm) elek, sürekli olarak %0,1 duyarlıkta tartım yapabilen bir tartım aleti, pipet ve şırınga kullanılır. Deneye başlamadan önce metilen mavisi solisyonu hazırlanır. Solisyonun hazırlanacağı kap hassas terazinin üzerine konularak içine 1 kg saf su eklenir. Üstüne 10 gr metilen mavisi kimyasal tozu dökülür. Elde edilen bu karışım metilen mavisi karıştırıcısında 600 dv/dk olacak şekilde 45 dakika boyunca karıştırılır. Solisyon hazır hale gelir.

Ocaktan alınan 0-5 kum kaba konularak homojen şekilde karıştırılıp 100±5$^{o}$C etüve konulur. Kurutulmuş numune No:10 (2 mm) elekten geçirilir. 2000 ml kap hassas terazi üstüne koyularak darası alınır. İçine 500 g su ve 200 g No:10 (2 mm) elekten elenmiş 0-5 kum ilave edilir ve karıştırıcıya koyulur. Karıştırıcı kabın dibine 1-2 mm kalacak şekilde ortalanarak yerleştirilir. Daha sonra 600 devire ayarlanarak 5 dakika boyunca karıştırılır (Şekil 3.44).



Şekil 3.44. No: 10 (2 mm) elekten geçirilecek 0-5 kum

5 dakika sonunda şırınga ile çekilen metilen mavisi solisyonu kabın içine enjekte edilir. Karıştırıcı deviri 400'e alınarak 1 dakika boyunca karıştırılmaya devam edilir. 1 dakika sonunda cam pipet ile karışım devam ederken kabın içinden bir damla alınarak filtre kağıdın üstüne damlatılır. Aynı anda şırınga ile 5 ml daha karışıma ilave edilerek 1 dakika daha karıştırılmaya bırakılır.

Kağıt üzerinde oluşan mavi damlacığın 8-12 mm arasında olmasına, fazla dağılmamasına dikkat edilir. Her damladan sonra filtre kağıt üzerinde açık mavi turkuaz rengi şeklinde haleler oluşmasına bakılır. Tekrar 1 dakikanın sonunda pipet yardımıyla bir damla alınarak filtre kağıt üzerine damlatılılır ve 5 ml metilen mavisi daha karışıma eklenerek karıştırılmaya bırakılır. Bu işlem damlacıkların etrafında açık mavi haleler görülene kadar devam eder (Şekil 3.45).



Şekil 3.45. Metilen mavisi deneyi

Haleler göründükten sonra TS EN 933-9 a göre karışıma metilen mavisi eklemeden 1 dakika daha devam edilerek teyit için bir damla numune alınır. Bu işlem 3-4 defa devam eder. Eğer bu halelerde kaybolma olursa tekrardan 5 ml metilen mavisi şırınga ile karışıma ilave edilerek 1 dakika daha karıştırılıp tekrardan numune alınarak gözlemlenir. Alınan sonuçlara göre kirlilik oranı aşağıdaki gibi hesaplanır.

***Hesaplamalar***

Damlatılan toplam solisyon miktarı (teyit için damlatılan miktar, Örneğin 5 defa teyit için damlatıldı 25 ml yerine 5 ml) olarak alınır.

$$M.B = ( Ms / Mn ) \times 10 \quad (3.23)$$

Burada;

M.B= Metilen Boyası (ml/g)

Ms=Toplam damlatılan solisyon miktarı (ml)

Mn= Numune miktarı (g)

**3.2.4.3. Elek Analizi**

Eleme, tanelerin belirli büyüklükteki delik veya açıklıklardan geçebilme veya geçememe özelliğine dayanarak yapılan bir boyuta göre sınıflandırma işlemidir. Elek analizi deneyinin amacı farklı boyutlardaki agregaların tane boyu dağılımını belirlemektir. Bu deney yapılırken Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre ASTM E 11 elek serisi kullanılır (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10. ASTM E 11 elek serisi (Çizelge 3.3'de bahsedilen)

| Amerikan Elekleri (ASTM E 11) | | | |
|---|---|---|---|
| Elek No | Elek Açıklığı | Elek No | Elek Açıklığı |
| 3" | 75 mm | No: 16 | 1.18 mm |
| 2" | 50 mm | No: 20 | 0.85 mm |
| 1 ½" | 37,5 mm | No: 30 | 0.60 mm |
| 1" | 25 mm | No: 40 | 0.425 mm |
| ¾" | 19 mm | No: 50 | 0.300 mm |
| 3/8" | 9.5 mm | No: 60 | 0.250 mm |
| No: 4 | 4.75 mm | No: 80 | 0.180 mm |
| No:8 | 2.36 mm | No: 100 | 0.150 mm |
| No: 10 | 2 mm | No: 200 | 0.075 mm |

Deneylerde 0,01 g hassasiyetle ölçüm yapabilen terazi, sürekli olarak 105$^{o}$C (±5$^{o}$C) sıcaklık sağlayabilen etüv, tepsi, kürek, fırça gibi ekipmanlar

kullanılır (Şekil 3.46). Eleme işlemi, elle veya otomatik olarak yapılabilir. Elle elemede, elekler teker teker kullanılır. Otomatik elemede ise bir elek sarsma makinesinden yararlanılır.



Şekil 3.46. Hasas terazi, etüv ve agrega eleme işlemi

Tane boyu dağılımına bakılmak için getirilen agregalar ilk olarak bir kap içine konularak kurutulmak üzere etüve alınır. 24 saat kurutulduktan sonra ASTM E 11 elek serisinden geçirilir. Elek üstünde kalan ve eleklerin altına geçen değerler tartılarak kayıt edilir (Şekil 3.47). Projede kullanılan agregaların elek analizi sonuçları örnek olarak Çizelge 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.47. Agreglara ait elek analizi deneyi yapımı

Çizelge 3.11. Elek analizi formu örneği

| AGREGA GRUBU | ELEK NO | | Kümülatif Kalan | % Kalan | % Geçen | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | inç | mm | | | | |
| 19 - 38 | 1 1/2 | 37,5 | 0 | 0 | 100 | 8299 |
| | 1 | 25 | 4500 | 54,7 | 45,3 | |
| | 3/4 | 19 | 7681 | 93,3 | 6,7 | Kuru Numune(gr) |
| | 1/2 | 12,5 | 8203 | 99,7 | 0,3 | |
| 12 - 19 | 1 | 25 | 0 | 100 | 100 | 3188 |
| | 3/4 | 19 | 0 | 100 | 100 | |
| | 1/2 | 12,5 | 2500 | 78,4 | 21,6 | Kuru Numune(gr) |
| | 3/8 | 9,5 | 3174 | 99,6 | 0,4 | |
| 5 - 12 | 1/2 | 12,5 | 0 | 100 | 100 | 1761 |
| | 3/8 | 9,5 | 290 | 17,4 | 82,8 | |
| | NO: 4 | 4,75 | 1128 | 67,5 | 32,5 | Kuru Numune(gr) |
| | NO: 10 | 2 | 1653 | 98,9 | 1,1 | |
| | NO: 40 | 0,425 | 1657 | 99,2 | 0,8 | |
| 0 - 5 (1. Elek ) | NO: 4 | 4,75 | 0 | 100 | 100 | 861 |
| | NO: 10 | 2 | 303,7 | 35,3 | 64,7 | |
| | NO: 40 | 0,425 | 642,3 | 74,6 | 25,4 | Kuru Numune(gr) |
| | NO: 80 | 0,180 | 742,3 | 862 | 13,8 | |
| | NO: 200 | 0,075 | 789,8 | 91,7 | 8,3 | |
| 0 - 5 ( 2. Elek ) | NO: 4 | 4,75 | 0 | 100 | 100 | 717 |
| | NO: 10 | 2 | 285,3 | 39,8 | 66,2 | |
| | NO: 40 | 0,425 | 534,2 | 74,5 | 25,5 | Kuru Numune(gr) |
| | NO: 80 | 0,180 | 606,3 | 84,6 | 15,4 | |
| | NO: 200 | 0,075 | 643,6 | 89,8 | 10,2 | |

### 3.2.5. PMAT (Plent Mix Alt Temel) ve PMT (Plent Mix Temel)

Üstyapı çalışmalarının ilk tabakalarını alttemel ve temel tabakaları oluşturur. Bir plentte su ile belirli oranlarda agregaların mikser yardımıyla karıştırılarak bir araya getirilmesiyle oluşturulan dizaynlara plentt mix alttemel ve plent mix temel denilmektedir.

#### 3.2.5.1. Plent Mix Alttemel (PMAT)

Çizelge 3.12'de belirtilen gradasyon limitleri içerisinde sürekli gradasyon verecek şekilde hazırlanan malzemenin su ile karıştırılarak, ince tesviyesi tamamlanmış dolgu veya yarmadan oluşan üstyapı tabanı üzerine bir veya birden fazla tabakalar halinde, projede belirtilen plan, profil ve enkesitlere uygun olarak serilip sıkıştırılmasıyla oluşturulan alttemel tabakasıdır.

Çizelge 3.12. Alttemel malzemesi gradasyon limitleri (KTŞ, 2013)

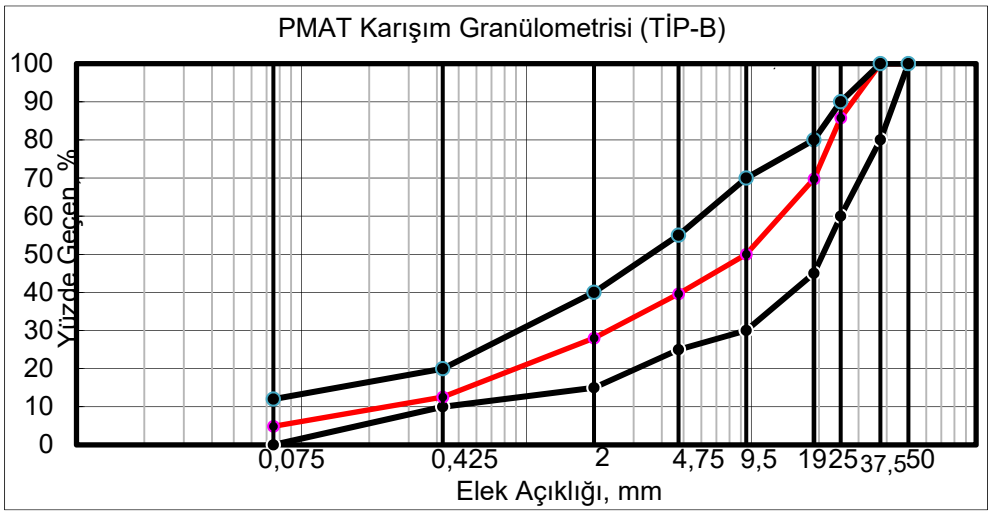
| Elek açıklığı | | TİP-A | TİP-B |
|---|---|---|---|
| İnç | mm | % Geçen | % Geçen |
| 3 | 75 | 100 | |
| 2 | 50 | - | 100 |
| 1 ½ | 37,5 | 85 - 100 | 80 - 100 |
| 1 | 25 | - | 60 - 90 |
| 3/4 | 19 | 70 - 100 | 45 – 80 |
| 3/8 | 9,5 | 45 - 80 | 30 - 70 |
| No: 4 | 4,75 | 30 - 75 | 25 – 55 |
| No: 10 | 2,00 | - | 15 – 40 |
| No: 40 | 0,425 | 10 - 25 | 10 – 20 |
| No: 200 | 0.075 | 0 - 12 | 0 - 12 |

Alttemel malzemesi, kum-çakıl ocaklarından sağlandığında malzemenin gradasyonu Tip-A gradasyon limitlerine uyacaktır. Alttemel malzemesinin kum-çakıl veya taş ocaklarından kırılarak hazırlanması durumunda malzemenin

gradasyonu Tip-B gradasyon limitlerine uygun olacaktır. Bu limitlere göre karışım yapılacak ve serim işlemi gerçekleştirilecektir. Bu projede Tip-B gradasyon limitleri kullanılmaktadır (Şekil 3.48 ve Şekil 3.49).

| PMAT TİP-B ELEK ANALİZİ ÖZETİ | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Agrega Grubu :** (0-5) (5-12) (12-19) (19-38) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Agrega :** Elvan Çelebi Taşocağı | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Max Tane Çapı / Dmax :**38mm | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGREGA GRADASYONU | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elek No | | 19-38 | | | 12-19 | | | 5-12 | | | 0-5 | | | Karışım Granülometresi | Şartname Limitleri | |
| | | YÜZDE | 37 | | YÜZDE | 14 | | YÜZDE | 12 | | YÜZDE | 37 | | | | |
| | | AĞIRLIK | 8675 | | AĞIRLIK | 5434 | | AĞIRLIK | 3681 | | AĞIRLIK | 1070 | | | Alt Limit | Üst Limit |
| inç | mm | ELEKTE KALAN (GR) | KALAN (%) | GEÇEN (%) | ELEKTE KALAN (GR) | KALAN (%) | GEÇEN (%) | ELEKTE KALAN (GR) | KALAN (%) | GEÇEN (%) | ELEKTE KALAN (GR) | KALAN (%) | GEÇEN (%) | | | |
| 3 | 75 | | | | | | | | | | | | | | 100 | 100 |
| 2 | 50 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | | | | | | | | | | 100,0 | 100 | 100 |
| 1 1/2 | 37,5 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | | | | | | | | | | 100,0 | 80 | 100 |
| 1 | 25 | 3.340,0 | 38,5 | 61,5 | | | | | | | | | | 85,8 | 60 | 90 |
| 3/4 | 19 | 7.083,0 | 81,6 | 18,4 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 100 | | | | 69,8 | 45 | 80 |
| 3/8 | 9,5 | 8.564,0 | 98,7 | 1,3 | 5.371,0 | 98,8 | 1,2 | 668,0 | 18,1 | 81,9 | | | | 47,5 | 30 | 70 |
| 4 | 4,75 | 8622,0 | 99,4 | 0,6 | 5.399,0 | 99,4 | 0,6 | 2.900,0 | 78,8 | 21,2 | 0,0 | 0,0 | 100 | 39,6 | 25 | 55 |
| 10 | 2 | | | | | | | 3.638,0 | 98,8 | 1,2 | 345,0 | 32,2 | 67,8 | 25,2 | 15 | 40 |

Şekil 3.48. PMAT gradasyon örneği




Şekil 3.49. PMAT karışım granülometrisi örneği

Kum-çakıl ocağında kırılacak malzemeler için No: 4 (4,75 mm) elek üzerinde kalan kısmının en az %50'sinin iki veya daha fazla yüzü kırılmış olacaktır. Kirlilik oranı ise yani M.B(Metilen Boyası)= 3,5 ml/g altında olmalıdır. Alttemel yapımında kullanılacak olan malzemenin diğer fiziksel özellikleri Çizelge 3.13'de belirtilen özelliklere sahip olacaktır.

Çizelge 3.13. Alttemel malzemesinin fiziksel özellikleri

| Deney Adı | | Şartname Limitleri | Deney Standardı |
|---|---|---|---|
| Hava tesilerine karşı dayanıklılık, $MgSO_4$ ile kayıp, (%) | | ≤ 25 ($MS_{24}$) | TS EN 1367 - 2 |
| Parçalanma Direnci (Los Angeles), (%) | | ≤ 45 ($LA_{45}$) | TS EN 1097 - 2 |
| Yassılık Indeksi, (%) | | 35 | BS 812 |
| | | ≤ 30 ($FI_{28}$) | TS EN 933 - 3 |
| Su Emme (Kaba ve ince agregada), (%) | | ≤ 3,5 ($WA_{24}3,5$) | TS EN 1097 - 6 |
| Likit Limit, (LL) | | ≤ 25 | TS EN 1900 – 1<br>AASHTO T 89 |
| Plastite İndeksi, (PI) | | ≤ 6 | TS EN 1900 – 1<br>AASHTO T 90 |
| Kil topağı ve dağılabilen dane oranı, (%) | | İri malzeme<br>(4,75 mm elek üstü)<br>≤ 2 | ASTM C 142 |
| Organik Madde, (%3 NaOH ile) | | Negatif | TS EN 1744 – 1 |
| Metilen Mavisi (MB), (g/kg) | İnce agreganın 0/2 mm'lik kısmına | ≤ 4,0 ($MB_{1,0}$)<br>≤ 5,5 ($MB_{5,5}$) | TS EN 933 - 9 |
| | Öğütülmüş magmatik agreganın 0/2 mm kısmına | ≤ 5,5 ($MB_{5,5}$) | |

Modifiye proktor deneyi (AASHTO T 180, TS 1900-1) ile bulunan maksimum kuru birim ağırlığın %98'ine kadar sıkıştırılan numunelerin yaş CBR değerleri Tip-A için minimum %30, Tip-B için ise minimum %50 olacaktır. Tek tip veya kazınmış asfalt malzemesi dahil iki veya daha fazla dane boyutu grubu ile

oluşturulacak alttemel malzemesinin su dahil plentte karıştırılıp finişer ile serilmesi durumunda bu malzeme plent-miks alttemel olarak tanımlacak ve Tip-B gradasyon limitlerine uyulacaktır.

***Sıkıştırma***

Altemel malzemesi Çizelge 3.14'de verilen değerler esas alınarak sıkıştırılacaktır. Sıkıştırma, çalışma ağırlığı en az 11.000 kg statik çizgisel yükü 30 kg/cm'den büyük, iki frekanslı vibrasyon sistemli düz bandajlı silindirler ve/veya lastik başına düşen yükü 3.500 kg'dan az olmayan lastik tekerlekli silindirlerle yapılarak, kullanılan malzeme ve serilen tabaka kalınlığın uygun sıkıştırma tekniği, işin başlangıcında belirlenecektir. Sıkıştırma, düşük kotlu kenardan eksene doğru yapılacaktır (Şekil 3.50).



Şekil 3.50. Lastik tekerlekli vabil ve vibrasyonlu silindir ile sıkıştırma

Arazinin kuru birim ağırlığının belirlenmesinde kullanılacak metotlar, Çizelge 3.15'de verilmiştir. Gerekli durumlarda sıkışma kontrolüne esas alınan laboratuvar maksimum kuru birim ağırlığında, AASHTO T 224'e göre iri agrega

oranındaki değişiklikten dolayı düzeltme yapılmalıdır. Bitmiş tabakanın, herhangi bir noktası ile tabakanın proje kotu arasında ±20 mm'den fazla kot farkı olmayacaktır.

Çizelge 3.14. Alttemel sıkıştırma kritelerleri

| | | | |
|---|---|---|---|
| TİP-B | Sıkışma, Minimum, (%) | 98 | Modifiye Proktor TS 1900, AASHTO T 180 |
| | Sıkışma, Minimum, (%) | 95 | Titreşimli Tokmak TS 1900-1, BS 1377 |
| | Optimum su içeriği, (%) | (Wopt -2)-Wopt | Modifiye Proktor TS 1900, AASHTO T 180 |
| | Optimum su içeriği, (%) | Wopt ±1 | Titreşimli Tokmak TS 1900-1, BS 1377 |

Çizelge 3.15. Arazi kuru birim hacim ağırlık tayin metotları

| Deney adı | | Malzemenin Maksimum Tane Boyutu | | Deney Standardı |
|---|---|---|---|---|
| | | inç | mm | |
| Kum Konisi Metodu | 6" çapında | 2 | 50 | TS 1900-1, AASHTO T 191 |
| | 12" çapında | 3 | 75 | TS 1900-1, AASHTO T 191 |
| Kasnak Metodu | 10" çapında | $1^{1/2}$ | 37,5 | AASHTO T 181 |
| | 12" çapında | 3 | 75 | AASHTO T 181 |
| Nükleer Metot | | $1^{1/2}$ | 37,5 | ASTM D 6938-10 AASHTO T 310-11 |

### 3.2.5.2. Plent Mix Temel (PMT)

PMT tabakası kırışmış çakıl, cüruf, kırma taş ve ince malzeme kullanılarak Çizelge 3.16'da verilen gradasyon limitleri içerisinde sürekli gradasyon verecek şekilde kaba ve ince olmak üzere en az üç ayrı tane boyutu grubunun uygun oranda su ile bir plentte karıştırılmasıyla hazırlanan malzemenin plent mix alttemel tabakası üzerine projesinde belirtilen plan, profil ve enkesitlere uygun olarak bir ya da birden fazla tabakalar halinde serilip sıkıştırılmasıyla oluşturulan tabakadır.

Çizelge 3.16. Plent-Miks Temel tabakası gradasyon limitleri (KTŞ, 2013)

| Elek açıklığı | | % Geçen | |
|---|---|---|---|
| İnç | mm | Tip - I | Tip - II |
| 1 ½ | 37,5 | 100 | |
| 1 | 25 | 72 - 100 | 100 |
| 3/4 | 19 | 60 - 92 | 80 – 100 |
| 3/8 | 9,5 | 40 – 75 | 50 - 82 |
| No: 4 | 4,75 | 30 - 60 | 35 – 65 |
| No: 10 | 2,00 | 20 - 45 | 23 – 50 |
| No: 40 | 0,425 | 8 – 25 | 12 -30 |
| No: 200 | 0.075 | 0 – 10 | 2 - 12 |

Temel yapımında kullanılacak olan malzemenin kaba kısmı No: 4 (4,75 mm) elek üzeri Çizelge 3.17'de verilen özelliklere sahip olacaktır. Kaba agregada donmuş malzeme ve herhangi bir nedenle karışmış yabancı malzeme bulunmayacaktır.

Temel yapımında kullanılacak olan malzemenin ince kısmı No: 4 (4,75 mm) elekten geçen Çizelge 3.18'de verilen özelliklere uygun olacaktır. Doğal veya kırılmış çakıl, kırma taş, doğal kum, cüruf kumu veya benzeri malzemeler ya da bunların karışımından olacaktır. İçinde herhangi bir nedenle karışmış yabancı malzeme bulunmayacaktır. Kirlilik oranı ise yani M.B(Metilen Boyası)= 3,0 ml/gr altında olmalıdır.

Çizelge 3.17. Temel yapımında kullanılacak kaba agreganın fiziksel özellikleri

| Deney Adı | | Şartname Limitleri | Deney Standardı |
|---|---|---|---|
| Hava tesilerine karşı dayanıklılık, $MgSO_4$ ile kayıp, (%) | | ≤ 25 ($MS_{24}$) | TS EN 1367-2 |
| Parçalanma Direnci (Los Angeles), (%) | | ≤ 45 ($LA_{45}$) | TS EN 1097-2 |
| Yassılık Indeksi, (%) | | 35 | BS 812 |
| | | ≤ 30 ($FI_{28}$) | TS EN 933-3 |
| Su Emme (Kaba ve ince agregada), (%) | | ≤ 3,5 ($WA_{24}$3,5) | TS EN 109 -6 |
| Likit Limit, (LL) | | ≤ 25 | TS EN 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| Plastite İndeksi, (PI) | | ≤ 6 | TS EN 1900-1<br>AASHTO T 90 |
| Kil topağı ve dağılabilen dane oranı, (%) | | İri malzeme<br>(4,75 mm elek üstü)<br>≤ 2 | ASTM C 142 |
| Organik Madde, (%3 NaOH ile) | | Negatif | TS EN 1744-1 |
| Metilen Mavisi (MB), (g/kg) | İnce agreganın 0/2 mm'lik kısmına | ≤ 4,0 ($MB_{1,0}$)<br>≤ 5,5 ($MB_{5,5}$) | TS EN 933-9 |
| | Öğütülmüş magmatik agreganın 0/2 mm kısmına | ≤ 5,5 ($MB_{5,5}$) | |

Çizelge 3.18. Temel yapımında kullanılacak ince agreganın fiziksel özellikleri

| Deney Adı | | Şartname Limitleri | Deney Standardı |
|---|---|---|---|
| Likit Limit, (LL) | | NP | TS EN 1900-1<br>AASHTO T 89 |
| Plastite İndeksi, (PI) | | NP | TS EN 1900-1<br>AASHTO T 90 |
| Organik Madde, (%3 NaOH ile) | | Negatif | TS EN 1744-1 |
| Metilen Mavisi (MB), (g/kg) | İnce agreganın 0/2 mm'lik kısmına | ≤ 3,0 ($MB_{3,0}$)<br>≤ 4,5 ($MB_{4,5}$) | TS EN 933-9 |
| | Öğütülmüş magmatik agreganın 0/2 mm kısmına | ≤ 4,5 ($MB_{4,5}$) | |

Üstyapı projelendirme veya üstyapı takviye raporlarında verilmiş plent-miks temel tabakası kalınlığının 15 cm ve üzerinde olması durumunda PMT Tip-1, 15 cm'den düşük olması durumunda ise PMT Tip-1 veya Tip-2 kullanılmaktadır.

Karışımda kullanılacak olan su miktarı titreşimli tokmak (TS 1900-1, BS 1377) ile bulunan optimum su içeriğinden Wopt ±0,5 veya modifiye proktor (TS 1900-1 AASHTO T 180 ) deneyi ile bulunan optimum su içeriğinden (Wopt-1) - Wopt aralığında olacaktır.

Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan ve Modifiye proktor deneyi (AASHTO T 180, TS 1900) yöntemi ile bulunan maksimum kuru birim ağırlığının %100'üne sıkıştırılmış numunelerin yaş CBR (AASHTO T 193, TS 1900-2) değerleri %120'den az olmayacaktır. Ana gradasyon limitleri içersinde kalmak koşuluyla, işyeri karışım gradasyonuna uygulanacak limitler Çizelge 3.19'da verilmiştir (KTŞ, 2013).

Çizelge 3.19. Dane büyüklüğüne bağlı olarak tolerans limitleri

| Dana Büyüklüğü | Tolerans Limitleri |
|---|---|
| No: 4 (4,75 mm) ve daha büyük elekler için | ±7 |
| No: 4 (4,75 mm) – No: 200 (0,075 mm) arası elekler için | ±5 |
| No: 200 (0,075 mm) elek için | ±2 |

***Sıkıştırma***

Karışım yola serili serilmez silindiraja başlanacaktır. İstenilen sıkışmanın sağlanabilmesi için kullanılacak makine ve geçiş sayıları denenerek belirlenecektir. Sıkıştırma, çalışma ağırlığı en az 11.000 kg statik çizgisel yükü 30 kg/cm'den büyük, iki frekanslı vibrasyon sistemli düz bandajlı silindirler ve/veya lastik başına düşen yükü 3.500 kg'dan az olmayan lastik tekerlekli silindirlerle yapılacaktır. Sıkıştırma, düşük kotlu kenardan eksene doğru yapılacaktır. Arazide sıkışma kontrolü Çizelge 3.20'de verilen metotlardan birisi yapılacaktır.

Yeterli sıkıştırma ile erişilmesi istenen minimum sıkışma yüzdeleri Çizelge 3.21'de verilmiştir. Bitmiş tabakanın, herhangi bir noktası ile tabakanın proje kotu arasında ±20 mm'den fazla kot farkı olmayacaktır (Şekil 3.51).




Şekil 3.51. Silindir ve vabin ile sıkıştırma

Çizelge 3.20. Arazi kuru birim hacim ağırlık tayin metotları (KTŞ, 2013)

| Deney adı | | Malzemenin Maksimum Tane Boyutu | | Deney Standardı |
|---|---|---|---|---|
| | | inç | mm | |
| Kum Konisi Metodu | 6" çapında | 2 | 50 | TS 1900-1, AASHTO T 191 |
| | 12" çapında | 3 | 75 | TS 1900-1, AASHTO T 191 |
| Kasnak Metodu | 10" çapında | $1^{1/2}$ | 37,5 | AASHTO T 181 |
| | 12" çapında | 3 | 75 | AASHTO T 181 |
| Nükleer Metot | | $1^{1/2}$ | 37,5 | ASTM D 6938-10 AASHTO T 310-11 |

Çizelge 3.21. Temel sıkıştırma kritelerleri (KTŞ, 2013)

| | | |
|---|---|---|
| Minimum Sıkışma, (%) | 100 | Modifiye Proktor<br>TS 1900-1, AASHTO T 180 |
| | 97 | Titreşimli Tokmak<br>TS 1900-1, BS 1377 |
| Optimum su içeriği, (%) | W(opt -1) - Wopt<br>Wopt ±0,5 | Modifiye Proktor<br>Titreşimli Tokmak |

Bu projede arazi kuru birim hacim ağırlık tayininde kum konisi metodu kullanılmadır. Laboratuvarda PMAT ve PMT dizaynlarına yapılan CBR deney sonuçları elde edilen kuru birim hacim ağırlık ile arazide tayin edilen kuru birim hacim ağırlık karşılaştırılarak KTŞ'de verilen uygun sıkışma kriterleri elde edilerek optimum zemine ulaşılması hedeflenir.

# 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Tez çalışması boyunca Karayolları Teknik Şartnamesi gözetilerek çalışmalar yürütülmüştür. Projenin ilerleyişine göre Km: 11+500 ile Km: 23+600 arasında çalışılmıştır. Yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular bu aralığa aittir.

## 4.1. Zemin Analizlerinin Yapılması (Deneyleri ve Sonuçları)

Zemin analizlerini yapmak üzere ilk olarak projeye göre dolgu bölümüne denk gelen Km: 23+600'den, terasman kotunun 80 cm altından 40 kg numune alınmıştır. Alınan numuneye sırasıyla aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

### 4.1.1. Elek Analizleri ve Kıvam Limitleri Yapımı

***Elek Analizi***

Alınan numune No:4 (4.75mm) eleğinden Araştırma Teknisyeni Sefer AKKAYA gözetiminde geçirilmiştir. Kaba kısım d=309 g olarak tespit edilmiştir. Numuneler şu deneylerin yapımı için ayrılmıştır.

- 7.5 kg Proktor için numune hazırlandı (3 adet proktor deneyi)
- 6 kg CBR ve 1.5 kg yıkama ve fazlalık malzeme



Şekil 4.1. Elek analizi deneyi

Elek analizinden sonra yapılacak deneylere göre ayrılan numuneler 24 saat kurutulmak üzere etüve atılmıştır. Elek analizi sonuçları Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Buna göre alınan numunenin **A-7-6 killi topraklar** ve taban için orta-zayıf malzeme olduğu tespit edilmiştir.

**ELEK ANALİZİ VE KIVAM LİMİTLERİ**

KM : 23+600
ALINDIĞI YER : Sol Platform
LAB. NO :

Tarih : 10.10.2018 | Malzeme Cinsi : Yarma Tabanı

| I TARTILAR | | | II SU İÇERİĞİ | | | III No.4 ELEKTEN GEÇEN BÖLÜNMÜŞ NUMUNE | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Numune + Kap Ağırlığı | a | 0,0 | Kap + Yaş Numune Ağırlığı | a | 1.200,0 | Kap + Yaş Numune Ağırlığı | a | 1.633,0 |
| Kap Ağırlığı | b | 0,0 | Kap + Kuru Numune Ağırlığı | b | 1.200,0 | Kap + Kuru Numune Ağırlığı | b | 1.633,0 |
| Numune Ağırlığı | c= a-b | 0,0 | Su Ağırlığı | c = a-b | 0,0 | Su Ağırlığı | c = a-b | 0,0 |
| Kaba Kısım | d | 309,0 | Kap Ağırlığı | d | 533,0 | Kap Ağırlığı | d | 833,0 |
| İnce Kısım | e | 11.125,0 | Kuru Numune Ağırlığı | e = b-d | 667,0 | Kuru Numune Ağırlığı | e = b-d | 800,0 |
| Düzeltilmiş İnce Kısım ((IIex100) / (100+W)) | f = | 11.125 | W(Su İçeriği) = ( (IIcx100) / IIe ) | | % 0,00 | Toplam Kuru Numune Ağırlığı Id + If | L = | 11.434 |

| Inch | | mm | ELEKTE KALAN (g) | TOPLAM ELEKTE KALAN A (g) | TOPLAM ELEKTE KALAN B = (A x 100) / L (%) | TOPLAM ELEKTEN GEÇEN C = 100-B (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3" | | 75 | | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| 2" | | 50 | | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| 1 1/2" | | 37.5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| 1" | | 25 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| 3/4" | | 19 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| 3/8" | | 9.5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| No:4 | | 4.75 | 309,0 | 309,0 | 2,7 | 97,3 |
| | | | D | E | F = Ex100 / IIIe | G= FxC(No:4 elek)/100 | H = C (No:4 elek) -100 |
| No:10 | | 2 | 3,0 | 3,0 | 0,4 | 0,4 | 96,9 |
| No:40 | | 0.425 | 18,0 | 21,0 | 2,6 | 2,6 | 94,7 |
| No:200 | | 0.075 | 84,3 | 105,3 | 13,2 | 12,8 | 84,5 |

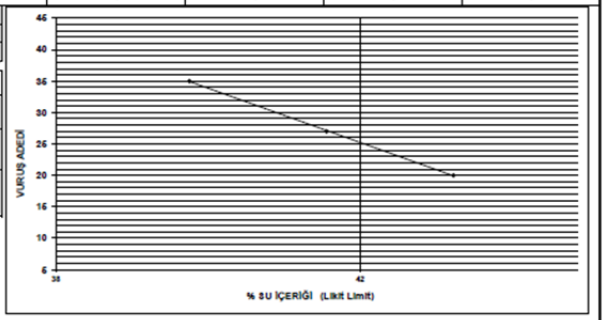
**FİZİKİ DENEYLER**

| | | Likit Limit (LL) | | | Plastik Limit (PL) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Deney No:1 | Deney No:2 | Deney No:3 | Deney No:1 | Deney No:2 |
| Kap No: | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Vuruş Adedi | | 35 | 27 | 20 | | |
| Kap+Yaş Numune Ağırlığı (A) | g | 59,16 | 49,11 | 54,88 | 39,25 | 36,39 |
| Kap+Kuru Numune Ağırlığı (B) | g | 51,94 | 41,91 | 47,39 | 37,62 | 35,06 |
| Kap Ağırlığı (C) | g | 33,68 | 24,40 | 29,80 | 30,38 | 29,00 |
| Kuru Numune Ağırlığı D = (B-C) | g | 18,26 | 17,51 | 17,59 | 7,24 | 6,06 |
| Su İçeriği W = (A-B) / Bx100 | % | 39,54 | 41,12 | 42,58 | 22,51 | 21,95 |

| | | |
|---|---|---|
| Likit Limit | LL | 42 |
| Plastik Limit | PL | 22 |
| Plastisite İndeksi | PI | 20 |

| AÇIKLAMALAR | |
|---|---|
| Sınıfı | A-7-6 |
| Birleştirilmiş Önemli Malzemeler | Killi Topraklar |
| Taban İçin Yararlılık Derecesi | ORTA - ZAYIF |

▲ LL ( 25 Darbeye Karşılık Gelen )




Şekil 4.2. Km: 23+600, elek analizi ve kıvam limitleri sonuçları

***Likit Limit ve Plastite İndeksi***

Likit limit ve Plastite İndeksi belirlenmek üzere bir kabın içerisinde uygun miktarda nemlendirme ile kibrit kutusu şeklinde numunemiz hazırlanmıştır.



Şekil 4.3. Likit limit ve plastite indeksi için numune hazırlama

Daha sonra 24 saat bekletilmek üzere desikatöre konulmuştur. Desikatörün alt kısmında bir miktar su bulunmaktadır. Amaç havasız ortamda hazırlanan numunenin kılcal damarlarına kadar nemlenmesidir. 24 saat sonra hazır olan numune alınıp kabın içinde spatula ile karıştırılarak göz kararı ıslatılmıştır. Daha sonra Casagrande deney aleti üzerine 1 cm yüksekliği geçmeden stapula ile yayılarak koyularak oyuk açma bıçağı ile ortadan yarık açılmıştır. Casagrande deney aleti çevrilerek oyuğun kapanmaya başladığı ilk anda vuruş sayısı kaydedilip bir miktar numune alınmıştır. Alınan numunenin su muhtevası etüvde kurutularak belirlenmiştir. Bu işlem birkaç defa yapılmıştır. Deney sonunda logaritmik ölçekli vuruş sayısı-su muhtevası grafiği çizilmiştir.

Plastik limiti belirmek üzere 5 cm genişliğinde 3 mm kalınlığında yuvarlanmıştır. Çatlaklar oluşmaya başladığı anda rutubet kabına koyulup ağırlığı tartılmıştır (Şekil 4.4). Çatlama olmasaydı hiç plastik limite geçmeden non-plastik

(çatlakların gözle plastik özellik vermediği durumda) sergilemediği kanısına varılacaktı.

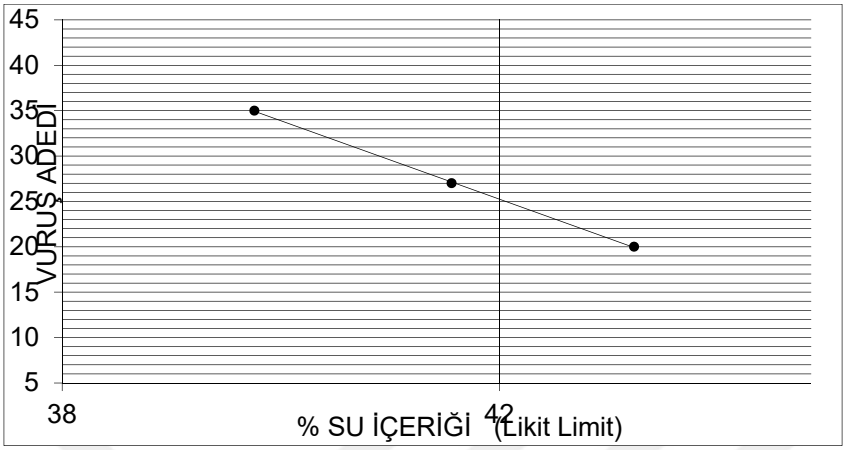


Şekil 4.4. Likit limit deneyi ve darbe makinesi Plastik İndeksi deneyi

Fakat numune alınarak 24 saat bekletilmek üzere etüve atılmıştır. Plastite indeksini belirlemek için numune nemlendirilip darbe makinesine konulmuştur.

- İlk vuruş deneyi 25-35 darbe arası olmalı
- İkinci vuruş deneyi 20-30 arası olmalı
- Üçüncü vuruş deneyi 15-25 arası olmalı

Belirlenen aralıklar arasında olduğunda plastite indeksini belirlemek üzere numune alınarak etüve konmuştur. Likit limit ve plastite indeksi sonuçları ve grafiği Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Buna göre grafikten 25 vuruşa karşılık gelen, **LL=42 ve PI= 22** olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.5).




Şekil 4.5. Km: 23+600, likit limit grafiği

### 4.1.2. Proktor Deneyi (Standart) Yapımı

Alınan 2,5 kilogramlık numune tecrübelere göre önce %12, sonra %15, nemlendirilmiştir. Maksimum kuru birim hacim ağırlık bu bölümde neredeyse çıkmıştı. Fakat su miktarını %17 yapıp bunu kesinleştirmek için tekrar nemlendirilmiştir. Daha sonra silindir kabın içine dökülerek 3 tabaka halinde 25'er tokmak darbesi vurulmuştur. Kabın içinde kalan numuneden örnek alınarak 24 saat kurutulmak üzere etüve konmuştur.



Şekil 4.6. Standart proktor deneyi, numune nemlendirme işlemi ve tokmak vuruşu

Proktor (standart) deneyi sonuçları Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Buna göre Maksimum kuru birim hacim ağırlık= **1,718 g/cm$^3$** ve Optimum su muhtevası, (Wopt)= **%15,09** olarak bulunmuştur.

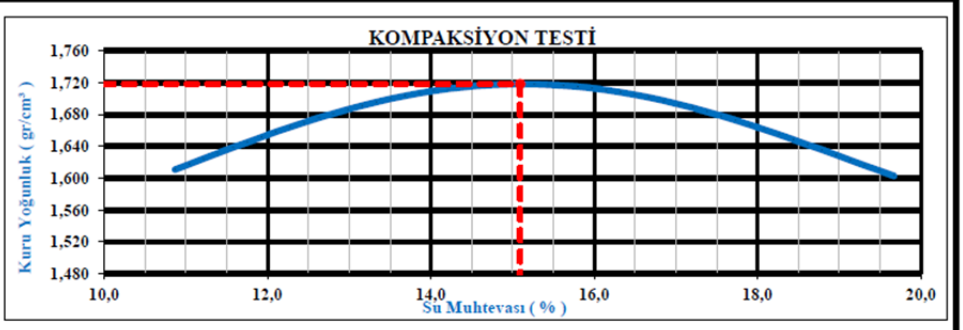
| | | | |
|---|---|---|---|
| **Proje Adı** | : (Çorum - Merzifon) Ayr. - Mecitözü - (Amasya - Turhal) Ayr. Yolu Km: 0+000 - 61+841,27 | Deney No | : |
| | | Alındığı Derinlik | : |
| **MÜTEAHHİT** | : **Yedigöze İnşaat + Sigma İnşaat İş Ortaklığı** | **Deney Tarihi** | : **10.10.2018** |
| Zeminin Cinsi | : | Alındığı Km: | **23+600** |
| Vuruş / Tabaka | : 25 | Çap ( cm ) | : 105,5 |
| Tabaka Sayısı | : 3 | Yükseklik ( cm ) | : 115,5 |
| Tokmak Ağırlığı , ( kg ) : | 2.5 kg | Hacim ( cm³ ) | : 944 |

**STANDART PROKTOR**

**Optimum Su Muhtevasının Bulunması**

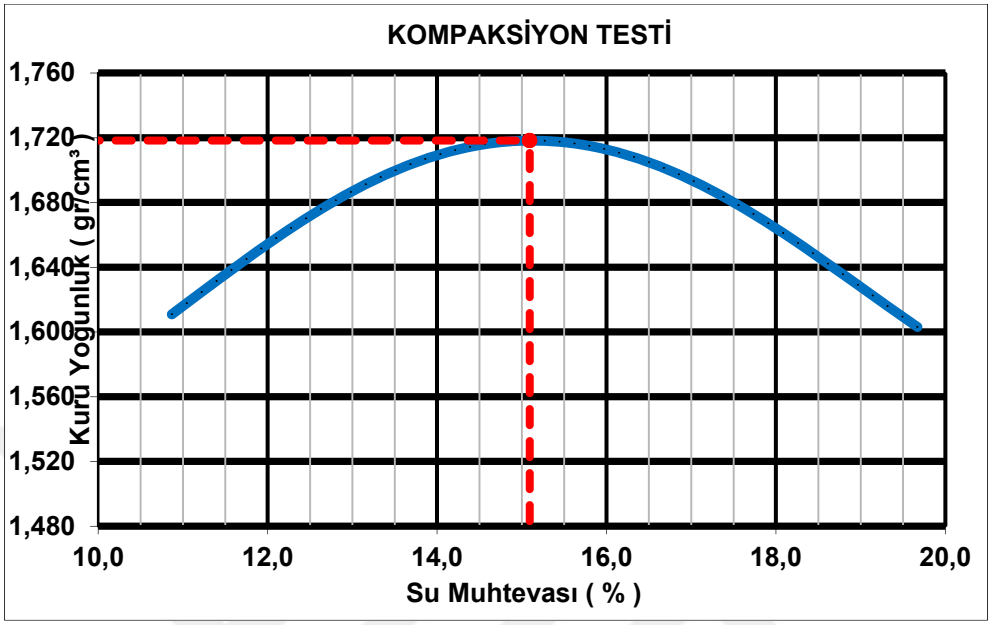
| Or. Num no. | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kap no | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Kap ağırlığı gr. | 545,00 | 545,00 | 610,00 | 610,00 | 538,00 | 538,00 | 533,00 | 533,00 | 336,00 | 336,00 |
| Islak Z.+Kap g | 901,0 | 901,0 | 1043,0 | 1043,0 | 842,1 | 842,1 | 972,0 | 972,0 | 698,0 | 698,0 |
| Kuru Z.+Kap g. | 866,1 | 866,1 | 993,3 | 993,3 | 802,2 | 802,2 | 908,0 | 908,0 | 638,5 | 638,5 |
| Su ağırlığı gr. | 34,90 | 34,90 | 49,70 | 49,70 | 39,90 | 39,90 | 64,00 | 64,00 | 59,50 | 59,50 |
| Zemin ağırlığı gr. | 321,10 | 321,10 | 383,30 | 383,30 | 264,20 | 264,20 | 375,00 | 375,00 | 302,50 | 302,50 |
| Su muhT. w % gr. | **10,87** | **10,87** | **12,97** | **12,97** | **15,10** | **15,10** | **17,07** | **17,07** | **19,67** | **19,67** |

| Tahm. Su muh. % | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 17,0 | 19,0 |
|---|---|---|---|---|---|
| Su muhT. w % gr. | 10,87 | 12,97 | 15,10 | 17,07 | 19,67 |
| Kalıp + Zemin g | 3344 | 3456 | 3525 | 3528 | 3469 |
| Kalıp ağır gr. | 1658 | 1658 | 1658 | 1658 | 1658 |
| Zemin gr. Mws | 1686 | 1798 | 1867 | 1870 | 1811 |
| Doğ. BHA gr/cm³ g | 1,786 | 1,905 | 1,978 | 1,981 | 1,918 |
| Kuru gr/cm³ g kuru | 1,611 | 1,686 | 1,718 | 1,692 | 1,603 |




| | |
|---|---|
| **Optimum Su Muhtevası ( Wopt. % ) :** | **15,09** |
| **Maks. Kuru Birim Ağırlık ( gr./cm³ ) :** | **1,718** |

Şekil 4.7. Km: 23+600, proktor (standart) deneyi sonuçları




Şekil 4.8. Km: 23+600, kuru yoğunluk ve su muhtevası grafiği

Şekil 4.8'deki grafiğe baktığımıza; sol tarafta, zeminde yeterli su bulunmadığı için, daneler arası sürtünme kuvvetleri nedeniyle danelerin daha az boşluklu yerleşmek üzere hareket etmeleri zordur. Yani, su daneler arası bir tür yağlama etkisi yapmaktadır. Sağ tarafta, zeminde fazla su bulunduğundan ve suyun da pratik olarak sıkışmaz olmasından dolayı, yine zeminin boşluk hacmi fazla azaltılamamaktadır. Üst bölgede ise, sıkışma en yüksek olmakta, kuru yoğunluk maksimum değere ulaşmaktadır. Kuru yoğunluğun (diğer bir deyişle sıkıştırmanın) en yüksek olduğu (maksimum kuru yoğunluk, γdmax ) durumdaki su içeriğine, optimum su içeriği (Wopt) denilir.

En iyi sıkıştırma optimum su içeriğinde elde edildiği için, arazideki sıkıştırma; sıkıştırılacak zeminin optimum su içeriğine sahip olması sağlanarak yapılır.

### 4.1.3. CBR (California Bearing Ratio, Kaliforniya Taşıma Oranı) ve Şişme

6 kg malzemeye optimum su muhtevası (önceden belirlenmiş) %15,1'i yani 906 g su ilave edilmiştir. 3 tabaka halinde 56'şar darbe vurulmuştur. Daha sonra şişme değerine bakılmak üzere 4 gün sulu ortama bırakılmıştır (Şekil 4.9). Her gün aynı saatte 4 gün boyunca şişme miktarları milimetrik olarak okunup kayıt edilmiş ve şişme miktarı belirlemiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.9. Sulu ortam ve basınç makinesi

| ŞİŞME ÖLÇMELERİ | | | |
|---|---|---|---|
| Tarih ve Saat | Süre(h) | Şişme mm. | |
| | 0 | 0 | |
| 12.10.2018 | 24 | 5,28 | |
| 13.10.2018 | 48 | 5,45 | |
| 14.10.2018 | 72 | 6,14 | |
| 15.10.2018 | 96 | 6,18 | |

Şekil 4.10. Km: 23+600' e ait şişme ölçümleri

Sulu ortamdan çıkarıldıktan sonra 10-15 dk yatık şekilde bekletilmiş, daha sonra CBR deney cihazına yerleştirilmiştir. CBR deney cihazında 0,625-10.00 mm arasında batma yükleri okunarak kayıt edilmiştir.

***Hesaplamalar (Şişme)***

Sişme (%)= (H1-H0 / W) x 100

Sişme (%)= (6,18-0 / 115,09) x 100

**Sişme (%)= 5,37** olarak bulunur.

***Hesaplamalar(CBR)***

Penetrasyonun 2,5 mm ve 5,0 mm'de battığı standart yükler altında, CBR deney cihazından okunan düzlemsel yük değerleri kayıt edildi (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Km: 23+600, yükleme/penetrasyon değerleri

| YÜKLEME / PENETRASYON | | | |
|---|---|---|---|
| Deney No | | 1 | 2 |
| Kür | | Gün - S / U | |
| Sürsaj, (kg) | | Okuma | Yük, (kg) |
| Std. Yük, (kgf) | Penet inç/mm | | |
| | 0.025 / 0.625 | 0,625 | 11,5 |
| 860 | 0.050 / 1.250 | 1,25 | 18,5 |
| | 0.075 / 1.875 | 1,875 | 25,5 |
| 1360 | 0.100 / 2.500 | 2,50 | 32,0 |
| | 0.125 / 3.125 | 3,125 | 38,0 |
| | 0.150 / 3.750 | 3,75 | 43,0 |
| 2040 | 0.200 / 5.000 | 5,00 | 53,0 |
| 2585 | 0.300 / 7.500 | 7,50 | 66,0 |
| 3130 | 0.400 / 10.00 | 10,00 | 66,5 |

CBR= (Düz. yük / Std. yük) x 100 (2,5 mm için)

CBR= (32 / 1360) x 100

CBR= 2,36 çıkan değeri yuvarlanarak 2,4 olarak bulunur.

CBR= (Düz. yük / Std. yük) x 100 (5,0 mm için)

CBR= (53 / 2040) x 100

CBR= 2,59 çıkan değeri yuvarlanarak 2,6 olarak bulunur.

CBR değerleri için en az iki adet örnek hesaplandı. Büyük olanı alınacağı için **CBR= 2,6** olarak tespit edildi. Deneye ait sonuçlar detaylı olarak Şekil 4.11'de verilmiştir.

**C.B.R. DENEY RAPORU**

Proje Adı : (Çorum - Merzifon) Ayr. - Mecitözü - (Amasya - Turhal) Ayr. Yolu Km: 0+000 - 61+656

Alındığı Yer : 23+600
Malzeme Tanımı Yarma Tabanı
Kuru Birim Ağırlık 1,718 (gr/cm³)
Su İçeriği : 15,09%

Tarih : 11.10.2018
Kalıp : Q 177.8 x 116.4 mm 152.4 mm
Tabaka : 3 X SDF. PROC.
Vuruş : 56

| DENEY NO | | | |
|---|---|---|---|
| KALIP NO | | 1 | 2 |
| KALIP+NUM. AĞIRLIĞI | A | 8506 | |
| KALIP AĞIRLIĞI | B | 4405 | |
| KALIP HACMİ (cm³) | C | 2124 | |
| YAŞ NUMUNE (A-B) | D | 4101 | |
| YAŞ BİRİM AĞIRLIĞI (D/C) | E | 1,931 | |
| KURU BİRİM AĞIRLIĞI (E*100/( 100+W) | | 1,679 | |

**SU İÇERİĞİ**

| KAP NO | | | 1 | |
|---|---|---|---|---|
| KAP+ YAŞ NUMUNE | | A | 1211 | |
| KAP+KURU NUMUNE | | B | 1122,5 | |
| SU (gr) | (A-B) | C | 88,5 | |
| KAP AĞIRLIĞI | | D | 533 | |
| KURU NUMUNE | (B-D) | E | 589,5 | |
| SU İÇERİĞİ | (C*100/E) | | 15,0 | |

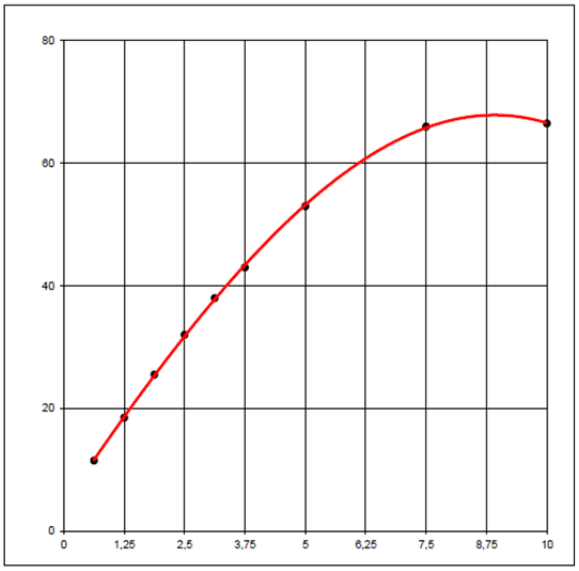
**ŞİŞME ÖLÇMELERİ**

| Tarih ve Saat | Süre(h) | Şişme mm. | |
|---|---|---|---|
| | 0 | 0 | |
| 12.10.2018 | 24 | 5,28 | |
| 13.10.2018 | 48 | 5,45 | |
| 14.10.2018 | 72 | 6,14 | |
| 15.10.2018 | 96 | 6,18 | |

**YÜKLEME / PENETRASYON**

| Deney No | | | 1 | | 2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kür | | | Gün - S / U | | Gün - S / U | |
| Sürsaj (Kg) | | | | | | |
| Std. Yük (kgf) | Penet inç/mm | Okuma | Yük kg | Okuma | Yük kg | |
| | 0.025 / 0.625 | 0,625 | 11,5 | 0,625 | | |
| 860 | 0.050 / 1.250 | 1,25 | 18,5 | 1,25 | | |
| | 0.075 / 1.875 | 1,875 | 25,5 | 1,875 | | |
| 1360 | 0.100 / 2.500 | 2,50 | 32,0 | 2,50 | | |
| | 0.125 / 3.125 | 3,125 | 38,0 | 3,125 | | |
| | 0.150 / 3.750 | 3,75 | 43,0 | 3,75 | | |
| 2040 | 0.200 / 5.000 | 5,00 | 53,0 | 5,00 | | |
| 2585 | 0.300 / 7.500 | 7,50 | 66,0 | 7,50 | | |
| 3130 | 0.400 / 10.00 | 10,00 | 66,5 | 10,00 | | |
| | | | | | | |

S.Islatılmış U.Islatılmamış




**Düzeltilmiş Yükler ve CBR Hesabı**

| Deney No | | | 1 | |
|---|---|---|---|---|
| Penetrasyon mm | | | 2,5 | 5 |
| Std. Yük | | kgf | 1360 | 2040 |
| Düz. Yük | | | 32,0 | 53,0 |
| CBR | 2.50 / 5.00 mm | % | | |
| | Maks. - Max. | | 2,4 | 2,6 |

**CBR değeri : 2,6**

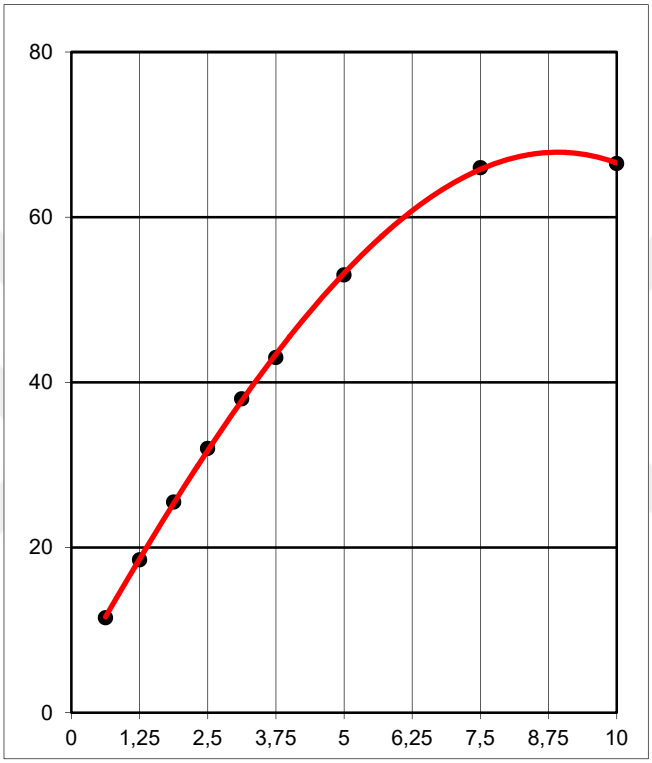
**Şişme % si : 5,3**

GRAFİK DEĞERLERİ

| | |
|---|---|
| 0,625 | 12 |
| 1,25 | 19 |
| 1,875 | 26 |
| 2,5 | 32 |
| 3,125 | 38 |
| 3,75 | 43 |
| 5 | 53 |
| 7,5 | 66 |
| 10 | 67 |

Şekil 4.11. Km: 23+600, CBR ve şişme (yaş CBR) deney sonuçları

Yükleme/penetrasyon değerleri, sağa doğru penet (mm), yukarıya doğru yük (kgf) olarak grafikte gösterilmektedir. Penetrasyon batma miktarı arttıkça, yük değerinin de arttığı görülmüştür (Şekil 4.12).




Şekil 4.12. Km: 23+600, yükleme/penetrasyon eğrisi

### 4.2. Yarma, Dolgu ve İyileştirme Yapılması

Yapım çalışmaları, Yedigöze İnş. San. Oto. İç ve Dış Tic. Ltd. Şti. ve Sigma İnş. ve Tur. İşl. Tic. A.Ş. İş Ortaklığı'nın ana yüklenici, Fernas Şirketler Grubu bünyesindeki Simtek End. Tes. ve Tic. A.Ş.'nin alt yüklenici olarak yürüttüğü (Çorum-Merzifon) Ayr. -Mecitözü- (Amasya-Turhal) Ayr. 0+000-61+841,27 km Arası Bölünmüş Yol Yapımı kesiminin Yapım İşi dahilinde, Karayolu temel/alttemel zemin uygulama çalışmaları kapsamında, Km:

11+500+23+600 arasında muhtelif kesimlerde Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre (KTŞ) zayıf zemin (Çizelge 4.2) ve stabilite problemleri ile karşılaşılmıştır. Adı geçen kilometrelere KTŞ'ye göre yarma, dolgu ve iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

### 4.2.1. Km: 11+500-16+450 Arası Yarma-Dolgu-İyileştirme Çalışmaları Yapımı

Km: 11+820 kesiminde açılan araştırma çukurunda yapılan elek analizleri sonucunda, A-2-7 siltli veya killi çakıl ve kuma rastlanmıştır. Çizelge 4.2'ye göre uygun nitelikli kazı malzemesi olsa da, kontrol şefi tarafından bölgesel olarak zayıf zeminler olduğu gerekçesiyle dışarıya aktarılmıştır.

Çizelge 4.2. Uygun nitelikli kazı malzemesi (KTŞ, 2013)

| Deney | Şartname Limiti | Km:11+820 Deney Sonuçları |
|---|---|---|
| Likit Limit, (LL) | ≤ 60 | 48 |
| Plastite İndeksi, (PI) | ≤ 35 | 28 |
| Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık (Standart Proktor)* | ≥ 1,450 t/m$^3$ | 1,475 |
| * PI ≤ 6 VE CBR >10 olan doğal cüruf ve tüflerde bu şart aranmayacaktır. | | |

Doğal su içeriği 15,2 g olduğundan su alması zeminin taşıma gücü sebebiyle düşmektedir. Km: 11+530-12+180 arasında yol platformu yol platformu taban alanındaki bitki, toprak, ağaç kökleri, vs sıyırılarak 75 cm yarma (zayıf zemin kazısı) ile oluşturulmuştur. Bu verilere göre Km: 11+530-12+180 arasında zayıf zemin kazısı yapılan bölüme 75 cm dona hassas olmayan malzeme niteliğinde koruyucu tabaka getirilmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur. Yapılan diğer laboratuvar çalışmaları sonucu Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Dona hassas olmayan malzemelerin özellikleri (KTŞ, 2013)

| Deney | Şartname Limiti | Mecitözü Ariyet Ocağı (A.C.-1), Deney Sonuçları |
|---|---|---|
| 0,075 mm Elekten Geçen, % | ≤ 12 | 12,1 |
| Likit Limit, (LL) | ≤ 25 | NP |
| Plastite İndeksi, (PI) | ≤ 6 | NP |
| Kaba Agregada Su Absorbsiyonu, (%) | ≤ 3 | 0,58 |

Malzeme 20-30 cm kalınlığında, yatay tabakalar halinde, çalışma ağırlığı 20.021 kg olan 6-8 km/saat hızında olan paletli dozer ile serilmiş, 11.000 kg, statik çizgisel yükü 30 kg/cm'den fazla olan, iki frekanslı vibrasyon sistemli düz bandajlı silindirle sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma sırasında, malzemenin su içeriği, proktor (modifiye) metodu ile bulunan Wopt ±2 değerleri arasında kalmasına dikkat edilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Km: 11+530-12+180 arası iyileştirme çalışmaları




Şekil 4.14. Arazide pass (ileri-geri) atımı sonucu sıkıştırma grafiği

Arazide proktor deneylerinden elden edilen kuru birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevasına göre serilen malzemeye yapılan deneme çalışmaları sonucu Şekil 4.14'de gösterildiği gibi 3 ile 5 pass arasında çalışıldığında, istenilen düzeyde sıkışma elde edilmiştir. Buna göre sıkıştırma işlemi, Karayolları Teknik Şartnamesi dolgularda sıkışma kriterleri de baz alınarak, ortalama 3-5 pass (ileri-geri) atılarak yapılmıştır. Bu aralıkta yarma şevlerinde de su çıkışları gözlenmiş olup, bu kesimlerde stabilite problemleri oluşmuştur. Yarma malzemesinde yer yer kopmalar oluşmuş olup, atmosferik koşullar altında ileriki zamanlarda da hareketlerin devam edebileceği düşünülmüştür. Dolayısıyla yarma şevi 3/2 yatırılarak, önüne dayanma yapısı getirilmiştir.

Km: 12+410-12+820 arasında yol platformu dolgu olarak oluşturuluştur. Şantiye laboratuvarında yapılan deney sonuçlarına göre LL=51, PI=33, Şişme= 5,09, CBR= 2,2, Maksimum kuru birim ağırlık= 1,641 g/cm$^3$ olarak zayıf zemin tespit edilmiştir. Açılan gözlem çukurlarında A-6 killi topraklara rastlanmış olup, yer yer su çıkışları gözlenmektedir. Tabanda 1,5 m zayıf zemin kazısı yapılarak 1,0 m istifsiz taş dolgu ve 50 cm dona hassas olmayan malzeme serilmiştir. Taş dolgu

2,68 g/cm$^3$ yoğunluğunda, Los Angeles Aşınma oranı %19 civarında, boyutu 50 mm civarında ve en büyük boyutu 1,5 katını geçmeyecek şekilde teşkil edilmiştir. Dona hassas olmayan malzeme ise, maksimum kuru birim ağırlık= 2,172 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt) = %7,0'dir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Km: 12+410-12+820 arası istifsiz taş dolgu ve dona hassas olmayan malzeme serimi

Serme ve sıkıştırma çalışmalarında, 21.382 kg ağırlığında, 6-8 km/saat hızında, 59,7 Kpa zemin basıncında buldozer, 13.843 kg ağırlığında greyder ve 11.000 kg, statik çizgisel yükü 30 kg/cm'den fazla olan, iki frekanslı vibrasyon sistemli düz bandajlı silindir kullanılmıştır. Silindir pass sayısı 3-5 arasındadır.

Km: 12+820-13+530 arasında yol platformu dolgu ile oluşturulmuş olup, dolgu tabanında inceleme yapılmıştır. Arazinin topografik eğimleri yola doğru olduğundan dolgu tabanlarında su toplandığı tespit edilmiştir. Yer yer göllenmelere rastlanmıştır. Bu kesimde arazi eğiminin az olması sebebiyle yol dolgusu altında toplanan suların deşarjının yapılamayacağı düşünülmüştür. Km: 13+120'de açılan araştırma çukurunda LL= 60, PI= 36, Şişme= 3,5, CBR= 1,0, Maksimum kuru birim ağırlık= 1,480 g/cm$^3$ olarak tespit edilmiştir. Bu nedenle siyah kottan 1,8 m

derinliğinde zayıf zemin kazısı yapılarak yerine sudan etkilenmeyen istifsiz taş dolgu ve 50 cm dona hassas olmayan malzeme niteliğinde koruyucu tabaka getirilmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,172 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %7,0, LL= NP, PI= NP, CBR= 27,5'dur (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Km: 12+800-13+500 arası iyileştirme çalışmaları

Km: 13+250-13+570 arasında yol platformu dolgu ile oluşturulmuştur. Bu kesimde arazi eğimleri yola doğru olup, arazinin en düşük kota sahip noktasıdır. Dolayısıyla suyun göllendiği ve yaz-kış su içerisinde bulunan bu alanda dolgu tabanında siyah kottan itibaren 1,8 m zayıf zemin kazısı yapılarak, yerine 50 cm filtre, 1,0 m taş dolgu ve 30 cm dona hassas olmayan malzeme serilmiştir.

Bu projeye göre koruyucu tabaka seçme malzemesi filtre malzemesi (agrega) özelliklerindedir. Projenin bulunduğu bölgedeki taş ocağında, konkasörde

kırılarak gelen 19-38 mm agrega boyutundadır. İçerisinde toprak, ağaç kökü, çöp, bypass özellikli malzeme vb kullanıma uygun olmayan maddeler bulunmamasına dikkat edilmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur (Şekil 4.17).




Şekil 4.17. Km: 13+250-13+570 arası iyileştirme çalışmaları yapımı

Km: 13+570-13+650 arasında yol platformu dolgu ile oluşturulmuştur. Bu kesimde arazi eğimleri tabana doğru olup, dolgu tabanında su çıkışlarına rastlanmıştır. Dolgu tabanının suya maruz kalarak zeminin taşıma gücünü düşürebileceği ve oturma problemi olabileceği ön görülmekteydi. Km: 13+610'da açılan araştırma çukurunda yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda LL= 58, PI= 38, Şişme= 3,0, CBR= 1,0, Maksimum kuru birim ağırlık= 1,470 g/cm$^3$ olarak zayıf zemin tespit edilmiştir. Ortama yoğun su girişi olması sebebiyle bu kesimde siyah kottan itibaren 1,5 m zayıf zemin kazısı yapılarak yerine istifsiz taş dolgu ve

dona hassas olmayan malzeme serilmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur (Şekil 4.18).




Şekil 4.18. Km: 13+570-13-650 arası iyileştirme çalışmaları yapımı

Km: 15+550-16+450 arasında yol platformu dolgu ile oluşturulmuştur. Açılan araştırma çukurunda sarımsı-kahverenkli kum mercekleri içeren kil birimi ile karşılaşılmış olup, suya doygun olduğu görülmüştür. Şantiye laboratuvarında yapılan deney sonuçlarına göre LL= 38, PI= 19, Şişme= 2,9, CBR= 5,0, Maksimum kuru birim ağırlık= 1,679 g/cm$^3$ olarak tespit edilmiştir. Bu kesimde dolgu tabanında su göllenmesi olduğundan dolayı siyah kottan itibaren 1 m derinliğinde zayıf zemin kazısı yapılarak yerine 50 cm filtre serilmiştir. Bunun üzerine de 50 cm yüksekliğinde istifsiz taş dolgu ve dona hassas olmayan malzemeyle teşkil edilmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$,

Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur (Şekil 4.19 ve 4.20). İyileştirme çalışmaları tamamlanırken %5 eğim verilerek doğal su akışları sağlanmıştır.



Şekil 4.19. Km: 15+550-15+800 arası iyileştirme çalışmaları yapımı



Şekil 4.20. Km: 15+900-16+450 arası iyileştirme çalışmaları yapımı

### 4.2.2. Km: 17+200-23+600 Arası Yarma-Dolgu-İyileştirme Çalışmaları Yapımı

Km: 17+200-17+220 arasında platform 9,5x5m olarak altgeçit ile oluşturulmuştur. Km: 17+200'de açılan araştırma çukurunda A-6 killi topraklara rastlanmıştır. LL= 39, PI= 12, Maksimum kuru birim ağırlık= 1,593 g/cm$^3$, Şişme= 2,8, CBR= 1,4 olarak zayıf zemin tespit edilmiştir. Bu kesimde dolgu tabanında su göllenmesi olduğundan dolayı siyah kottan itibaren 1 m derinliğinde zayıf zemin kazısı yapılarak yerine 50 cm yüksekliğinde istifsiz taş dolgu ve dona hassas olmayan malzemeyle teşkil edilmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Km: 17+200-17+220 arası iyileştirme çalışmaları yapımı

Km: 17+550-18+100 arasında platform yarma ile oluşturulmuştur. Bu kesimde açılan araştırma çukurlarında A-7-6 killi topraklara rastlanmıştır. Hem yarma yüzeylerinde hem de tabanda su çıkışlarına rastlanmıştır. Km: 17+900'de açılan araştırma çukurundan alınan numunenin deney sonuçları LL= 58, PI= 38, Maksimum kuru birim ağırlık= 1,630 g/cm$^3$, Şişme= 2,7, CBR= 1,3 olarak tespit edilmiştir. Bu aralıkta 75 cm derinliğinde zayıf zemin kazısı yapılarak yerine dona hassas olmayan malzeme özelliğinde koruyucu tabaka yapılmıştır. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur.Bu aralıkta yarma şevlerinde de su çıkışları gözlenmiş olup, bu kesimlerde stabilite problemleri oluşmuştur. Yarma malzemesinde yer yer kopmalar oluşmuş olup, atmosferik koşullar altında ileriki zamanlarda da olabileceğinden sağ ve sol yarma şevi önüne dayanma yapısı şeklinde duvar yapılmıştır.

Km 18+100-18+200 arasında yol platformu dolgu ile oluşturulmuştur. Bu kesimde bir önceki aralıkta gözlenen litolojide killi birim gözlenmiş, dolgu tabanında siyah kottan itibaren 75 cm zayıf zemin kazısı yapılarak dona hassas olmayan nitelikte koruyucu tabaka yapılmıştır. . Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur.

Km: 18+200-18+400 arasında yol platformu yarma ile oluşturulmuştur. Sol tarafta atmosferik koşullarda dağılabilen kumlu-killi malzeme bulunduğundan, stabilite problemi oluşmaması için yarma önüne dayanma yapısı yapılmıştır. Yarma tabanında ise suya doygun killi birim olduğundan 75 cm zayıf zemin kazısı yapılarak yerine dona hassas olmayan nitelikte koruyucu tabaka getirilmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur.

Km: 18+460-18+540 arasında yol platformu yarma ile oluşturulmuştur. Sol tarafta atmosferik koşullarda dağılabilen kumlu-killi malzeme bulunduğundan, stabilite problemi oluşmaması için yarma önüne dayanma yapısı şeklinde duvar teşkil edilmiştir. Yarma tabanında ise Km: 18+500'de açılan araştırma çukuruna göre LL= 59, PI= 34, Maksimum kuru birim ağırlık= 1,510 g/cm$^3$, Şişme= 2,7, CBR= 1,0 olarak tespit edilmiştir. Malzemenin doğal su içeriği yüksektir. Tüm bu veriler değerlendirildiğinde 75 cm zayıf zemin kazısı yapılarak yerine dona hassas olmayan nitelikte koruyucu tabaka getirilmesi uygun görülmüştür. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur

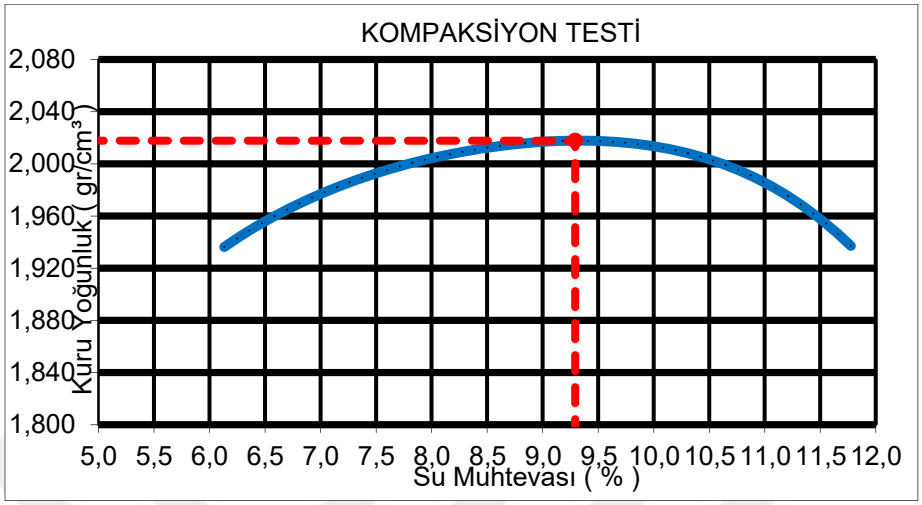
Km: 18+540-18+660 arasında yol platformu dolgu ile oluşturulmuştur. Dolgu tabanında sarımsı-kahvenkli killi birim tespit edilmiştir. Bu kesimde dolgu tabanında siyah kottan itibaren 75 cm derinliğinde zayıf zemin kazısı yapılarak yerine dona hassas olmayan malzeme niteliğinde koruyucu tabaka yapılmıştır. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur.

Km: 18+910-19+100 arası yol hemzemindir (siyah kot ile kırmızı kot çakışık). Bu aralıkta tarzım arazisi olduğu için siyah kottan 50 cm derinlikteki kesim suya doygundur. Bu nedenle 50 cm zayıf zemin kazısı yapılarak yerine dona hassas olmayan nitelikte koruyucu tabaka getirilmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur.

Km: 19+100-19+440 arasında yol platformu yarma ile oluşturulmuştur. Km: 19+260'da açılan araştırma çukurunda LL= 50, PI= 30, Maksimum kuru birim ağırlık= 1,630 g/cm$^3$, Şişme= 2,1, CBR= 2,0 olarak tespit edilmiş olup, terasmandan itibaren 50 cm derinliğinde zayıf zemin kazısı yapılarak yerine dona hassas olmayan nitelikte koruyucu tabaka getirilmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur.

Km: 19+440-19+620 arası yol platformu hemzemindir (siyah kot ile kırmızı kot çakışık). Bu aralıkta tarzım arazisi olduğu için siyah kottan 75 cm derinlikteki kesimi suya doygun kırmızı renkli killerden oluşmaktadır. Bu nedenle 75 cm zayıf zemin kazısı yapılarak yerine dona hassas olmayan nitelikte koruyucu tabaka getirilmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur.

Km: 19+620-19+900 arasında yol platformu yarma ile oluşturulmuştur. Km: 19+260'da açılan araştırma çukurunda LL= 45, PI= 28, Maksimum kuru birim ağırlık= 1,630 g/cm$^3$, Şişme= 2,1, CBR= 2,0 olarak tespit edilmiş olup, terasman kotundan itibaren 50 cm derinliğinde zayıf zemin kazısı yapılarak yerine dona hassas olmayan nitelikte koruyucu tabaka getirilmiştir. Yarma şevi önlerine beton kaplamalı hendek ve altına standart drenaj yapılarak yüzey ve yeraltı sularının ortamdan kontrollü bir şekilde uzaklaştırılması düşünülmüştür. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur.




Şekil 4.22. Mak. Kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt) = %9,29

Km: 19+900-20+100 arasında yol platformu sol tarafta hemzemin, sağ tarafta yüksek dolgu ile oluşturulmuş olup, hem yarma hem de dolgu tabanında sarımsı kırmızımsı killi birim gözlenmiştir. Bu aralıkta 50 cm derinliğinde zayıf zemin kazısı yapılarak yerine dona hassas olmayan nitelikte koruyucu tabaka serilmesi uygun görülmüştür. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur.

Km: 20+400-20+500 arasında yol platformu sanat yapısı yaklaşım dolgusu ile oluşturulmuştur. Km: 20+449'da 3x3 çift gözlü menfez bulunduğundan, arazi kotunun en düşük olduğu kesimde yer aldığı tespit edilmiştir. Yaklaşım dolgularının oturacağı zeminde açılan araştırma çukurlarında yüzeye yakın yeraltı suyuna rastlanmış olup, (yaklaşık 1,0 m) 1,5 metreye kadar yoğun bitki kökleri bulunmuştur. Yaklaşım dolgu tabanlarında yeraltı suyunun yüzeye yakın olması ve sanat yapısı yaklaşımı olmasından dolayı dolgu tabanında oturmaya sebebiyet vermemek için siyah kottan itibaren 1,5 m zayıf zemin kazısı yapılmıştır.



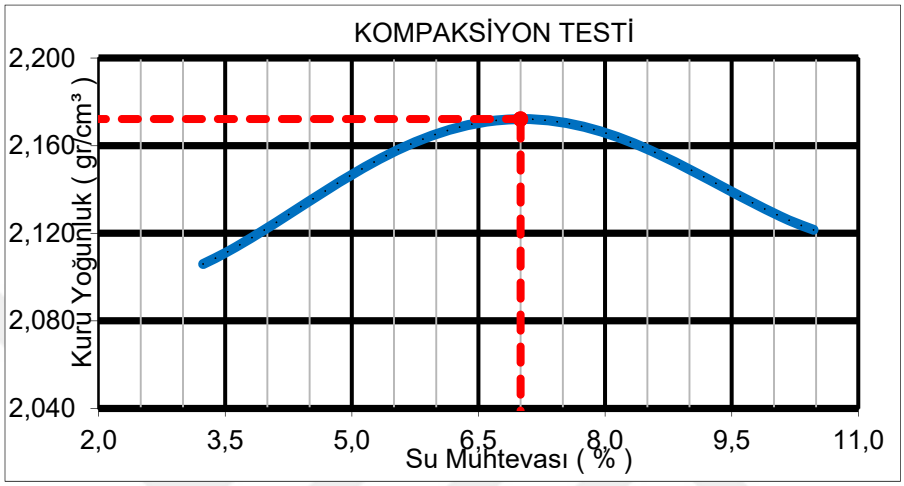
Şekil 4.23. Km: 20+400-20+500 arası filte, taş ve dona hassas malzeme serimi

Bunun yerine 1,0 m filtre, üzerine 50 cm istifsiz taş dolgu ve siyah kotun 50 cm üzerine kadar dona hassas olmayan malzeme ile teşkil edilmiştir. Bu durumda yeraltı su seviyesinin yükseldiği dönemlerde su taş dolu içerisinde kalacak olup, dolgu tabanında oturmalar önlenmiş olacaktır.

Km: 22+400-22+820 arasında yol platformu dolgu ile oluşturulmuştur. Bu aralıkta açılan çukurlarda No: 200 (0,075 mm) elekten geçen %46,8, LL= 44, PI= 23, Maksimum kuru birim ağırlık= 1,696 g/cm$^3$, Şişme= 3,22, CBR= 4,7 olarak zayıf zemin tespit edilmiştir. Her mevsim su bulunan bu bölgede 1 m zayıf zemin kazısı yapılarak yerine 75 cm derinliğinde sudan etkilenmeyen malzeme ile istifsiz taş dolgu ve dona hassas olmayan malzemeyle teşkil edilmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29'dur.

Km: 23+150-23+600 arasında yol platformu dolgu ile oluşturulmuştur. Km: 23+600'de açılan araştırma çukurunda, LL= 42, PI= 22, Maksimum kuru birim ağırlık= 1,718 g/cm$^3$, Şişme= 5,3, CBR= 2,6 olarak zayıf zemin tespit edilmiştir. 50 cm kazılarak yerine 75 cm dona hassas olmayan malzeme serilmiştir.

Maksimum kuru birim ağırlık= 2,172 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %7,00'dir.




Şekil 4.24. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,172 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt) =%7,00

### 4.3. Reglaj (Sıfırlama)

İyileştirme yapılan kilometrelerde, altyapı tabakasının son kısmı olan terasman yüzeyi düzeltilip, proje kotuna uygun hale getirilerek sıfırlama (reglaj) yapılmıştır. Toprak yarma ve dolgu tabanlarında (bitkisel toprak kazısı sonrasında) taban toprağı en az 20 cm kabartılarak ve optimum su verme veya kurutma işlemi yapılarak istenilen kuru birim hacim ağırlık elde edilinceye kadar sıkıştırılmıştır. Greyder ile serilerek olabildiğince düzgün bir yüzey elde edilmiş, silindir ile sıkıştırma yapılmıştır. İnce tesviye yüzeyinde oluşacak her türlü iz veya değişiklik son tesviye kotuna getirilmek üzere doldurulmuş, yeniden sıkıştırılmıştır. Kırmızı kot ve ilk arazi araştırma etütleri sonucunda hazırlanan araştırma raporunda verilen üstyapı kalınlıkları dikkate alınarak bulunan İnce tesviye yüzeyi kotu nihai taban etütleri sonucuna göre İdarece verilen talimata uygun olarak

yüklenici tarafından düzeltilerek üstyapıya uygun hale getirilmiştir. Yapılan reglaj çalışmalarından bazıları Şekil 4.25 ve 4.26'da gösterilmiştir.



Şekil 4.25. Km: 11+550-11+900 arası reglajı yapılmış bölüm



Şekil 4.26. Km: 13+200-13+900 reglajı (sıfırlama) tamamlanmış bölüm

### 4.4. Arazi Kontrolleri Yapımı

Laboratuvar ortamında elde tespit edilen, optimum su muhtevasına karşılık gelen maksimum birim ağırlıklar neticesinde Km: 11+500-23+600 arasında iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Bu bölümde terasman kotuna gelinip reglajı (sıfırlama) tamamlanan alanlara uygulama testi (kamyon testi) ve kum konisi metodu yapılarak, sonuçları verilmiştir.

***Arazide Sıkışmanın Kontrolü (Kesafet) Deneyi (Kum Konisi Metodu ile)***

Proktor (standart veya modifiye) deneyinden elde edilen tabii birim hacim ağırlıklar %100 olarak kabul edilmiştir. Arazide yapılan bu kesafet deneyinden elde edilen tabii birim hacim ağırlığın, proktor deneyinden elde edilen tabii birim hacim ağırlığa oranı, sıkışmanın yüzdesini verir.

#### 4.4.1. Kum Konisi Deneyi

Km: 11+610'daki yol platformu sağ kenarına tabliye yerleştirilip, dört kenarından çakılarak zemine sabitlenmiştir. Tabliyenin ortasındaki dairesel deliğin içine, keski ve çekiçle 15 cm çapında çukur açılmıştır. Çıkarılan numuneler rutubetini koruması için bir torbaya alınmıştır. Alınan numuneden bir miktarı tüp ile ısıtılarak su miktarı tayin edilmiştir. Kuyunun dibi fırçayla iyice temizlenip kalan parçacıklar da poşete alınmıştır (Şekil 4.27).

Kum konisi vanası kapalı şekilde ters çevrilerek tabliye üzerine konulup, vanası açılmıştır. Kum hareketi durana kadar bu işlem devam etmiş ve akış durduğu anda vana kapılmıştır. Baştan ağırlığı belli olan kum konisi içindeki No:20 (0,85 mm) elek altı ve No:30 (0,59 mm) elek üstü standart kum miktarından kalanı tartılmıştır. Bu şekilde çukur ve koniyi dolduran kum miktarı saplanmıştır. Çukurun hacmi, değerleri bilinen kumun birim hacim ağırlığı ve koni hacminden yararlanılarak bulunur (Şekil 4.28).



Şekil 4.27. Km:11+610, kum konisi deneyi numune alımı ve su içeriği tayini



Şekil 4.28. Km: 11+610, konideki kumun çukura aktarılması

Kum konisi deneyi, bir şeridin her tabaka sıkıştırmalarından sağlı-ortalı ve sollu olarak zig-zag şeklinde 100 metrede bir alınır. Km: 11+610'da yapılan kum konisi deneyi sonuçları ve Şekil 4.29'da adı geçen kilometrelerde yapılan deney sonuçlarıyla beraber verilmiştir. Bu forma göre gerekli hesaplamalar yapılarak sıkışma yüzdeleri bulunmuştur.

| DENEY NO | | 2.tbk sağ | 2.tbk eks. | 2.tbk sol | 2.tbk eks | 2.tbk sağ | 2.tbk eks. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ALINDIĞI KM | | 11+610 | 11+720 | 11+810 | 11+920 | 12+020 | 12+130 |
| ÇUKURDAN ÇIKARILAN NUM. AĞIRLIĞI | W | 4425 | 4362 | 4259 | 4300 | 4295 | 4472 |
| **SU İÇERİĞİ TAYİNİ** | | | | | | | |
| KAP AĞIRLIĞI | K | 611 | 611 | 611 | 611 | 611 | 611 |
| KAP+YAŞ NUMUNE | E | 875.0 | 964.0 | 905.0 | 862.0 | 955.0 | 977.0 |
| KAP+KURU NUMUNE | F | 862 | 948.0 | 890 | 850 | 940 | 962 |
| Su | H | 13.0 | 16.0 | 15.0 | 12.0 | 15.0 | 15.0 |
| SU İÇERİĞİ ω=100 (E-F)/(F-H) | ω | 5.2 | 4.7 | 5.4 | 5.0 | 4.6 | 4.3 |
| **KONİ VE KUM KALİBRASYON DEĞERLERİ** | | | | | | | |
| KUM BİRİM AĞIRLIĞI | Ds | 1362 | 1362 | 1362 | 1362 | 1362 | 1362 |
| KONİDEKİ KUMUN AĞIRLIĞI | C | 1660 | 1660 | 1660 | 1660 | 1660 | 1660 |
| **ÇUKUR HACMİNİN TAYİNİ** | | | | | | | |
| DENEYDEN ÖNCEKİ KAP+KUM | A | 8218 | 8046 | 7862 | 7643 | 7430 | 7247 |
| DENEYDEN SONRAKİ KAP+KUM | B | 3719 | 3575 | 3475 | 3220 | 2997 | 2691 |
| ÇUKURA GİREN KUM AĞIRLIĞI S=A-B-C | S | 2839 | 2811 | 2727 | 2763 | 2773 | 2896 |
| ÇUKUR HACMİ V=S/Ds | V | 2.084 | 2.064 | 2.002 | 2.029 | 2.036 | 2.126 |
| **BİRİM AĞIRLIKLAR VE SIKIŞMA YÜZDESİ** | | | | | | | |
| YAŞ YOĞUNLUK ϒ= W/ V | ϒ | 2122.9 | 2113.5 | 2127.2 | 2119.7 | 2109.6 | 2103.2 |
| KURU YOĞUNLUK ϒd=100ϒ /100+ω | ϒδ | 2018.3 | 2017.7 | 2018.6 | 2018.3 | 2017.6 | 2017.0 |
| HEDEF KURU YOĞUNLUK | ϒdmax | 2018 | 2018 | 2018 | 2018 | 2018 | 2018 |
| YÜZDE SIKIŞMA | % | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

Şekil 4.29. Km:11+610-12+130 arasında yapılan kum konisi sonuçları

***Hesaplamalar***

Km: 11+610'daki 2.tabaka sağ bölüme ait Şekil 4.29'da bahsedilen deney sonuçları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Çukurdan çıkarılan numune ağırlığı (W)= 4425 g olarak belirlenmiştir.

Su içeriği tayini;

K (Kap ağırlığı)= 611 g,

E (Kap + yaş numune)= 875 g,

F (Kap + kuru numune)= 862 g,

H (Su)= (E - F)

H (Su)= (875 - 862)

H (Su)= **13 g** (Su miktarı)

ω (Su içeriği)= 100 x (E - F) / ( F - K)

ω (Su içeriği)= 100 x (13) / (862-611)

ω (Su içeriği)= %5,17=**5,2** olarak bulunur.

Koni ve kum kalibrasyon değerleri;

Ds (Standart kum kuru birim ağırlığı)= 1362 g/1000 ml (Hazır temin edili)

C (Konideki kumun ağırlığ)= 1660 g

Çukur hacminin tayini;

A (Deneyden önceki kap + kum)= 8218 g

B (Deneyden sonraki kap + kum)= 3719 g

S (Çukura giren kum ağırlığı)= (A - B - C)

S (Çukura giren kum ağırlığı)= (8218 - 3719 - 1660)

S (Çukura giren kum ağırlığı)= **2839 g** olarak bulunur.

V (Çukur hacmi)= (S / Ds)

V (Çukur hacmi)= (2839 / 1362)

V (Çukur hacmi)= **2,084 g** olarak bulunur.

Birim ağırlıklar ve sıkışma yüzdesi;

γ (Çukurdan çıkan malzemenin yaş yoğunluğu)=(W / V)

γ (Çukurdan çıkan malzemenin yaş yoğunluğu)= (4425 / 2,084)

γ (Çukurdan çıkan malzemenin yaş yoğunluğu)= **2123,3 g** olarak bulunur.

γδ (Çukurdan çıkan malz kuru yoğunluğu)= (100 x γ) / (100 + ω)

γδ (Çukurdan çıkan malz kuru yoğunluğu)= (100x2123,3) / (100+5,2)

γꝺ (Çukurdan çıkan malz kuru yoğunluğu)= **2018,34 g** bulunur.

γdmax(Hedef kuru yoğunluk)= 2018,3 g

Yüzde sıkışma (%)= (γdmax / γꝺ)

Yüzde sıkışma (%)= (2018,3 / 2018,34)

Yüzde sıkışma (%)= **%100** olarak bulunur.

Şekil 4.29'a ait diğer veriler de Km:11+610'daki gibi hesaplanmıştır.

### 4.4.2. Kamyon (Doğrulama) Testi

Terasman seviyesinde hazırlanmış olan Km: 12+180-12+220 arasında, (17.5.2019 tarihinde) hızı 6 km/saat, ağırlığı 36 ton olan 06 GB 9263 (10 teker) plakalı kamyon yolun sağ platformun sağ taraf, eksen ve sol tarafından geçecek şekilde hareket ettirilerek "Doğrulama Testi" yapılmıştır. Yapılan test sonucunda lokal olarak esneme, defleksiyon, çökme vb. unsurlar gözlenmiştir. Kamyon testindeki veriler yazılı olarak İdareye bildirilmiştir (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Km: 12+180-12+220 arası kamyon (doğrulama) testi

Doğrulama testi sonucunda tespit edilen zayıf, yumuşak, çöken kesimler açılarak, zayıf tabaka kazılıp yerine, (Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29) dolgu malzemesi getirilerek iyileştirilmiştir. Test sınırları olan Wopt ±2 değeri aşıldığı için, yani ıslak malzeme var iken sıkıştırma yapıldığı için esnemeler olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Km: 12+180-12+220 arası esneme olan bölümlerin iyileştirilmesi

### 4.4.3. Km: 11+500-23+600 Arası Kum Konisi Sıkışma Sonuçları

Km: 11+500-23+600 arasında maksimum kuru birim ağırlık= 2,018-2,172 g/cm$^3$ ve optimum su (Wopt)= %7,00-9,29 ile yapılan dolgu-terasman iyileştirme çalışmaları ile arazide yapılan kum konisi deneyi sonuçlarına ait veriler karşılaştılmıştır. Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre (Çizelge 4.4) dolgu ve

terasman kotunda Çizelge 4.5'de adı geçen kilometreler arasında optimum zemin değerlerine ulaşılmıştır.

Çizelge 4.4. Dolgularda sıkıştırma kriterleri (KTŞ, 2013)

| | Minimum Sıkışma, (%) | Deney Standardı |
|---|---|---|
| Tesviye Yüzeyi Altındaki İlk 80 cm | 100 | Standart Proktor TS 1900-1, AASHTO T-99 |
| 80 cm Altındaki Dolgu Tabakaları | 95 | Standart Proktor TS 1900-1, AASHTO T-99 |

Çizelge 4.5. Km: 11+500-23+600 arası sıkışma sonuçları

| GELDİĞİ KM | DÖKÜLEN KM | DOLGU | TERASMAN | Max. Kuru Birim Ağırlık ($gr/cm^3$) | Opt.Su (%) | Arazi Su (%) | Arazi Kuru Birim Ağırlık ($gr/cm^3$) | SIKIŞMA (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Fiili | Şartname Değeri (KTŞ, 2013) |
| Mecitözü A.O-1 | 11+560-12+150 | 11+600 (sağ) | | 2,018 | 9,29 | 4,3 | 2,018 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-1 | 11+560-12+150 | 11+700 (orta) | | 2,018 | 9,29 | 4,1 | 2,018 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-2 | 12+450-13+550 | 13+00 (sol) | | 2,172 | 7,00 | 6,0 | 2,171 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-2 | 12+450-13+550 | 13+100 (orta) | | 2,172 | 7,00 | 6,4 | 2,171 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-1 | 13+440-13+560 | 13+520 (orta) | | 2,018 | 9,29 | 7,0 | 2,018 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-1 | 13+440-13+560 | 13+500 (sağ) | | 2,018 | 9,29 | 6,6 | 2,018 | 100,0 | 100 |

Çizelge 4.5. (Devamı)

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mecitözü A.O-1 | 15+550-15+800 | 15+680 (orta) | | 2,018 | 9,29 | 6,8 | 2,018 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-1 | 15+550-15+800 | 15+740 (sol) | | 2,018 | 9,29 | 6,2 | 2,017 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-1 | 15+900-16+250 | 16+000 (orta) | | 2,018 | 9,29 | 5,7 | 2,017 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-1 | 15+900-16+250 | 16+120 (sol) | | 2,018 | 9,29 | 7,0 | 2,017 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-2 | 16+400-16+500 | 16+350 (sağ) | | 2,172 | 7,00 | 5,1 | 2,152 | 99,1 | 95 |
| Mecitözü A.O-2 | 16+400-16+500 | 16+450 (orta) | | 2,172 | 7,00 | 4,8 | 2,182 | 99,4 | 95 |
| Mecitözü A.O-1 | 17+280-18+090 | | 17+350 (orta) | 2,018 | 9,29 | 5,9 | 2,018 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-1 | 17+280-18+090 | | 17+450 (sol) | 2,018 | 9,29 | 4,8 | 2,017 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-1 | 18+220-18+450 | | 17+250 (sağ) | 2,018 | 9,29 | 6,3 | 2,017 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-1 | 18+220-18+450 | | 18+330 (orta) | 2,018 | 9,29 | 4,2 | 2,017 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-1 | 19+100-19+600 | | 19+250 (sol) | 2,018 | 9,29 | 5,7 | 2,017 | 100,0 | 100 |

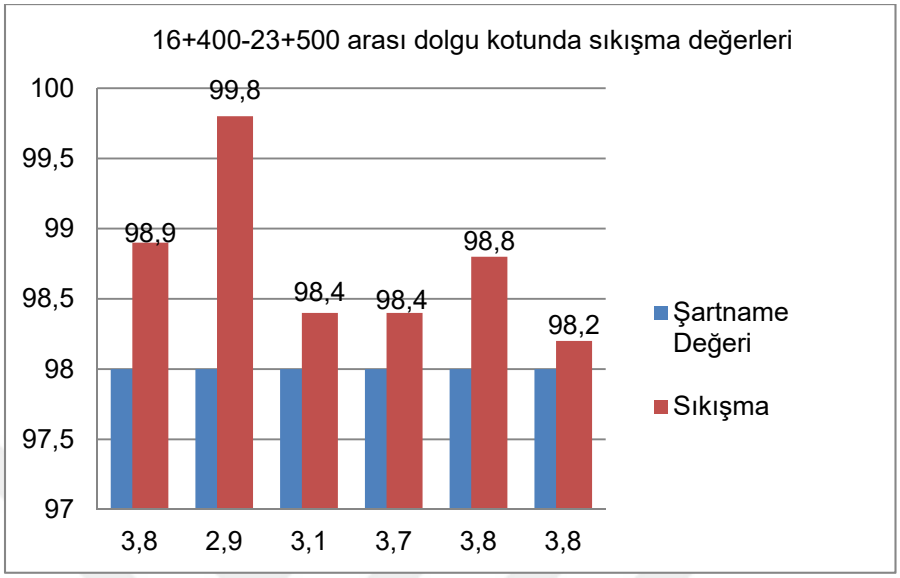
Çizelge 4.5. (Devamı)[4]

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mecitözü A.O-1 | 19+100-19+600 | | 19+350 (orta) | 2,018 | 9,29 | 6,9 | 2,017 | 100,0 | 100 |
| Mecitözü A.O-2 | 20+400-20+500 | 20+420 (sağ) | | 2,172 | 7,00 | 6,3 | 2,136 | 98,4 | 95 |
| Mecitözü A.O-2 | 20+400-20+500 | 20+470 (orta) | | 2,172 | 7,00 | 5,1 | 2,141 | 98,6 | 95 |
| Mecitözü A.O-2 | 23+050-23+500 | 23+250 (orta) | | 2,172 | 7,00 | 5,8 | 2,157 | 98,6 | 95 |
| Mecitözü A.O-2 | 23+050-23+500 | 23+360 (sol) | | 2,172 | 7,00 | 5,2 | 2,165 | 98,6 | 95 |

Terasman kotunda Km: 11+560-19+600 arasında muhtelif yerlerde yapılan kum konisi deneyi sonucunda, bu aralığın tamamında %100 sıkışma değerleri elde edilmiştir. Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre %100 olması gereken sıkışma değerine ulaşıldığı için, optimum zemin değeleri elde edilmiştir (Çizelge 4.5)

Dolgu kotunda Km: 16+400-23+500 arasında muhtelif yerlerde yapılan kum konisi deneyi sonucunda %98,4 ile 99,1 arasında sıkışma değerleri elde edilmiştir. Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre en az %95 olması gereken sıkışma değerinden büyük olduğu için, optimum zemin değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.5 ve Şekil 4.32).

[4] S. AKKAYA, Yazılı olarak, 2019. Çavuş Köyü Mevkii 41.Km Amasya-Çorum Yol işi Şantiyesi Merkez/AMASYA




Şekil 4.32. Km: 16+400-23+500 arası dolgu sıkışma, grafik gösterimi (Yatay eksen: arazi su içeriği, (%), düşey eksen sıkışma değerleri, (%) verilmiştir)

Terasman kotunda, reglajı yapılarak optimum zemine ulaşılan Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'de adı geçen bazı kilometreler arası görünümler aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.33. Km: 11+550-11+760 ve 12+250-12+370 arası reglajı tamamlanan alan



Şekil 4.34. Km: 12+350-12+850 ve 15+550-16+150 arası reglajı tamamlanan alan

### 4.5. Agrega Deneyleri

#### 4.5.1. Los Angeles (Aşınma Kaybı-Aşınma Direnci, TS EN 1097-6)

Ocaktan alınan numunenin 14 mm ve 10 mm elek üzeri alınıp, etüvde 24 saat bekletilmiştir. Elek üstü 14 mm için 2500 g ve 10 mm için 2500 g alınıp M1= 5000 g olarak kaydedilmiştir. Deneyimize 11 adet çelik bilye **(**4593,5 g**)** (Şekil 4.35) ve B tipi malzeme uygun görüldüğü için bu verilerle devam edilmiştir.



Şekil 4.35. 5000 g numune ve 4584 ±25 Hassasiyetteki 11 Adet Çelik Bilye

Hazırlanan $M_1$ numunesi içi temizlenmiş ve deney için hazır hale getirilmiş olan Los Angeles deney aletinin içine yavaşça dökülüp, ardından çelik bilyeler içine atılmıştır (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Numunelerin ve Çelik Bilyelerin Tambura Koyuluşu

Aşındırıcı aleti kapağı sıkıca kapatılıp ve numaratör 500 devire ayarlanmıştır. Ortalama 31-33 d/dk civarı dönen tambur yaklaşık 16.37 dakikada 500 devrini tamamlamıştır. Los Angeles aşınma aletinde, agregaların basınç mukavemeti için çelik bir silindir içine bir miktar iri agrega yerleştirilip, basınç uygulanmış ve ufalanma miktarı ölçülmüştür. Daha sonra tambur kapağı açılarak aşındırılmış deney numunesi tepsiye dökülmüştür. İçinden çelik bilyeler alınarak No: 12 (1.7 mm) elekten elenmiş ve tartım sonucu $M_2$ olarak kaydedilmiştir. Elekten geçen malzemenin deneye başlarken alınan malzemeye oranı aşınma yüzdesini verir. Alınan sonuçlara göre aşınma değeri aşağıdaki formül yardımıyla belirlenmiştir.

***Hesaplamalar***

$M_a$ (%)= ($M_1$ - $M_2$) / $M_1$ x 100

Ma (%)= (5000-4080) / (5000) x 100

**Ma (%)=** 18,4 (yaklaşık **%19**) olarak bulunur.

### 4.5.2. Metilen Mavisi (Kirlilik Oranı Tayini, TS EN 933-9)

Ocaktan alınan 0-5 kum kaba konularak homojen şekilde karıştırılıp 100 ±5°C etüve konulmuştur. Kurutulmuş numune No:10 (2 mm) elekten geçirilip, elek altı 200 gr alınmıştır. Devamında 2000 ml kap hassas terazi üstüne koyularak, içine 500 g su, 200 g No:10 (2 mm) elekten elenmiş 0-5 kum ilave edilmiştir. Karıştırıcı kabın dibine 1-2 mm kalacak şekilde ortalanarak yerleştirilip karıştırılmaya bırakılmıştır. Bu işlem 600 devirde 5 dakika boyunca devam etmiştir. Bu süre sonunda karıştırıcı devri 400'e alınarak 1 dakika boyunca karıştırılmaya devam edilerek, şırınga ile çekilen metilen mavisi solisyonu kabın içine enjekte edilmiştir (Şekil 4.37).



Şekil 4.37. No: 10 (2 mm) elekten geçirilen 0-5 kum, karıştırma ve metilen enjekte işlemi

1 dakika sonunda cam pipet ile karışım devam ederken kabın içinden bir damla alınarak filtre kağıdın üstüne damlatılıp, aynı anda şırınga ile 5 ml daha karışıma ilave edilerek 1 dakika daha karıştırılmaya bırakılmıştır. Kağıt üzerinde oluşan mavi damlacığın 8-12 mm arasında olmasına, fazla dağılmamasına dikkat edilmiştir. Gözlem sonucunda deneyimizin sonucunu oluşturan "açık mavi turkuaz

rengi" şeklinde halelerin oluşmadığı görülmüştür. 1 dakikanın sonunda tekrar cam pipetle bir damla karışımın içinden alınarak filtre kağıda damlatılmış ve 5 ml metilen mavisi daha karışıma eklenerek devam edilmeye bırakılmıştır. Bu işlem damlacıkların etrafında açık mavi haleler görülene kadar devam etmiştir. Haleler göründükten sonra TS EN 933-9 a göre karışıma metilen mavisi eklemeden 1 dakika daha devam edilerek teyit için bir damla numune alınmış, bu işlem 3-4 defa devam etmiştir. Eğer bu halelerde kaybolma olsaydı, tekrardan 5 ml metilen mavisi şırınga ile karışıma ilave ederek 1 dakika daha karıştırılıp tekrardan numune alarak gözlemleyecektik. Deneyimizde haleler kaybolmadığı için teyit işlemi ile beraber sonuca ulaşılmıştır (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Pipetle karışımdan damla alma, filtre kağıdına damlatma işlemi

***Hesaplamalar***

Damlatılan toplam solisyon miktarı hesaplanırken, teyit için damlatılan miktar toplam 5 ml (Örneğin 5 defa teyit için damlatıldı 25 ml yerine 5 ml) olarak hesaplanır. 4. damlada sonucumuz görülmüştür.

M.B= (Ms / Mn) x10

M.B= (20 ml / 200 g) x 10

M.B= **1,00 ml/g** olarak hesaplanır.

Ocaktan alınan 0-5 kumun metilen mavisi yani kirlilik oranı 1,0 olarak belirlenmiştir. Buna göre; M.B. (metilen boyası) veya kirlilik oranı, Plent Mix Alt Temel (PMAT)= 3,5, Plent Mix Temel(PMT)= 3, Bitümlü Temel Tabakası= 2, Binder Tabakası= 2, Aşınma Tabakası=1,5 olarak istenmektedir. Ocaktan alınan bu malzeme mekanik (PMAT ve PMT) ve asfaltın her tabakasında kullanılabilir.

### 4.5.3. Elek Analizi

Eleme, farklı boyutlardaki agregaların tane boyu dağılımını belirlemek için, delik veya açıklıklardan geçebilme veya geçememe özelliğine dayanarak yapılmış bir (boyuta göre) sınıflandırma işlemidir. Bu deney yapılırken Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre ASTM E 11 elek serisinden yararlanılmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. ASTM E 11 elek serisi

| Amerikan Elekleri (ASTM E 11) | | | |
|---|---|---|---|
| Elek No | Elek Açıklığı | Elek No | Elek Açıklığı |
| 3" | 75 mm | No: 16 | 1.18 mm |
| 2" | 50 mm | No: 20 | 0.85 mm |
| 1 ½" | 37,5 mm | No: 30 | 0.60 mm |
| 1" | 25 mm | No: 40 | 0.425 mm |
| ¾" | 19 mm | No: 50 | 0.300 mm |
| 3/8" | 9.5 mm | No: 60 | 0.250 mm |
| No: 4 | 4.75 mm | No: 80 | 0.180 mm |
| No:8 | 2.36 mm | No: 100 | 0.150 mm |
| No: 10 | 2 mm | No: 200 | 0.075 mm |

Tane boyu dağılımına bakılmak için ocaktan getirilen agregalar ilk olarak, bölgeçten geçirilerek eşit olarak kapların içine konularak kurutulmak üzere etüve alınmıştır. 24 saat kurutulduktan sonra ASTM E 11 elek serisinden geçirilmiştir. Elek üstünde kalan ve eleklerin altına geçen değerler tartılarak kayıt edilmiştir. 0-5 mm malzeme ise kurutulduktan sonra tekrar yıkanarak, No: 200 (0,075 mm) üzeri etüve alınmış ve 24 saat daha kurulmuştur (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Agregalara ait elek analizi deneyi yapımı

Km: 2+640'deki taş ocağına ait 5 adet elek bulunmaktadır. Her bir elek için bantlardan alınan numunelere ayrı ayrı elek analizleri yapılmıştır (Şekil 4.40).



Şekil 4.40. Km: 2+640'daki taş ocağına ait bantlardan alınan numuneler

Çizelge 4.7. Km: 2+640 da bulunan taş ocağına ait elek analizi

| AGREGA GRUBU | ELEK NO | | Kümülatif Kalan | % Kalan | % Geçen | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | inç | mm | | | | |
| 19 - 38 | 1 1/2 | 37,5 | 0 | 0 | 100 | 8299 |
| | 1 | 25 | 4500 | 54,7 | 45,3 | |
| | 3/4 | 19 | 7681 | 93,3 | 6,7 | Kuru Numune(gr) |
| | 1/2 | 12,5 | 8203 | 99,7 | 0,3 | |
| 12 - 19 | 1 | 25 | 0 | 100 | 100 | 3188 |
| | 3/4 | 19 | 0 | 100 | 100 | |
| | 1/2 | 12,5 | 2500 | 78,4 | 21,6 | Kuru Numune(gr) |
| | 3/8 | 9,5 | 3174 | 99,6 | 0,4 | |
| 5 - 12 | 1/2 | 12,5 | 0 | 100 | 100 | 1761 |
| | 3/8 | 9,5 | 290 | 17,4 | 82,8 | |
| | NO: 4 | 4,75 | 1128 | 67,5 | 32,5 | Kuru Numune(gr) |
| | NO: 10 | 2 | 1653 | 98,9 | 1,1 | |
| | NO :40 | 0,425 | 1657 | 99,2 | 0,8 | |
| 0 - 5 (1. Elek ) | NO :4 | 4,75 | 0 | 100 | 100 | 861 |
| | NO: 10 | 2 | 303,7 | 35,3 | 64,7 | |
| | NO: 40 | 0,425 | 642,3 | 74,6 | 25,4 | Kuru Numune(gr) |
| | NO: 80 | 0,180 | 742,3 | 862 | 13,8 | |
| | NO: 200 | 0,075 | 789,8 | 91,7 | 8,3 | |
| 0 - 5 ( 2. Elek ) | NO: 4 | 4,75 | 0 | 100 | 100 | 717 |
| | NO: 10 | 2 | 285,3 | 39,8 | 66,2 | |
| | NO: 40 | 0,425 | 534,2 | 74,5 | 25,5 | Kuru Numune(gr) |
| | NO: 80 | 0,180 | 606,3 | 84,6 | 15,4 | |
| | NO: 200 | 0,075 | 643,6 | 89,8 | 10,2 | |

***Hesaplamalar***

0-5 (2.elek) için;

No: 4 (elek üzeri)= 0 g

No: 10 (elek üzeri)= 285,3 g

No: 40 (elek üzeri)= 534,2 g

No: 80 (elek üzeri)= 606,3 g

No: 200 (elek üzeri)= 643,6 g

Toplam numune miktarı= 717 g

No: 4 = %100 geçmiş

No: 10= (Geçen numune miktarı / Toplam numune miktarı) x 100

No: 10= (285,3 / 717) x 100

No: 10= 39,79 = **%38**

**%100-%38=66,2** olarak bulunur.

Tüm elekler için aynı işlemler yapılarak sonuçlar bulunmuş ve kullanılan agregaların elek analizi sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

## 4.6. Plent Mix Alttemel (PMAT ) ve Plent Mix Temel (PMT) Tabakası

### 4.6.1. PMAT

Karayolları 7.Bölge Müdürlüğü tarafından Yedigöze İnşaat ve Sigma İnşaat uhdesinde bulunan (Çorum-Merzifon) Ayr. -Mecitözü- (Amasya–Turhal) Ayr. Yolu Km: 0+000-61+841,27 arası yol yapım işinde kullanılmak üzere Km: 2+640'da bulunan Elvançelebi Taş Ocağı konkasör tesislerinde üretilmiş 4 tip agrega kullanılarak Yedigöze İnşaat ve Sigma İnşaat Laboratuvarında Plent Miks Alttemel Tabakası Dizaynı yapılmıştır. Yapılan çalışmalar (Karışım oranları-karışım gradasyonu–tolerans limitleri); Km: 2+640'da bulunan Elvançelebi Taş Ocağında üretilen (38-19 mm), (19-12 mm), (12-5 mm) ve (5-0 mm) dane boyutu

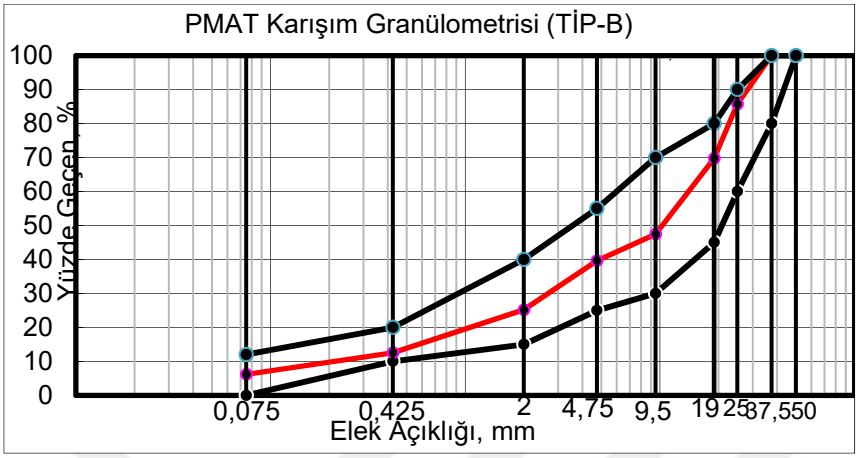
grubu agregalardan laboratuvarımızda yapılan 15 adet şantiye elek analizi ortalamaları dizayna esas alınmış olup, agregaların kullanım oranları ile dizayn gradasyonu ve tolerans limitleri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Alttemel malzemesi gradasyon limitleri (KTŞ, 2013)

| Kullanım Oranları, % | | 37 | 14 | 12 | 37 | 100 | Karayolları Teknik Şartnamesi, PMAT Tip-1 (KTŞ, 2013) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elek açıklığı | | 38-19 (mm) | 19-12 (mm) | 12-5 (mm) | 5-0 (mm) | Karışım Gradasyonu | | |
| İnç | mm | %geçen | %geçen | %geçen | %geçen | | Alt limit | Üst limit |
| 2 | 50,0 | 100 | | | | 100,0 | 100 | 100 |
| 1 ½ | 37,5 | 100 | | | | 100,0 | 80 | 100 |
| 1 | 25,4 | 61,5 | 100 | | | 85,8 | 60 | 90 |
| 3/4 | 19,1 | 18,4 | 100 | 100 | | 69,8 | 45 | 80 |
| 3/8 | 9,52 | 1,3 | 1,2 | 81,9 | 100 | 47,5 | 30 | 70 |
| No: 4 | 4,76 | 0,6 | 0,6 | 21,2 | 100 | 39,6 | 25 | 55 |
| No: 10 | 2,0 | | | 1,2 | 67,8 | 25,2 | 15 | 40 |
| No: 40 | 0,425 | | | 0,6 | 33,9 | 12,6 | 10 | 20 |
| No:200 | 0.075 | | | | 13,2 | 4,9 | 0 | 12 |

Çizelge 4.8'de belirtilen gradasyon limitleri içerisinde sürekli gradasyon verecek şekilde hazırlanan malzeme su ile karıştırılarak oluşturulmuştur. Alttemel malzemesinin taş ocaklarından kırılarak hazırlandığı için malzemenin gradasyonu Tip-B gradasyon limitlerine uygun olarak oluşturulmuştur. Bu koşula göre, projede Tip-B gradasyon limitleri kullanılmıştır (Şekil 4.41).

Plent Mix Alttemel tabakasında kullanılan karışıma Metilen Mavisi, (Kirlilik Oranı Tayini, TS EN 933-9) yapılmıştır. Altı adet yapılmış olan (M.B) sonuçları; 2,0, 1,75, 2,0, 1,75, 1,5, 1,5 olarak bulunmuş olup, 3,5 değerinden küçük olduğu için KTŞ'ye göre karışımın kullanılmasında sakınca görülmemiştir.




Şekil 4.41. PMAT karışım granülometrisi (TİP-B)

Şekil 4.41'daki karışım gradasyonunda hazırlanan agrega numunesinin kuru birim ağırlık-su içeriği ilişkileri modifiye proktor metoduyla tespit edilmiştir. Modifiye proktor enerjisinde sıkıştırılan numunenin yaş CBR değerleri tayin edilerek deney sonuçları aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. PMAT karışım gradasyonu deney sonuçları

| Deney Adı | Modifiye Proktor | PMAT, KTŞ limitleri |
|---|---|---|
| Maksimum Kuru Birim Ağırlık, (t / m³) | 2,300 | - |
| Optimum Su İçeriği, (%) | 4,23 | - |
| Likit Limit, (LL) | N.P. | ≤ 25 |
| Plastik İndeks, (PI) | N.P. | ≤ 6 |
| Yaş CBR, (%) | 218,6 | ≥ 50 |

***Sıkıştırma***

Sıkıştırma, çalışma ağırlığı en az 11.000 kg statik çizgisel yükü 30 kg/cm'den büyük, iki frekanslı vibrasyon sistemli düz bandajlı silindir ve lastik başına düşen yükü 3.500 kg'dan az olmayan lastik tekerlekli 9.000 kg vabil

silindirle yapılmıştır. Kullanılan malzeme ve serilen tabaka kalınlığına uygun sıkıştırma tekniği, 4-5 pass arasında deneme çalışmaları yapılarak bulunmuştur. Sıkıştırma, düşük kotlu kenardan eksene doğru yapılmıştır. (Şekil 4.42).



Şekil 4.42. Km:18+750-19+350 arası lastik tekerlekli vabil ve vibrasyonlu silindir ile sıkıştırma

Vabilin tekerleri gözle görülmeyen V şeklinde içe doğru hafif çapraz olduğu için, (amaç, serilen PMAT tabakasının içinde kalan hava tamamen dışarı çıkarmak) bu özellikleri sayesinde iyi bir sıkışma yapılmıştır.[5]

Km: 17+280-19+600 arasında rejlajı yapılan alana Plent Mix Alttemel tabakası (PMAT), Maksimum kuru birim ağırlık= 2,300 g/cm$^3$ ve Optimum su muhtevası (Wopt)= %4,23 olarak 15 cm serilmiştir. Arazinin kuru birim ağırlığının belirlenmesinde kum konisi metodu kullanılmıştır. Bitmiş tabakanın, herhangi bir noktası ile tabakanın proje kotu arasında ±20 mm'den fazla kot farkı olmamasına dikkat edilmiştir.

[5] Ş.ERDOĞAN, Sözlü olarak, 2018. Çavuş Köyü Mevkii 41.Km Amasya-Çorum Yol işi Şantiyesi Merkez/AMASYA

Modifiye proktor deneyi (AASHTO T 180, TS 1900-1) ile bulunan maksimum kuru birim ağırlığın %98'ine kadar sıkıştırılan numunelerin yaş CBR değerleri, Tip-B için minimum %50 kriterine uyulmuştur. İnce tesviyesi tamamlanmış dolgu ve yarmadan oluşan Km: 17+280-19+600 arasında üstyapı tabanı üzerine tek tabaka halinde, projede belirtildiği şekilde 15 cm serilip sıkıştırılmasıyla alttemel tabakası oluşturulmuştur.

#### 4.6.1.1. Km: 17+280-19+600 Arası PMAT Kum Konisi Sıkışma Sonuçları

Km: 17+280-19+600 arasında maksimum kuru birim ağırlık= 2,300 g/cm$^3$ ve optimum su (Wopt)= %4,23 ile yapılan alttemel tabakası ile arazide yapılan kum konisi deneyi sonuçlarına ait veriler karşılaştırılmıştır. Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre (Çizelge 4.10) PMAT kotunda Çizelge 4.11'de adı geçen kilometreler arasında optimum zemin değerlerine ulaşılmıştır.

Çizelge 4.10. Alttemel sıkıştırma kritelerleri

| | | | |
|---|---|---|---|
| TİP-B | Sıkışma, Minimum, (%) | 98 | Modifiye Proktor TS 1900, AASHTO T 180 |
| | Sıkışma, Minimum, (%) | 95 | Titreşimli Tokmak TS 1900-1, BS 1377 |
| | Optimum su içeriği, (%) | (Wopt -2)-Wopt | Modifiye Proktor TS 1900, AASHTO T 180 |
| | Optimum su içeriği, (%) | Wopt ±1 | Titreşimli Tokmak TS 1900-1, BS 1377 |

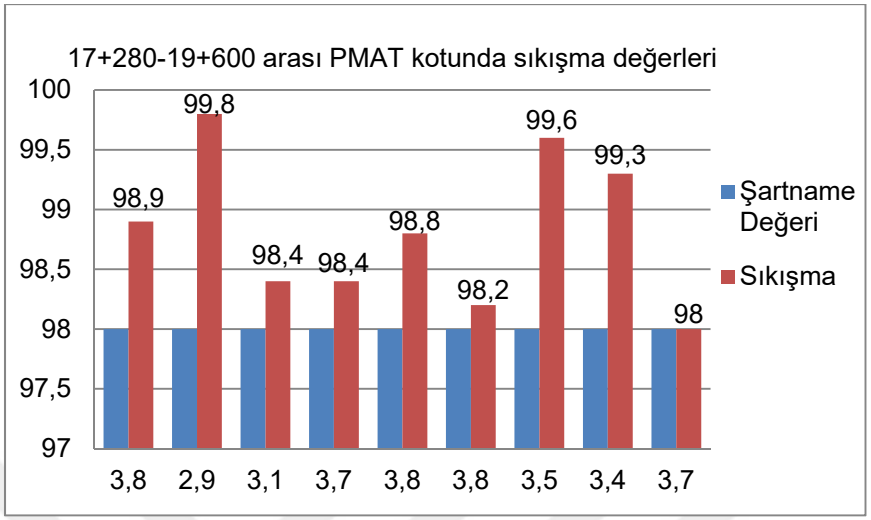
Çizelge 4.11. Km: 17+280-19+600 arası sıkışma sonuçları

| GELDİĞİ KM | DÖKÜLEN KM | PMAT | Max. Kuru Birim Ağırlık (gr/cm$^3$) | Opt.Su (%) | Arazi Su (%) | Arazi Kuru Birim Ağırlık (gr/cm$^3$) | SIKIŞMA (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Fiili | Şartname Değeri (KTŞ, 2013) |
| 2+640 Mekanik Pllent | 17+500-17+280 | 17+350 (sol) | 2,300 | 4,4 | 3,8 | 2,275 | 98,9 | 98 |
| 2+640 Mekanik Pllent | 17+500-17+280 | 17+450 (sağ) | 2,300 | 4,4 | 2,9 | 2,296 | 99,8 | 98 |

Çizelge 4.11. (Devamı)

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2+640 Mekanik Pllent | 17+800-17+500 | 17+550 (sol) | 2,300 | 4,4 | 3,1 | 2,265 | 98,4 | 98 |
| 2+640 Mekanik Pllent | 17+800-17+500 | 17+650 (orta) | 2,300 | 4,4 | 3,5 | 2,291 | 99,6 | 98 |
| 2+640 Mekanik Pllent | 18+090-17+800 | 17+750 (sağ) | 2,300 | 4,4 | 3,7 | 2,243 | 97,5 | 98 |
| 2+640 Mekanik Pllent | 18+090-17+800 | 17+950 (orta) | 2,300 | 4,4 | 3,8 | 2,259 | 98,2 | 98 |
| 2+640 Mekanik Pllent | 18+220-18+400 | 18+300 (sol) | 2,300 | 4,4 | 3,4 | 2,284 | 99,3 | 98 |
| 2+640 Mekanik Pllent | 18+220-18+400 | 18+400 (orta) | 2,300 | 4,4 | 3,8 | 2,274 | 98,8 | 98 |
| 2+640 Mekanik Pllent | 19+100-19+600 | 19+250 (orta) | 2,300 | 4,4 | 3,2 | 2,274 | 98,8 | 98 |
| 2+640 Mekanik Pllent | 19+100-19+600 | 19+350 (sağ) | 2,300 | 4,4 | 3,7 | 2,254 | 98,0 | 98 |

PMAT kotunda, Km: 17+280-19+600 arasında %98,0-99,8 sıkışma değerleri elde edilmiştir. Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre en %98 olması gereken sıkışma değerine ulaşıldığı için, optimum zemin verileri elde edilmiştir.




Şekil 4.43. Km: 17+280-19+600 arası dolgu sıkışma, grafik gösterimi (Yatay eksen: arazi su içeriği, (%), düşey eksen sıkışma değerleri, (%) verilmiştir)

Optimum zemine ulaşılan Şekil 4.44 ve Şekil 4.45'de adı geçen bazı kilometreler arası görünümler aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.44. Km: 17+700-18-200 ve Km: 18+450-19+100 arası biten PMAT



Şekil 4.45. Km: 17+650-17+800 ve Km: 18+650-18+850 arası biten PMAT

### 4.6.2. PMT

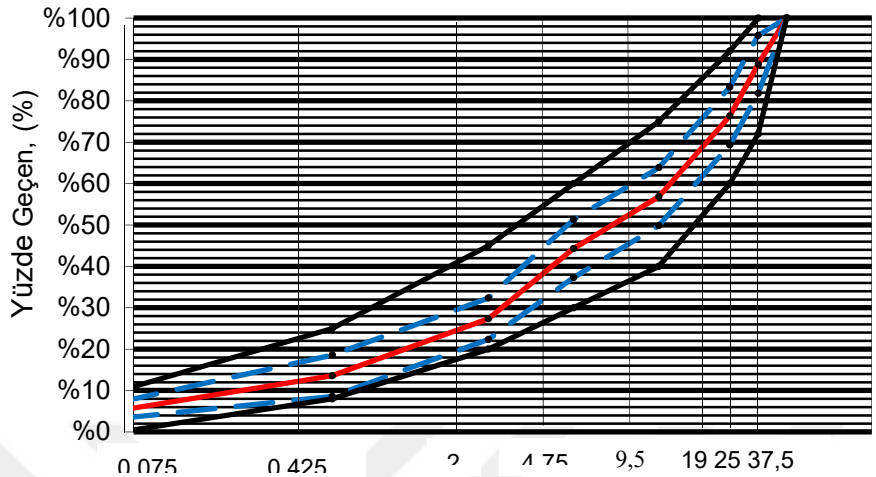
Karayolları 7.Bölge Müdürlüğü tarafından Yedigöze İnşaat ve Sigma İnşaat uhdesinde bulunan (Çorum-Merzifon) Ayr. -Mecitözü- (Amasya-Turhal) Ayr. Yolu Km: 0+000-61+841,27 arası yol yapım işinde kullanılmak üzere Km: 2+640'da bulunan Elvançelebi Taş Ocağı konkasör tesislerinde üretilmiş 4 tip agrega kullanılarak Yedigöze İnşaat - Sigma İnşaat Laboratuvarında Plent Miks Temel Tabakası Dizaynı yapılmıştır. Yapılan çalışmalar (Karışım oranları -karışım gradasyonu–tolerans limitleri); Km: 2+640'da bulunan Elvançelebi Taş Ocağında üretilen (38-19 mm), (19-12 mm), (12-5 mm) ve (5-0 mm) dane boyutu grubu agregalardan laboratuvarımızda yapılan 15 adet şantiye elek analizi ortalamaları dizayna esas alınmış olup, agregaların kullanım oranları ile dizayn gradasyonu ve tolerans limitleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.[6]

[6] U.ARSLAN, Sözlü olarak, 2018. Çavuş Köyü Mevkii 41.Km Amasya-Çorum Yol işi Şantiyesi Merkez/AMASYA

Çizelge 4.12. Temel malzemesi gradasyon limitleri (KTŞ, 2013)

| Kullanım Oranları, % | | 29 | 11 | 20 | 40 | 100 | Karayolları Teknik Şartnamesi PMT Tip-1 (KTŞ, 2013) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elek açıklığı | | 38-19 (mm) | 19-12 (mm) | 12-5 (mm) | 5-0 (mm) | Karışım Gradasyonu | Şartname | | Tolerans | |
| İnç | mm | % geçen | % geçen | % geçen | % geçen | | Alt limit | Üst limit | Alt limit | Üst limit |
| 2 | 50,0 | 100 | | | | 100,0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 25,4 | 61,5 | | | | 88,8 | 72 | 100 | 81 | 95 |
| 3/4 | 19,1 | 18,4 | 100 | 100 | | 76,3 | 60 | 92 | 74 | 88 |
| 3/8 | 9,52 | 1,3 | 1,2 | 81,9 | | 56,9 | 40 | 75 | 55 | 69 |
| No: 4 | 4,76 | 0,6 | 0,6 | 21,2 | 100 | 44,3 | 30 | 60 | 44 | 58 |
| No: 10 | 2,0 | | | 1,2 | 67,8 | 27,3 | 20 | 45 | 29 | 39 |
| No :40 | 0,425 | | | 0,6 | 33,9 | 13,6 | 8 | 25 | 8 | 16 |
| No:200 | 0.075 | | | | 13,2 | 5,3 | 0 | 10 | 3 | 7 |

PMT tabakası kırma taş ve ince malzeme kullanılarak Çizelge 4,12'de verilen gradasyon limitleri içerisinde sürekli gradasyon verecek şekilde kaba ve ince olmak üzere dört ayrı tane boyutu grubunun uygun oranda su ile bir plentte karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Malzeme, plent mix alttemel tabakası üzerine projesinde belirtilen 20 cm kalınlığında tek tabaka halinde serilip sıkıştırılmıştır.




Şekil 4.46. PMT karışım granülometrisi (TİP-1)

Şekil 4.46'daki karışım gradasyonunda hazırlanan numunenin kuru birim ağırlık - su içeriği ilişkileri modifiye proktor ve titreşimli tokmak metoduyla tespit edilmiştir. Modifiye proktor enerjisinde sıkıştırılan numunenin yaş CBR değerleri tayin edilerek deney sonuçları aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. PMAT karışım gradasyonu deney sonuçları

| Deney Adı | Modifiye Proktor | PMT, KTŞ limitleri |
|---|---|---|
| Maksimum Kuru Birim Ağırlık, (t / m³) | 2,323 | - |
| Optimum Su İçeriği, (%) | 4,89 | - |
| Likit Limit, (LL) | N.P. | N.P. |
| Plastik İndeks, (PI) | N.P. | N.P |
| Yaş CBR, (%) | 231,4 | ≥ 120 |

Üstyapı projelendirme veya üstyapı takviye raporlarında verilmiş plent-miks temel tabakası kalınlığının 20 cm olduğu için PMT Tip-1, kullanılmıştır.

Karışımda kullanılmış olan su miktarı, Titreşimli tokmak (TS 1900-1, BS 1377) ile bulunan optimum su içeriğinden Wopt ±0,5 veya modifiye proktor (TS 1900-1 AASHTO T 180 ) deneyi ile bulunan optimum su içeriğinden (Wopt-1)-Wopt fazla veya az olmamasına dikkat edilmiştir. Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan ve Modifiye proktor deneyi (AASHTO T 180, TS 1900) yöntemi ile bulunan maksimum kuru birim ağırlığının % 100'üne sıkıştırılmış numunelerin yaş CBR (AASHTO T 193, TS 1900-2) değerleri % 120'den az olmaması gözetilmiştir.

***Sıkıştırma***

Karışım yola seril serilmez silindiraja başlanmıştır. %100 sıkışmanın sağlanabilmesi için, 4-5 pass sayısı atan vabil silindir ve toprak silindiri kullanılmıştır. Sıkıştırma, çalışma ağırlığı 11.000 kg statik çizgisel yükü 30 kg/cm'den büyük, iki frekanslı vibrasyon sistemli düz bandajlı silindirler ve lastik başına düşen yükü 3.500 kg'dan az olmayan lastik tekerlekli 9.000 kg vabil silindirle yapılmıştır. Sıkıştırma, düşük kotlu kenardan eksene doğru yapılmıştır (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Km:18+650-19+350 arası finişerle serme, lastik tekerlekli vabil ve vibrasyonlu silindir ile sıkıştırma yapımı

Vabil havası PMAT ve PMT tabakalarında farklı barlarda hava ile doludur.[7] Temel tabakaları finişerlerle ile serilip, vabil ve toprak silindirleriyle sıkıştırmalar yapılmıştır. Bitmiş tabakanın, herhangi bir noktası ile tabakanın proje kotu arasında ±20 mm'den fazla kot farkı bulunmamasına dikkat edilmiştir (Şekil 4.48).



Şekil 4.48. Km: 17+800-18+450 arası finişerle PMT tabakası serme ve sıkıştırma

Plent Mix Temel tabakasında kullanılan karışıma Metilen Mavisi, (Kirlilik Oranı Tayini, TS EN 933-9) yapılmıştır. Yapılmış olan kirlilik oranı (M.B) sonuçları; 1,0, 1,50, 1,75, 1,75, 1,0 olarak bulunmuş olup, 3,0 değerinden küçük olduğu için KTŞ'ye göre karışımın kullanılmasında sakınca görülmemiştir.

#### 4.6.2.1. Km: 17+280-19+600 Arası PMT Kum Konisi Sıkışma Sonuçları

Km: 17+280-19+600 arasında maksimum kuru birim ağırlık= 2,323 g/cm$^3$ ve optimum su (Wopt)= %4,89 ile yapılan alttemel tabakası ile arazide yapılan kum konisi deneyi sonuçlarına ait veriler karşılaştırılmıştır. Karayolları Teknik Şartnamesi'ne (Çizelge 4.14) göre, PMT kotunda Çizelge 4.15'de adı geçen kilometreler arasında optimum zemin değerlerine ulaşılmıştır.

[7] Ş.ERDOĞAN, Sözlü olarak, 2018. Çavuş Köyü Mevkii 41.Km Amasya-Çorum Yol işi Şantiyesi Merkez/AMASYA

Çizelge 4.14. Temel sıkıştırma kritelerleri (KTŞ, 2013)

| | | |
|---|---|---|
| Minimum Sıkışma, (%) | 100 | Modifiye Proktor TS 1900-1, AASHTO T 180 |
| | 97 | Titreşimli Tokmak TS 1900-1, BS 1377 |
| Optimum su içeriği, (%) | W(opt -1) - Wopt Wopt ±0,5 | Modifiye Proktor Titreşimli Tokmak |

Çizelge 4.15. Km: 17+280-19+600 arası sıkışma sonuçları

| GELDİĞİ KM | DÖKÜLEN KM | PMT | Max. Kuru Birim Ağırlık ($gr/cm^3$) | Opt.Su (%) | Arazi Su (%) | Arazi Kuru Birim Ağırlık ($gr/cm^3$) | SIKIŞMA (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Fiili | Şartname Değeri (KTŞ, 2013) |
| 2+640 Mekanik PIlent | 17+600-17+280 | 17+350 (sağ) | 2,323 | 4,89 | 3,6 | 2,324 | 100 | 100 |
| 2+640 Mekanik PIlent | 17+600-17+280 | 17+450 (orta) | 2,323 | 4,89 | 3,4 | 2,336 | 100 | 100 |
| 2+640 Mekanik PIlent | 18+090-17+600 | 17+950 (orta) | 2,323 | 4,89 | 3,6 | 2,331 | 100 | 100 |
| 2+640 Mekanik PIlent | 18+090-17+600 | 18+050 (sağ) | 2,323 | 4,89 | 3,5 | 2,330 | 100 | 100 |
| 2+640 Mekanik PIlent | 18+090-17+500 | 17+750 (sağ) | 2,323 | 4,89 | 3,6 | 2,326 | 100 | 100 |
| 2+640 Mekanik PIlent | 18+090-17+800 | 17+950 (orta) | 2,323 | 4,89 | 3,4 | 2,329 | 100 | 100 |

Çizelge 4.15. (Devamı)

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2+640 Mekanik PIlent | 18+220-18+750 | 18+300 (sol) | 2,323 | 4,89 | 4,2 | 2,328 | 100 | 100 |
| 2+640 Mekanik PIlent | 18+220-18+750 | 18+400 (orta) | 2,323 | 4,89 | 3,2 | 2,341 | 100 | 100 |
| 2+640 Mekanik PIlent | 19+300-18+750 | 19+050 (sol) | 2,323 | 4,89 | 3,5 | 2,340 | 100 | 100 |
| 2+640 Mekanik PIlent | 19+300-18+750 | 19+150 (orta) | 2,323 | 4,89 | 4,2 | 2,326 | 100 | 100 |
| 2+640 Mekanik PIlent | 19+600-19+300 | 19+350 (orta) | 2,323 | 4,89 | 3,1 | 2,333 | 100 | 100 |
| 2+640 Mekanik PIlent | 19+600-19+300 | 19+450 (sağ) | 2,323 | 4,89 | 3,7 | 2,338 | 100 | 100 |

PMT kotunda, Km: 17+280-19+600 arasında %100 sıkışma değerleri (Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre) ile optimum zemine değerleri elde edilmiştir. Elde edilen verilere ait Şekil 4.49 ve Şekil 4.50'de adı geçen bazı kilometreler arası görünümler aşağıda verilmiştir.



Şekil 4. 49. Km: 17+600-17+900 arası biten PMT tabakası



Şekil 4.50. Km: 17+350-17+650 ve Km: 17+650-17+750 arası biten PMT

Bu projede arazi kuru birim hacim ağırlık tayininde kum konisi metodu kullanılmıştır. Laboratuvarda PMAT ve PMT dizaynlarına yapılan proktor deneyleriyle elde edilen kuru birim hacim ağırlık ile arazide tayin edilen kuru birim hacim ağırlık karşılaştırılarak KTŞ'de belirtilen %98-100 sıkışma sıkışma kriterleri elde edilerek optimum zemine ulaşılmıştır.

# 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında (Çorum-Merzifon) Ayr. -Mecitözü- (Amasya-Turhal) Ayr. 0+000-61+841,27 km arası bölünmüş yol yapımı kapsamında, Karayolu temel/alttemel zemin uygulama çalışmaları incelenmiştir. Tez çalışması boyunca Karayolları Teknik Şartnamesi gözetilerek çalışmalar yürütülmüştür. Projenin ilerleyişine göre Km: 11+500 ile 23+600 arasına yoğunlaşılmıştır. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

## 5.1. Sonuçlar

Km: 11+500-23+600 arasında yapılan zemin analizleri neticesinde tamamına yakını (KTŞ'ye göre) zayıf zemin olarak tespit edilmiştir. Bu verilere göre projenin devamında Km: 61+841'e kadar güzergah boyunca aynı formasyon (kuvaterner yaşlı alüvyon) devam ettiği için zayıf zeminlere rastlanacaktır. Öyle ki daha önceden yapılan Km: 38+600'deki zemin analizleri sonucunda zayıf zeminin tespit edilmesi, öngörüleri doğrulamaktadır.

Tez çalışmasının ana teması olan, Karayolu temel/alttemel zemin uygulama çalışmaları kapsamında, optimum zemin değerlerine; Kum konisi deneyi sonucunda, Km: 11+500-23+600 arasında %98,4-100 sıkışma ile dolgu-terasman kotunda sulaşılmıştır. Terasman seviyesinde hazırlanmış olan Km: 12+180-12+220 arasında, (17.5.2019 tarihinde) hızı 6 km/saat, ağırlığı 36 ton olan 10 tekerli kamyon (Plaka No: 06 GB 9263) yolun sağ platformun sağ taraf, eksen ve sol tarafından geçecek şekilde hareket ettirilerek "Doğrulama (kamyon) Testi" yapılmıştır. Yapılan test sonucunda lokal olarak esneme, defleksiyon, çökme vb. unsurlar gözlenmiştir. Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018 g/cm$^3$, Optimum su muhvetası (Wopt)= %9,29 olan dona hassas olmayan nitelikteki malzeme sökülmüştür. Bir süre havalandırılarak kurutulduktan sonra tekrar iyileştirme yapılarak optimum verilere ulaşılmıştır.

Dona hassas olmayan malzeme niteliğindeki, Maksimum kuru birim ağırlık= 2,018-2,172 g/cm$^3$, Optimum su muhtevası (Wopt)= %7,00-9,29 arasında değerlere sahip ariyet malzemesi temini konusunda birkaç hafta aksaklıklar yaşanmıştır. Aynı zamanda Daimi Nezaretçisi olarak bulunduğum ariyet ocağında, özellikle tabana inildikçe (basınçlı akiferlerden su çıkışları nedeniyle) optimum su muhtevasındaki değişimlerden dolayı yapılan iyileştirme çalışmalarında sorunlar gözlenmiştir.

Km: 2+640'daki Elvançelebi Taş Ocağında, kırıklı-çatlaklı süreksizlikler bulunan 2,68 g/cm$^3$ yoğunluğa, %19 aşınma değerine sahip kireçtaşında, zaman zaman kil damarlarına rastlanmıştır. Sonbahar aylarına girildiğinde dolgu ve filtre (19-38 mm agrega) malzemeleri, özellikle 0-5 kum temini konusunda aksaklıklar yaşanmıştır.

Kuvaterner yaşlı alüvyonlar güzergah boyunca devam ettiği için, araştırma raporlarına ve elde edilen bulgulara göre zayıf zeminler mevcuttur. Yarma yapılan bölümlerden çıkan malzemeler Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre (KTŞ) uygun nitelikli kazı malzemesi özelliğini taşımadığı görülmüştür.

Özellikle yarmaların bulunduğu bölümlerde zayıf zeminler tespit edilmiş olup, şev stabilitesini sağlamak üzere şev değerleri düşürülerek yatırılmıştır. Şev önlerine dayanma yapısı olarak duvar örülmüştür.

Mekanik kısım olan PMAT ve PMT bölümlerine başlanmadan önce yapılan hazırlık çalışmalarında MB= 2,5-3,5 arasında çıkmasından dolayı, konkasör tesisindeki taş-toprak ayrımını yapan bypas eleği (24 mm) büyültülerek (38 mm) kirlilik oranı MB= 1,0-2,0 değerleri arasına çekilmiştir.

Kompaksiyon yöntemiyle yapılan sıkıştırma işleminde, yapılan arazi kuru birim ağırlık tayini, deneme sıkıştırmaları ve gözlemler sonucu (11.000 kg, statik çizgisel yükü 30 kg/cm'den fazla olan, iki frekanslı vibrasyon sistemli düz bandajlı silindir ve lastik başına düşen yükü 3.500 kg'dan az olmayan lastik tekerlekli 9.000 kg vabil silindirle) 3-5 pass arasında sıkışma değerleri elde edilmiştir.

Km: 17+280-19+600 arasında %98,0-99,8 sıkışma ile PMAT kotunda, Km: 17+280-19+600 arasında %100 sıkışma ile PMT kotunda, (Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre) elde edilen veriler neticesinde, optimum zemin değerleri sağlanmıştır.

### 5.2. Öneriler

Km: 0+000-61+841,27 arasında belirli bölümler yapılan zemin analizleri neticesinde zayıf zeminlerle karşılaşıldığı için, uygulanan iyileştirme yöntemi ve malzeme temini, bu durum gözetilerek revize edilmelidir.

Km: 12+610'da yapılan kamyon testi sonucu sökülen su muhtevasının fazla olduğu ve yağmurlu hava sonrasında kompaksiyon yapıldığı tespit edilmiştir. Bu yağışlı havalarda çalışılmamaya (özellikle 1-2 gün) dikkat edilmeli ve zemine yakın bölümlerden malzeme temini yapılırken özen gösterilmelidir.

Mekanik kısımda çalışılmadan önce MB kirlilik oranı ayarlanmalıdır.

Yarmalardan çıkan malzemeler uygun nitelikli kazı malzemesi özelliği taşımadığı için, güzergah boyunca projenin ilerleyiş hızı ve malzeme temini konusunda üzerinde durulması gereken en önemli unsurlardan birisidir.

Proje devam ederken açılan yarmaların birçoğunda zamanla stabilite problemleri görüldüğü için, ilerleyen kilometrelerde çalışılmadan en az 6 ay önce yarmalar açılarak şev duraylılıkları zaman zaman gözlenmelidir. Bu sonuçlara göre projede değişiklikler yapılabilir. İyileştirme malzemeleri konusunda yaşanan bazı aksaklıklardan dolayı güzergah üzerinde yapılacak iyileştirme çalışmaları için, taş ocağı ve ariyet ocakları belirlenip, olası dolgu miktarına göre rezerv tespiti dikkatlice yapılmalıdır. Çalışılan alanlarda, dolgunun kaldırılıp yeniden sıkıştırılmaması için yağmur sonrası havanın durumuna göre terasman kotuna gelinen yerlerde sıkıştırma yapılmaması yerinde olacaktır.

İstenilen arazi kuru birim ağırlığı sağlayabilmek için, silindir ve vabil ile yapılan sıkıştırma çalışmalarında pass sayısı 3-5 aralığında olabilir.

## KAYNAKLAR


Akbulut, S., 1999. Enjeksiyon ile Granüler Zeminlerin Geoteknik Özelliklerinin İyileştirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Aksoy, H. S., İnal, E., Gör, M., 6. Geoteknik Sempozyomu 26-27 Kasım 2015, "Dere Kumu ve Kırma Taş Zeminlerde Çimento Enjeksiyonu İle Üretilen Numunelerin Basınç Dayanımı Değişimleri" s.618

Arıgün, Z., 2002, "Çorum-Mecitözü Doğusu ile Amasya-Doğantepe Arasındaki Karstik Kaynakların ve Beke Kaplıcasının Hidrojeoloji İncelemesi" Ankara Üniv. Fen Bil. Enst., (Yayınlanmamış Doktora Tezi), s.1-2 Ankara.

Arınç, K., 2006. Türkiye'nin Coğrafi Bölgeler-Kıyı Bölgeleri, Coğrafya Serisi I. Cilt, s. 277, Erzurum

ASTM D 1556-00, 2003. Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method. AnnualBook of ASTM Standards. American Society For Testing and Materials, 04.08,West Conshohocken, pp. 126-132.

ASTM D 4318, 2003. Standart Test Methods for Liquid Limite, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. Annual Book of ASTM Standards; 04.08, West Conshohocken, pp. 582-595.

ASTM D1883 2014. Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-compacted Soils, American Society for Testing and Materials, USA.

ASTM E-11, Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes, American Society for Testing and Materials, USA

Atalay, İ., 2000 "Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği" s. 19 İzmir.

Ayan, E., 2009, "Derin zemin iyileştirme yöntemleri ve uygulamadan örnekler" Yüksek Lisans Tezi, s.3

Aytekin, M., 2004. Deneysel Zemin Mekaniği. Teknik Yayınevi, Mühendislik & Mimarlık Yayınları, Ankara.

Budhu, M., (2010), "Soil Mechanics and Foundation", 3rd edition, Wiley, USA.

Çetin, A.Y., 2011. Haziran, "Yüksek Plastiteli Kil Zeminlerin Alternatif Malzemeler İle Yüzeysel Zemin Stabilizasyonu", s.10-12

Çetin, B., Aydilek, A.H., ve Güney, Y., 2010. "Stabilization of Recycled Base Materials With High Carbon Fly Ash", Resources, Conservation and Recycling, Vol. 54 (11), pp. 878-892,

Cilason, N., 1964,

Çorum D.S.İ. Genel Müdürlüğü verileri.

Cömert, A. T., Ural, N., 6. Geoteknik Sempozyomu 26-27 Kasım 2015, "Mermer Tozunun Kil Zemin Özelliklerine Ve Cbr'a Etkisi"

Erhan, K. 2007. Mecitözü İlçe Merkezi'nin Coğrafyası, Yüksek Lisans Tezi. s.1-14, s.42-46

Ghabaee, S., 2015. Kireç ile Stabilize Edilmiş Bentonitin Kür Süresinin Zamana Bağlı Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Hoek, E. and Bray, J.W., 1981, Rock slope engineering, The institution of mining and metallurgy, Third edition, Stephen Austin and Sons Ltd., London, 358

Holtz, D.R. and Kovacs, D.W. (1981), "An Introduction to Geotechnical Engineering. Prentice-Hall, Inc.".

Ingold, T.S., Miller, K.S., 1982, "The performance of impermeable and permeable reinforcement in clay subject to undrained loading", Quarterly Journal of Engineering Geology, Vol.15, pp. 201–208,

_____, 1983, "Drained axi-symmetirc loading of reinforced clay", Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE Vol.109, No.7, pp.883-898,

Jeoloik Bilgiler, Kayaç Çevrimi Döngüsü. Erişim: (www.jeolojibilgi.blogspot.com/2012/05/kayac-cevrimi-dongusu.html) Erişim Tarihi: 11.04.2019

KGM, 2018., Zayıf Zemin ve Şev Stabilite Sonuçları (YEDİGÖZE-SİGMA, s.1-9

Karahan, E., Okuyucu, A., Yağcı, B., 6. Geoteknik Sempozyomu 26-27 Kasım 2015, Çukurova Üniversitesi, Adana "Geotekstil Donatılı Killerin Gerilme, Şekil değiştirme ve Dayanım Parametrelerinin İncelenmesi", s.574-575

Karayolları Teknik Şartnamesi. 2013, KGM yayını, Ankara. Kısım 201/1, 203/1, 204/4-5, 206/1-9, 304/1-2, 401/1-6, 402/2-3, 402/7-8, 402/10.

Kayabalı ,K. and Mollamahmutoğlu, M., 2004. Geoteknik Mühendisliği Elkitabı, McGraw- Hill El Kitapları, Robert W. Day. Gazi Kitabevi, Fersa Matbaası, 600s.

Kılıç, A. M., 2012."Zemin Mekaniği", s. 1-8, s. 145

Kıvam Limitlerinin Belirlenmesi-Likit Limit-Plastik Limit Deneyleri, Erişim: (https://insapedia.com/kivam-limitlerinin-belirlenmesi-likit-limit-plastik-limit-deneyleri/) Erişim Tarihi: 26.04.2019

Koçbay, A., a.g.e. s.21

Kolias, S., Kasselouri-Rigopoulou, V., Karahalios, A. 2005. Stabilisation of Clayey Soils With High Calcium Fly Ash and Cement. Cement & Concrete Composites. 27, 301–313.

Koerner, R.M., 1989. "Designing with Geosynthetics", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Kumbasar, V., 1962. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Mekaniği, Çağlayan Kitapevi, İstanbul

Krishnaswamy, N.R., Srinivasula Reddy, 1988, "Behavior of reinforced earth under triaxial compression", In: Proceeding of the First Indian Geotextiles Conference on Reinforced Soil and Geotextiles,

Lafleur, J. and Lefebvre, G., 1987, " Field permeability of the weathered Champlain clay. Canadian Geotechnical Journal", 24: pp.581-589,

Likit Limit Deneyi (Casagrande Yöntemi), Erişim: (www.docplayer.biz.tr/18623264-Deney-3-likit-limit-deneyi-casagrande-yontemi.html) ErişimTarihi: 18.04.2019

Mecitözü Belediyesi Ayrıntılı Jeoloji İnceleme Raporu, 1989, s. 2

Nonveiller, E., 1989, "Grouting Theory and Practice", Elsevier, Amsterdam.

Qiming Chen, Murad Abu-Farsakh, Radhey Sharma,Xiong Zhang, 2007. "Laboratory Investigation of Behavior of Foundations on Geosynthetic-Reinforced Clayey Soil" pp. 28-38,

Onalp, A., 1982. İnşaat mühendislerine geoteknik bilgisi, Cilt II, K.T.Ü yayını, yayın no: 187, Trabzon

_____, 1983. İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi. Cilt II Karadeniz Üniversitesi Yayın No: 3, Trabzon, 1225s.

Özaydın, K., 1997, "Zemin Mekaniği", Birsen Yayınevi, İstanbul

Sağlamer, A., 1985, "Zemin Islah Metotları, Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mekaniği Semineri", DSİ Genel Müdürlüğü, Adana.

Sakin, İ., 1987 . Mecitözü (Çorum ) Dolayının Jeolojik Çalışması, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Diploma Çalışması, s.31 İstanbul.

_____1987. a.g.e. s. 13, İstanbul

Solakoğlu, E.,, 1988 "Mecitözü (Çorum) Yöresinin Jeolojisi" İstanbul Üniv. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, s. 34 İstanbul.

Senol, A., Edil, T.B., Bin-Shafique, M.S., Acosta, H.A., Benson, C.H. 2006. Soft Subgrades' Stabilization by Using Various Fly Ashes. Resources, Conservation and Recycling. 46:365–376. s.166 Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi Cilt 18, Sayı 3, 2012, Sayfa 165-172

Srivastava, R.K., Jalota, A.V., 1988, " Pankaj Kumar, Strength and deformation behaviour of geotextile reinforced alluvial silt",. In: Proceeding of the First Indian Geotextiles Conference on Reinforced Soil and Geotextiles.

Toprak ve Stabilizasyon Laboratuvarı El Kitabı, Ocak, 1989. "Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Üstyapı Şubesi Müdürlüğü", s. 1-3

T.S.E., 2001. TS 933-9 Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler-İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi. Mart 2001, Ankara

TS EN 1097-6 2013. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler, Türk Standartları Enstitüsü

Tumluer, G., 2006. "Çimento Katkılı Kumlu Zeminlerin Mukavemeti" Yüksek Lisans Tezi, s.4,7, 13-16

Tunç, A., 2001. Yol Malzemeleri ve Uygulamaları. Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 840s

Tunç, A., 2002. Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları. Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 912s.

Umar, F., Ağar, E., 1985, 'Yol Üstyapısı', İTÜ Yayınları.

Uzuner, B., 2000. Temel Mühendisliğine Giriş. Derya Kitabevi, Trabzon, 205s

Vural, B. V., Yılmaz, M., Geçkil, A."Çimento Stabilizasyonlu Zeminin Esnek Üstyapı Maliyetine Etkisi" s.166 Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 18, Sayı 3, 2012, Sayfa 165-172

Witczak, M, W., Yoder, E., J., 1975, 'Principles of Pavement Design', USA.

Wright, P., H., Paquette, R., J., 1987, 'Highway Engineering', New York.Malzemeler İle Yüzeysel Zemin Stabilizasyonu", s.10-12

Yedigöze İnş. San. Oto. İç ve Dış Tic. Ltd. Şti.+Sigma İnş. ve Tur. İşl. Tic. A.Ş. İş Ortaklığı'nın ana yüklenici, Fernas Şirketler Grubu bünyesindeki Simtek End. Tes. ve Tic. A.Ş.'nin alt yüklenici, Laboratuvar verileri, deney formatları, 2018-2019. Amasya.

Yıldırım, B., Alataş T., Dağdelen, Ş., 2007.,“Zemin stabilizasyonunda bitümün kullanılması ile üstyapıda sağlanacak ekonominin araştırılması” Yüksek Lisans Tez Çalışması

Yıldırım, S., 2002. Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı. Birsen Yayınevi, İstanbul, 466s

Yücel, T., 1953 “Kızılırmak-Yeşilırmak Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi Hakkında Rapor” MTA. Derleme Raporu No: 2001 s. 6 Ankara

Yrd. Doç. Dr. Bilgin., S., Zeminlerin Sınıflandırılması, Erişim : (www.docplayer.biz.tr/56363060-Zeminlerin-siniflandirilmasi.html) Erişim Tarihi: 10.04.2019, s.24-28

Zemin Araştırma Merkezi Ltd. Şti., Erişim: (http://www.zeminarastirma.net/kesafet.html) Erişim Tarihi: 19.04.2019.

Zornberg, J.G. and Mitchell, J.K., 1994.“Reinforced Soil Structures with Poorly Draining Backfills. Part I: Reinforcement Interactions and Functions”, Geosynthetics International, Vol. 1, No. 2, pp. 103-148,

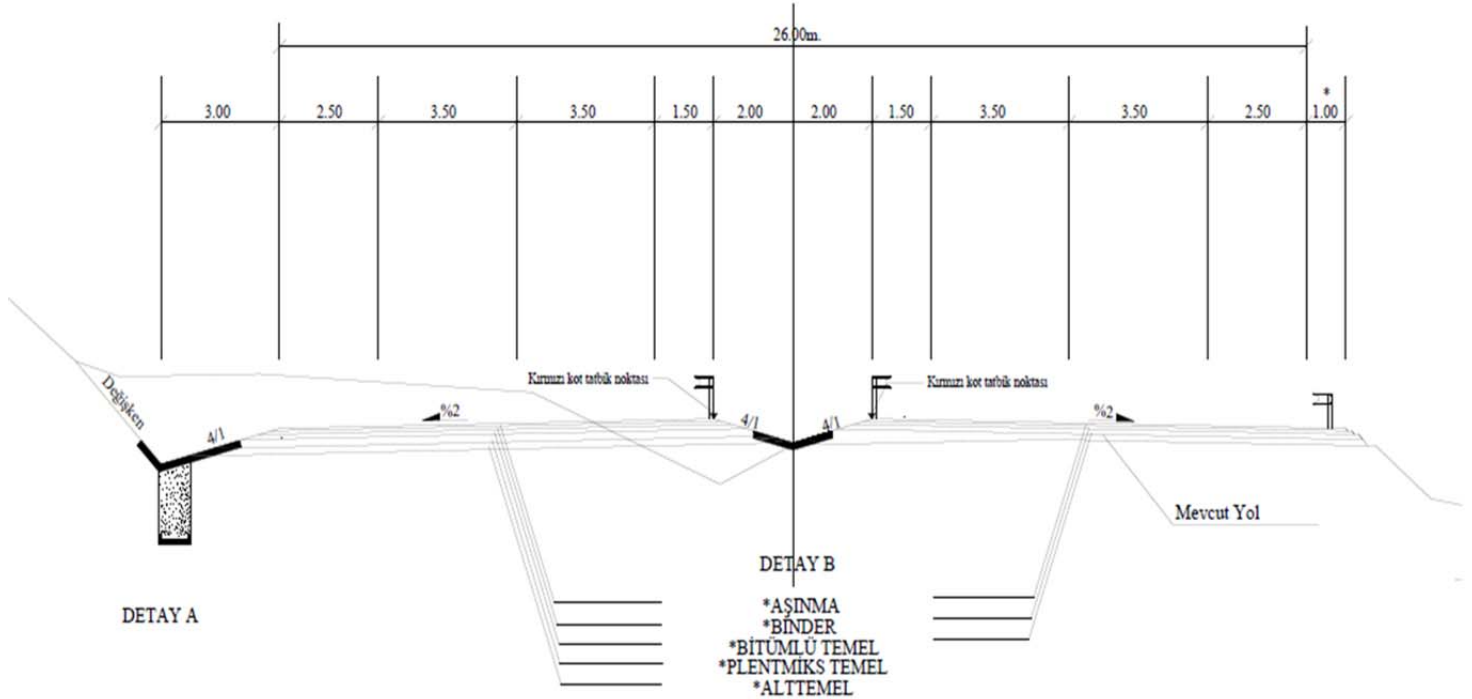
.

.

## ÖZGEÇMİŞ

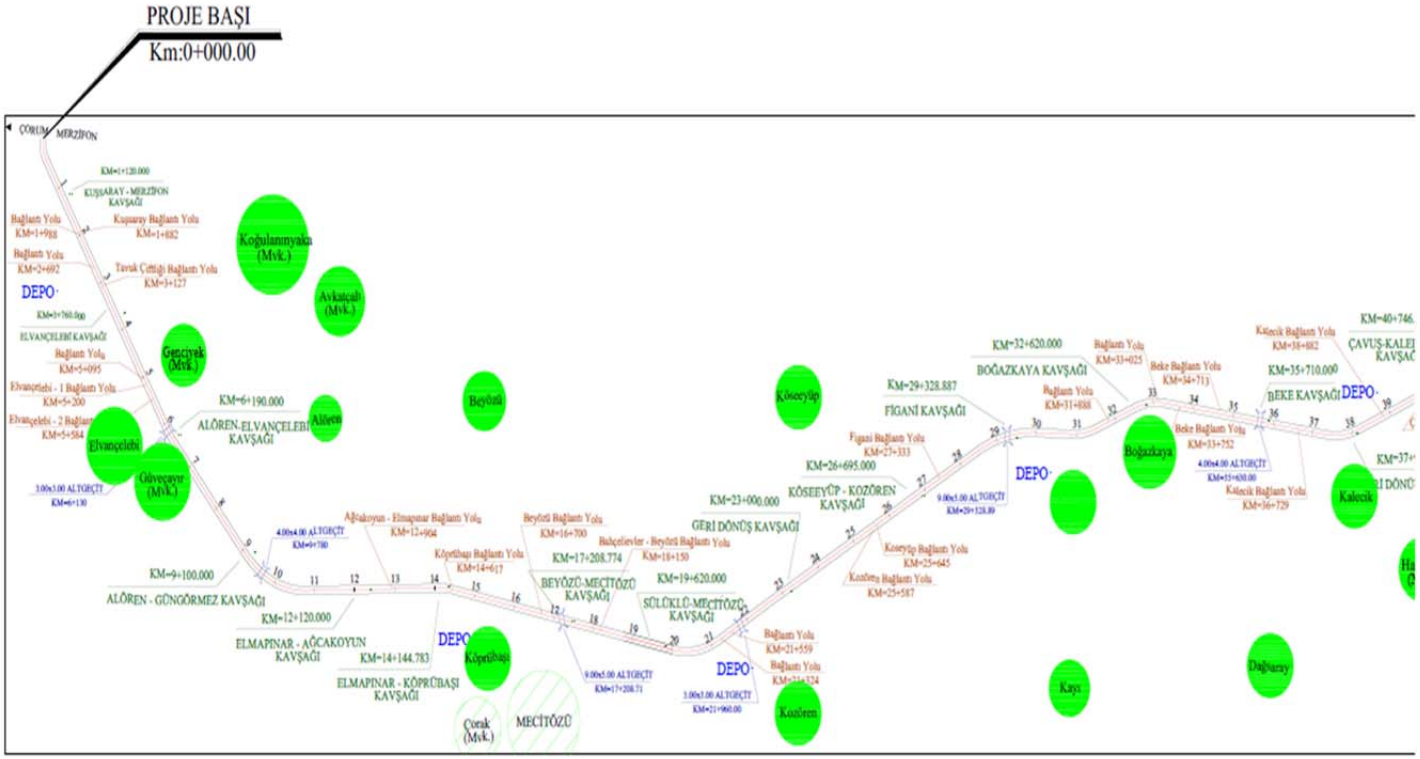
21 Mart 1988 yılında Samsun'da doğdu. İlk ve orta öğretimini Samsun Çatalarmut İlköğretim Okulu'nda okudu. Samsun Endüstri Meslek ve Teknik Lisesi'nde elektrik bölümüne başladı. Başarısından dolayı teknik okula alındı. Lise bitince 2 yıl bu alanda Yüksek Okula devam edip mezun olduktan sonra, 2010 yılında Adana Çukurova Ünivesitesi Maden Mühendisliği bölümünü kazandı. Burada tiyatro ile tanışıp 3 yıl devam ettirdi ve daha sonra Çukurova Üniversitesi Jimnastik Kulübü'nü kurdu. Başkanlık görevini yürüttü. 2014 yılında Maden Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Aynı yıl özel öğrenci olarak lisansüstü eğitimine başlayarak, 2015 yılında Yüksek Lisansa geçiş yaptı.

# EKLER




ANAYOLDA (ALİYNMANDA) UYGULANACAK TİP ENKESİT

ÖLÇEK:1/100




PROJE BİLGİ FORMU

T.C.
ULAŞTIRMA BAKANLIĞI
Karayolları Genel Müdürlüğü
7. Bölge Müdürlüğü

# KUM KONİSİ ARAZİ SIKIŞMA RAPORU

Lab No :
Yapılan işin adı :
Temsil eden Km : 11+560-12+150 SAĞ PLATFORM DOLGU
Tabaka no :

Kum konisi çapı : 6"
Kumun elek aralığı : NO16-NO30
Test *Tarihi* 10.04.2019

| DENEY NO | | 2.tbk sağ | 2.tbk eks. | 2.tbk sol | 2.tbk eks | 2.tbk sağ | 2.tbk eks. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ALINDIĞI KM | | 11+610 | 11+720 | 11+810 | 11+920 | 12+020 | 12+130 |
| ÇUKURDAN ÇIKARILAN NUM. AĞIRLIĞI | W | 4425 | 4362 | 4259 | 4300 | 4295 | 4472 |
| **SU İÇERİĞİ TAYİNİ** | | | | | | | |
| KAP AĞIRLIĞI | K | 611 | 611 | 611 | 611 | 611 | 611 |
| KAP+YAŞ NUMUNE | E | 875.0 | 964.0 | 905.0 | 862.0 | 955.0 | 977.0 |
| KAP+KURU NUMUNE | F | 862 | 948.0 | 890 | 850 | 940 | 962 |
| Su | H | 13.0 | 16.0 | 15.0 | 12.0 | 15.0 | 15.0 |
| SU İÇERİĞİ ω=100 (E-F)/(F-H) | ω | 5.2 | 4.7 | 5.4 | 5.0 | 4.6 | 4.3 |
| **KONİ VE KUM KALİBRASYON DEĞERLERİ** | | | | | | | |
| KUM BİRİM AĞIRLIĞI | Ds | 1362 | 1362 | 1362 | 1362 | 1362 | 1362 |
| KONİDEKİ KUMUN AĞIRLIĞI | C | 1660 | 1660 | 1660 | 1660 | 1660 | 1660 |
| **ÇUKUR HACMİNİN TAYİNİ** | | | | | | | |
| DENEYDEN ÖNCEKİ KAP+KUM | A | 8218 | 8046 | 7862 | 7643 | 7430 | 7247 |
| DENEYDEN SONRAKİ KAP+KUM | B | 3719 | 3575 | 3475 | 3220 | 2997 | 2691 |
| ÇUKURA GİREN KUM AĞIRLIĞI S=A-B-C | S | 2839 | 2811 | 2727 | 2763 | 2773 | 2896 |
| ÇUKUR HACMİ V=S/Ds | V | 2.084 | 2.064 | 2.002 | 2.029 | 2.036 | 2.126 |
| **BİRİM AĞIRLIKLAR VE SIKIŞMA YÜZDESİ** | | | | | | | |
| YAŞ YOĞUNLUK ϒ= W/ V | ϒ | 2122.9 | 2113.5 | 2127.2 | 2119.7 | 2109.6 | 2103.2 |
| KURU YOĞUNLUK ϒd=100ϒ /100+ω | ϒδ | 2018.3 | 2017.7 | 2018.6 | 2018.3 | 2017.6 | 2017.0 |
| HEDEF KURU YOĞUNLUK | ϒdmax | 2018 | 2018 | 2018 | 2018 | 2018 | 2018 |
| YÜZDE SIKIŞMA | % | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

**MÜTEAHHİT**
Sefer AKKAYA
Arş. Tek.

**KONTROL**
Koray ARTAR
Arş.Teknisyeni

İŞ ORTAKLIĞI

( Çorum - Merzifon ) Ayr. -
( Amasya - Turhal ) Ayr. Yolu
Km: 0+000 - 61+841,27

T.C
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
Karayolları Genel Müdürlüğü - 7. Bölge Müdürlüğü

## ELEK ANALİZİ VE KIVAM LİMİTLERİ

KM :
ALINDIĞI YER : Mecitözü A.O-1(A.Ç-4)
LAB. NO :

**Tarih :** 25.10.2018 **Malzeme Cinsi :** Dolgu Malzemesi

| I TARTILAR | | | II SU İÇERİĞİ | | | III No:4 ELEKTEN GEÇEN BÖLÜNMÜŞ NUMUNE | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Numune + Kap Ağırlığı | a | 0.0 | Kap + Yaş Numune Ağırlığı | a | 1,099.0 | Kap + Yaş Numune Ağırlığı | a | 1,682.0 |
| Kap Ağırlığı | b | 0.0 | Kap + Kuru Numune Ağırlığı | b | 1,086.0 | Kap + Kuru Numune Ağırlığı | b | 1,659.0 |
| Numune Ağırlığı | c= a-b | 0.0 | Su Ağırlığı | c = a-b | 13.0 | Su Ağırlığı | c = a-b | 23.0 |
| Kaba Kısım | d | 14,394.0 | Kap Ağırlığı | d | 605.0 | Kap Ağırlığı | d | 882.0 |
| İnce Kısım | e | 12,026.0 | Kuru Numune Ağırlığı | e = b-d | 481.0 | Kuru Numune Ağırlığı | e = b-d | 777.0 |
| Düzeltilmiş İnce Kısım ((IIcx100) / (100+W)) | f = | 11,710 | W(Su İçeriği) = ( (IIcx100) / IIe ) | | % 2.70 | Toplam Kuru Numune Ağırlığı IId + IIf | L = | 26,104 |

| Inch | mm | ELEKTE KALAN (g) | TOPLAM ELEKTE KALAN A (g) | B = (A x 100) / L (%) | | TOPLAM ELEKTEN GEÇEN C = 100-B (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3" | 75 | | 0.0 | 0.0 | | 100.0 |
| 2" | 50 | | 1,926.0 | 7.4 | | |
| 1 1/2" | 37.5 | 3,945.0 | 5,871.0 | 22.5 | | 77.5 |
| 1" | 25 | 2,867.0 | 8,738.0 | 33.5 | | 66.5 |
| 3/4" | 19 | 1,382.0 | 10,120.0 | 38.8 | | 61.2 |
| 3/8" | 9.5 | 4,079.0 | 12,868.0 | 49.3 | | 50.7 |
| No:4 | 4.75 | 2,743.0 | 14,394.0 | 55.1 | | 44.9 |
| | | D | E | F = Ex100 / IIIe | G= FxC(No:4 elek)/100 | H = C (No:4 elek) -100 |
| No:10 | 2 | 185.0 | 185.0 | 23.8 | 10.7 | 34.2 |
| No:40 | 0.425 | 213.0 | 398.0 | 51.2 | 23.0 | 21.9 |
| No:200 | 0.075 | 180.0 | 578.0 | 74.4 | 33.4 | 11.5 |

## FİZİKİ DENEYLER

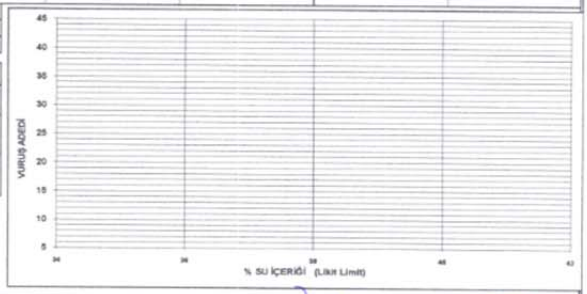
| | Likit Limit (LL) | | | Plastik Limit (PL) | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kap No: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Vuruş Adedi | | | | | |
| Kap+Yaş Numune Ağırlığı (A) g | | | | | |
| Kap+Kuru Numune Ağırlığı (B) g | | | | | |
| Kap Ağırlığı (C) g | | | | | |
| Kuru Numune Ağırlığı D = (B-C) g | | | | | |
| Su İçeriği W = (A-B) / Bx100 % | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| Likit Limit | LL | |
| Plastik Limit | PL | |
| Plastisite İndeksi | PI | NP |

**AÇIKLAMALAR**

| | |
|---|---|
| Sınıfı | |
| Bineştirilmiş Önemli Malzemeler | |
| Taban İçin Yararlılık Derecesi | |

▲ LL ( 25 Darbeye Karşılık Gelen )




| MÜTEAHHİT | | MÜŞAVİRLİK | | KGM |
|---|---|---|---|---|
| Araştırma Teknisyeni Selçuk YAMAYA | Şantiye Şefi Uçkan ARSLAN | Araştırma Teknisyeni Koray ARTAR | Yol Yapım Bölüm Mühendisi Halil ÖZDEMİR | Kontrol Şefi Gökhan VURAL |

YEDİGÖZE İNŞAAT — SİGMA İnşaat ve Turizm İşletmeleri Tic. A.Ş.

İŞ ORTAKLIĞI

( Çorum - Merzifon ) Ayr. - Mecitözü -
( Amasya - Turhal ) Ayr. Yolu
Km: 0+000 - 61+841,27

KGM

T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
Karayolları Genel Müdürlüğü - 7. Bölge Müdürlüğü

temat — TEMAT TEKNİK EKONOMİK VE MALİ ARAŞTIRMALAR TİCARET A.Ş.

GÖZLEM — Müh. Müt. Plan. ve Tic. A.Ş. — www.gozlemmuhendislik.com

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Proje Adı** | : | ( Çorum - Merzifon ) Ayr. - Mecitözü - ( Amasya - Turhal ) Ayr. Yolu Km: 0+000 - 61+841,27 | **Deney No** | : | |
| **MÜTEAHHİT** | : | Yedigöze İnşaat + Sigma İnşaat İş Ortaklığı | **Alındığı Derinlik** | : | |
| | | | **Deney Tarihi** | : | 26.10.2018 |
| **Zeminin Cinsi** | : | Ariyet Ocağı (A.Ç-4) | **Alındığı Km:** | | Mecitözü Ariyet Ocağı-1 |
| **Vuruş / Tabaka** | : | 56 | **Çap ( cm )** | : | 152.4 |
| **Tabaka Sayısı** | : | 3 | **Yükseklik ( cm )** | : | 115.5 |
| **Tokmak Ağırlığı , ( kg ) :** | | 2.5 kg | **Hacim ( cm³ )** | : | 2124 |

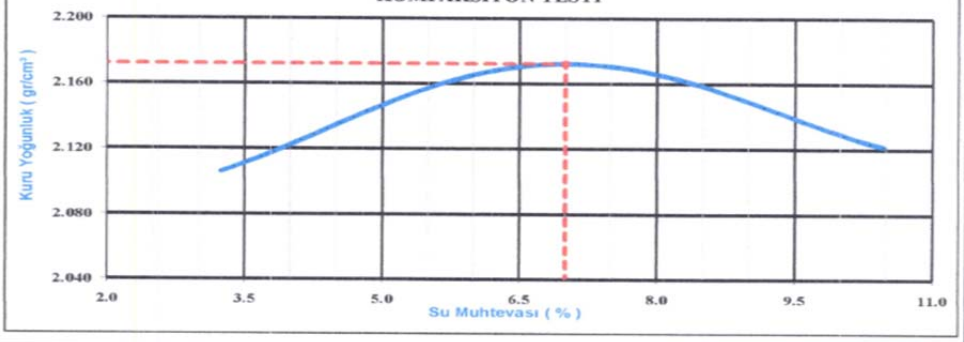
## STANDART PROKTOR

### Optimum Su Muhtevasının Bulunması

| Ör. Num no. | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kap no | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Kap ağırlığı gr. | 355.00 | 355.00 | 420.00 | 420.00 | 325.60 | 325.60 | 610.60 | 610.60 | 512.00 | 512.00 |
| Islak Z.+Kap g. | 508.0 | 508.0 | 572.0 | 572.0 | 568.9 | 568.9 | 830.0 | 830.0 | 724.1 | 724.1 |
| Kuru Z.+Kap g. | 503.2 | 503.2 | 565.0 | 565.0 | 554.0 | 554.0 | 812.6 | 812.6 | 704.0 | 704.0 |
| Su ağırlığı gr. | 4.80 | 4.80 | 7.00 | 7.00 | 14.90 | 14.90 | 17.40 | 17.40 | 20.10 | 20.10 |
| Zemin ağırlığı gr. | 148.20 | 148.20 | 145.00 | 145.00 | 228.40 | 228.40 | 202.00 | 202.00 | 192.00 | 192.00 |
| Su muhT. w % gr. | **3.24** | **3.24** | **4.83** | **4.83** | **6.52** | **6.52** | **8.61** | **8.61** | **10.47** | **10.47** |

| Tahm. Su muh. % | 3.0 | 5.0 | 6.5 | 8.5 | 10.5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Su muhT. w % gr. | 3.24 | 4.83 | 6.52 | 8.61 | 10.47 |
| Kalıp + Zemin g | 7632 | 7785 | 7925 | 7989 | 7992 |
| Kalıp ağır gr. | 3014 | 3014 | 3014 | 3014 | 3014 |
| Zemin gr. Mws | 4618 | 4771 | 4911 | 4975 | 4978 |
| Doğ. BHA gr/cm³ g | 2.174 | 2.246 | 2.312 | 2.342 | 2.344 |
| Kuru gr/cm³ g kuru | 2.106 | 2.143 | 2.171 | 2.157 | 2.122 |

### KOMPAKSİYON TESTİ




| | |
|---|---|
| **Optimum Su Muhtevası ( Wopt. % ) :** | **7.00** |
| **Maks. Kuru Birim Ağırlık ( gr./cm³ ) :** | **2.172** |

| MÜTEAHHİT | | MÜŞAVİRLİK | | KGM |
|---|---|---|---|---|
| Arş.Tekn. Sefer AKKAYA | Şantiye Şefi Uçkan ARSLAN | Arş.Tekn. Uğray ARTAR | Yol Yapım Başmüh. Halit ÖZDEMİR | Kontrol Şefi Gökhan VURAL |

YEDİGÖZE İNŞAAT — SİGMA İnşaat ve Ticaret İşletmeleri Tic. A.Ş.

İŞ ORTAKLIĞI

KGM

temat — TEMAT TEKNİK EKONOMİK VE MALİ ARAŞTIRMALARI TİCARET A.Ş.

GÖZLEM — Müh. Müt. Plan. ve Tic. A.Ş. www.gozlemmuhendislik.com

( Çorum - Merzifon ) Ayr. -
( Amasya - Turhal ) Ayr. Yolu
Km: 0+000 - 61+841,27

T.C
ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŞME
Karayolları Genel Müdürlüğü - 7. Bölge Müdürlüğü

# ELEK ANALİZİ VE KIVAM LİMİTLERİ

KM :
ALINDIĞI YER : Mecitözü A.O-1(A.Ç-3)
LAB. NO :

**Tarih :** 24.06.2018 **Malzeme Cinsi :** Dolgu Malzemesi

| I TARTILAR | | | II SU İÇERİĞİ | | | III No.4 ELEKTEN GEÇEN BÖLÜNMÜŞ NUMUNE | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Numune + Kap Ağırlığı | a | 28.702,0 | Kap + Yaş Numune Ağırlığı | a | 900,0 | Kap + Yaş Numune Ağırlığı | a | 1.633,0 |
| Kap Ağırlığı | b | 0,0 | Kap + Kuru Numune Ağırlığı | b | 895,0 | Kap + Kuru Numune Ağırlığı | b | 1.618,0 |
| Numune Ağırlığı | c = a-b | 28.702,0 | Su Ağırlığı | c = a-b | 5,0 | Su Ağırlığı | c = a-b | 15,0 |
| Kaba Kısım | d | 11.288,0 | Kap Ağırlığı | d | 613,0 | Kap Ağırlığı | d | 833,0 |
| İnce Kısım | e | 17.414,0 | Kuru Numune Ağırlığı | e = b-d | 282,0 | Kuru Numune Ağırlığı | e = b-d | 785,0 |
| Düzeltilmiş İnce Kısım ((Icx100) / (100+W)) | f = | 17.111 | W(Su İçeriği) = ( IIcx100) / IIe ) | | % 1,77 | Toplam Kuru Numune Ağırlığı Id + If | L = | 28.399 |

| inch | mm | ELEKTE KALAN (g) | TOPLAM ELEKTE KALAN A (g) | TOPLAM ELEKTE KALAN B = (A x 100) / L (%) | | TOPLAM ELEKTEN GEÇEN C = 100-B (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3" | 75 | | | | | |
| 2" | 50 | | | | | |
| 1 1/2" | 37.5 | 1.455,0 | 1.455,0 | 5,1 | | 94,9 |
| 1" | 25 | 1.595,0 | 3.050,0 | 10,7 | | 89,3 |
| 3/4" | 19 | 1.416,0 | 4.466,0 | 15,7 | | 84,3 |
| 3/8" | 9.5 | 4.079,0 | 8.545,0 | 30,1 | | 69,9 |
| No:4 | 4.75 | 2.743,0 | 11.288,0 | 39,7 | | 60,3 |
| | | D | E | F = Ex100 / IIIe | G= F:C(No:4 elek)/100 | H = C (No:4 elek) -100 |
| No:10 | 2 | 129,7 | 129,7 | 16,5 | 10,0 | 50,3 |
| No:40 | 0.425 | 262,3 | 392,0 | 49,9 | 30,1 | 30,2 |
| No:200 | 0.075 | 235,6 | 627,6 | 79,9 | 48,2 | 12,1 |

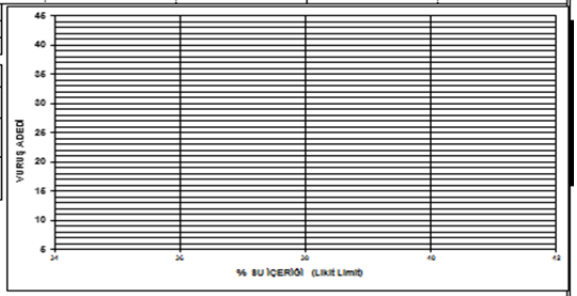
## FİZİKİ DENEYLER

| | Likit Limit (LL) | | | Plastik Limit (PL) | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kap No: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Vuruş Adedi | | | | | |
| Kap+Yaş Numune Ağırlığı (A) g | | | | | |
| Kap+Kuru Numune Ağırlığı (B) g | | | | | |
| Kap Ağırlığı (C) g | | | | | |
| Kuru Numune Ağırlığı D = (B-C) g | | | | | |
| Su İçeriği W = (A-B) / Bx100 % | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| Likit Limit | LL | |
| Plastik Limit | PL | |
| Plastisite İndeksi | PI | NP |

**AÇIKLAMALAR**

| | |
|---|---|
| Sınıfı | |
| Birleştirilmiş Önemli Malzemeler | |
| Taban İçin Yararlılık Derecesi | |




▲ LL ( 25 Darbeye Karşılık Gelen )

| MÜTEAHHİT | | MÜŞAVİRLİK | KGM |
|---|---|---|---|
| Arş.Teknisyeni<br>Sefer AKKAYA | Şantiye Şefi<br>Uçkan ARSLAN | Araştırma Teknisyeni<br>Koray ARTAR | Kontrol Şefi<br>Gökhan VURAL |

İŞ ORTAKLIĞI

( Çorum - Merzifon ) Ayr. - Mecitözü - ( Amasya - Turhal ) Ayr. Yolu
Km: 0+000 - 61+841,27

T.C.
ULAŞTIRMA DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI
Karayolları Genel Müdürlüğü - 7. Bölge Müdürlüğü

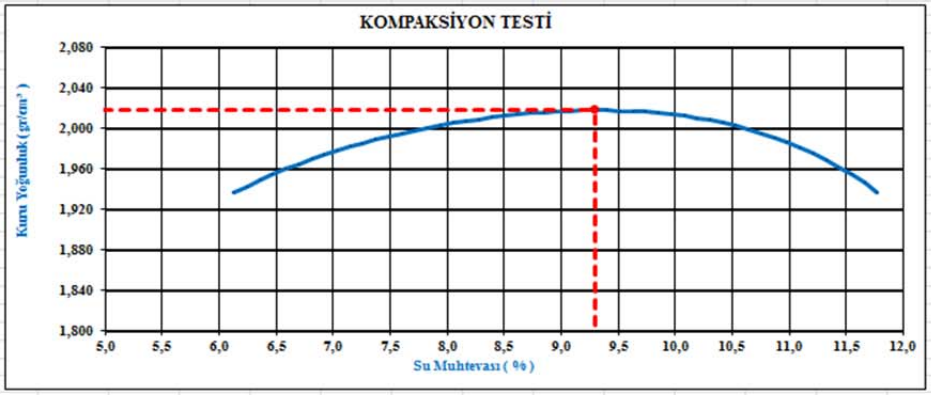
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Proje | : | ( Çorum - Merzifon ) Ayr. - Mecitözü - ( Amasya - Turhal ) Ayr. Yolu Km: 0+000 - 61+841,27 | Deney No | : | |
| MÜTEA | : | Yedigöze İnşaat + Sigma İnşaat İş Ortaklığı | Alındığı Derinlik | : | |
| | | | Deney Tarihi | : | 24.06.2018 |
| Zemir | : | Ariyet Ocağı (A.O-3) | Alındığı Km: | | Mecitozu Ariyet Ocagı-1 |
| Vuruş | : | 56 | Çap ( cm ) | : | 152,4 |
| Tabak | : | 3 | Yükseklik ( cm ) | : | 115,5 |
| Tokmak Ağırlığı , ( kg ) : | | 2.5 kg | Hacim ( cm³ ) | : | 2124 |

## STANDART PROKTOR

### Optimum Su Muhtevasının Bulunması

| Or. Num no. | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kap no | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Kap ağırlığı gr. | 32,20 | 32,20 | 41,60 | 41,60 | 41,30 | 41,30 | 42,40 | 42,40 | 39,60 | 39,60 |
| Islak Z.+Kap g | 229,5 | 229,5 | 242,3 | 242,3 | 266,0 | 266,0 | 262,7 | 262,7 | 234,2 | 234,2 |
| Kuru Z.+Kap g. | 218,1 | 218,1 | 229,2 | 229,2 | 248,0 | 248,0 | 242,1 | 242,1 | 213,7 | 213,7 |
| Su ağırlığı gr. | 11,40 | 11,40 | 13,10 | 13,10 | 18,00 | 18,00 | 20,60 | 20,60 | 20,50 | 20,50 |
| Zemin ağırlığı gr. | 185,90 | 185,90 | 187,60 | 187,60 | 206,70 | 206,70 | 199,70 | 199,70 | 174,10 | 174,10 |
| Su muhT. w % gr. | 6,13 | 6,13 | 6,98 | 6,98 | 8,71 | 8,71 | 10,32 | 10,32 | 11,77 | 11,77 |

| Tahm. Su muh. % | 5,5 | 7,0 | 8,5 | 10,0 | 11,5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Su muhT. w % gr. | 6,13 | 6,98 | 8,71 | 10,32 | 11,77 |
| Kalıp + Zemin g | 7390 | 7516 | 7677 | 7730 | 7624 |
| Kalıp ağır gr. | 3025 | 3025 | 3025 | 3025 | 3025 |
| Zemin gr. Mws | 4365 | 4491 | 4652 | 4705 | 4599 |
| Doğ. BHA gr/cm³ g | 2,055 | 2,114 | 2,190 | 2,215 | 2,165 |
| Kuru gr/cm³ g kuru | 1,936 | 1,976 | 2,015 | 2,008 | 1,937 |




| | |
|---|---|
| Optimum Su Muhtevası ( Wopt. % ) : | 9,29 |
| Maks. Kuru Birim Ağırlık ( gr./cm³ ) : | 2,018 |

| MÜTEAHHİT | | MÜŞAVİRLİK | KGM |
|---|---|---|---|
| Araştırma Teknisyeni | Şantiye Şefi | Araştırma Teknisyeni | Kontrol Şefi |
| Sefer AKKAYA | Uçkan ARSLAN | Koray ARTAR | Gökhan VURAL |

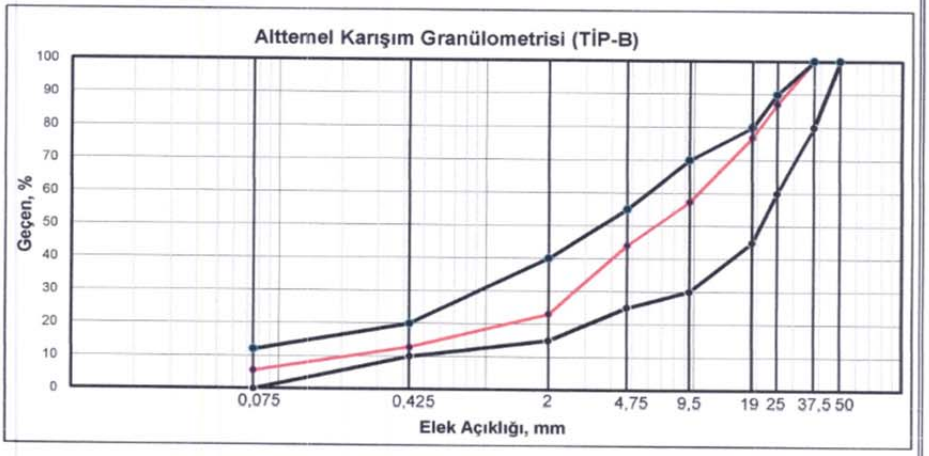
T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
KARAYOLARI 7. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ
(Çorum-Merzifon)Ayr.(Amasya-Turhal)Ayr.Yolu Km:0+000-61+841.27
PMAT TABAKASI ANALİZ RAPORU

| TARİH: 5.10.2018 | SAAT : 15:00 | NUMUNENİN ALINDIĞI YER : FİNİŞER ARKASI | KM ARALIĞI: 17+500-17+280 SOL TAŞIMA |
|---|---|---|---|

| MALZEME VE ORANLARI | (inch) | 3 | 2 | 1 1/2 | 1 | 3/4 | 3/8 | No:4 | No:10 | No:40 | No:200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (mm) | 75 | 50 | 37.5 | 25 | 19 | 9.5 | 4.75 | 2 | 0.425 | 0.075 |
| ELEKTE KALAN | (g) | | | 0 | 1325 | 2341 | 4342 | 5690 | 7822 | 8865 | 9605 |
| KALAN | (%) | | | 0.0 | 13.0 | 23.0 | 42.7 | 56.0 | 76.9 | 87.2 | 94.5 |
| GEÇEN | (%) | | 100 | 100.0 | 87.0 | 77.0 | 57.3 | 44.0 | 23.1 | 12.8 | 5.5 |
| ŞARTNAME (KGM) (Üst Limitler) | (%) | | 100 | 100 | 90 | 80 | 70 | 55 | 40 | 20 | 12 |
| ŞARTNAME (KGM) (Alt Limitler) | (%) | | 100 | 80 | 60 | 45 | 30 | 25 | 15 | 10 | 0 |
| TOLERANSLAR (Üst Limitler) | (%) | | | | | | | | | | |
| TOLERANSLAR (Alt Limitler) | (%) | | | | | | | | | | |

| ARAZİ VERİLERİ | |
|---|---|
| Toplam Kuru Numune Ağırlığı | 10168 |
| Likit Limit | NP |
| Lastik İndeks | NP |
| Optimum Rutubet % 'si | 3.9 |
| Arazideki Rutubet % 'si | 4.1 |
| **Su İçeriği** | |
| Kap + Yaş Numune (Gr) | 1,463.0 |
| Kap + Kuru Numune (Gr) | 1,426.0 |
| Kap (Gr) | 533.0 |
| Su içeriği (Gr) | 37.0 |

| NUMUNE VERİLERİ | |
|---|---|
| TOPLAM KABA | 5690 |
| TOPLAM İNCE | 4478 |
| TEMSİLİ İNCE | 756 |
| NO: 10 | 360 |
| NO: 40 | 536 |
| NO: 200 | 661 |




| MÜTEAHHİT | | MÜŞAVİRLİK | | KGM |
|---|---|---|---|---|
| Arş.Tekn. | Şantiye Şefi | Arş. Tekn. | Yol Yapım Bas.Müh. | Kontrol Şefi |
| Sefer ARIKAYA | Uçkan ARSLAN | Koray ARTAR | Halil ÖZDEMİR | Gökhan VURAL |

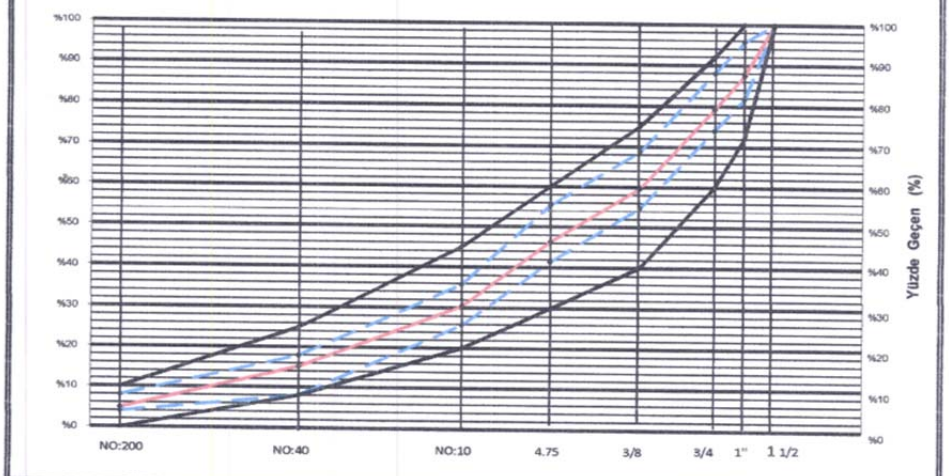
T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
KARAYOLLARI 7. BÖLGE MÜDÜLÜĞÜ
(Çorum-Merzifon)Ayr.-(Amasya-Turhal)Ayr.Yolu Km:0+000-61+841.27
PMT TİP - 1 ELEK ANALİZİ RAPORU

| MALZEME TÜRÜ : PMT 1. Tabaka | | | DÖKÜM YERİ VE KM:17+280-17+700 SOL PLATFORM | |
|---|---|---|---|---|
| TARİH: 1.10.2018 | SAAT : 9.25 | NUMUNENİN ALINDIĞI YER : FİNİŞER ARKASI | | |

| MALZEME VE ORANLARI | (inch) | 3 | 2 | 1 1/2 | 1 | 3/4 | 3/8 | No:4 | No:10 | No:40 | No:200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (mm) | 75 | 50 | 37.5 | 25 | 19 | 9.5 | 4.75 | 2 | 0.425 | 0.075 |
| ELEKTE KALAN | (g) | | | | 1206 | 1989 | 3865 | 5126 | 6650 | 8114 | 9101 |
| KALAN | (%) | | | 0.0 | 12.6 | 20.8 | 40.4 | 53.6 | 69.5 | 84.9 | 95.2 |
| GEÇEN | (%) | | | 100.0 | 87.4 | 79.2 | 59.6 | 46.4 | 30.5 | 15.1 | 4.8 |
| ŞARTNAME (KGM) (Üst Limitler) | (%) | | | 100 | 100 | 92 | 75 | 60 | 45 | 25 | 10 |
| ŞARTNAME (KGM) (Alt Limitler) | (%) | | | 100 | 72 | 60 | 40 | 30 | 20 | 8 | 0 |
| TOLERANSLAR (Üst Limitler) | (%) | | | 100 | 95.7 | 88 | 68.8 | 55.4 | 35.8 | 17.9 | 7.9 |
| TOLERANSLAR (Alt Limitler) | (%) | | | 100 | 81.7 | 74 | 54.8 | 41.4 | 25.8 | 8 | 3.9 |

| ARAZİ VERİLERİ | |
|---|---|
| Toplam Kuru Numune Ağırlığı | 9,562.0 |
| Likit Limit | NP |
| Lastik İndeks | NP |
| Optimum Rutubet % 'si | 4.20 |
| Arazideki Rutubet % 'si | 3.78 |
| **Su İçeriği** | |
| Kap + Yaş Numune (Gr) | 1467.0 |
| Kap + Kuru Numune (Gr) | 1433.0 |
| Kap (Gr) | 533.0 |
| Su içeriği (Gr) | 34.0 |

| NUMUNE VERİLERİ | |
|---|---|
| TOPLAM KABA | 5,126.0 |
| TOPLAM İNCE | 4,436.0 |
| TEMSİLİ İNCE | 770.0 |
| NO: 10 | 264.6 |
| NO: 40 | 518.7 |
| NO: 200 | 690.0 |
| - | |




| MÜTEAHHİT | MÜŞAVİRLİK | KGM |
|---|---|---|
| Arş.Tekn. Uçkan ARSLAN | Arş. Tekn. Yol Yapım Başmühe. | Kontrol Şefi |
| Sefer AKKAYA Şantiye Şefi | Kozay ARTAR Halil ÖZDEMİR | Gökhan VURAL |

YEDİGÖZE İNŞAAT — SİGMA — İş Ortaklığı

( Çorum - Merzifon ) Ayr. - Mecitözü - ( Amasya - Turhal ) Ayr. Yolu Km: 0+000 - 61+841.27

T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
KARAYOLLARI GENEL MÜD.
7. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ

temat — TEMAT TEKNİK EKONOMİK VE MALİ ARAŞTIRMALAR TİCARET A.Ş.

GÖZLEM — Müh. Müt. Plan. ve Tic. A.Ş. — www.gozlemmuhendislik.com

# SIKIŞMA DENEYLERİ RAPORU

**Proje Adı : ( Çorum - Merzifon ) Ayr. - Mecitözü -( Amasya - Turhal ) Ayr. YoluKm: 0+000 - 61+841.27** — **EKİM 2018**

Sayfa 1

| TABAKANIN | | | | SAĞ PLATFORM | | | SOL PLATFORM | | | KUM KONİSİ METODU | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nem.Cinsi | GÜN | GELDİĞİ KM | DÖKÜLEN KM | Sol | Orta | Sağ | Sol | Orta | Sağ | Çukur Derinliği | Tabaka No. | Max. Kuru Birim Ağırlık | Opt.Su (%) | Arazi Su (%) | Arazi Kuru Birim Ağırlık | SIKIŞMA (%) | Şartname Değeri |
| TERASMAN | 02.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 17+280-18+090 | 17+350 | | | | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 5.9 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 02.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 17+280-18+090 | | 17+450 | | | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 4.8 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 02.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 17+280-18+090 | | | 17+550 | | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 4.9 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 02.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 17+280-18+090 | | 17+650 | | | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 5.4 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 02.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 17+280-18+090 | 17+850 | | | | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 6.4 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 02.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 17+280-18+090 | | 17+950 | | | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 5.3 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 02.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 17+280-18+090 | | | 18+050 | | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 4.0 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 06.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 18+220-18+450 | | | | | | 18+250 | 15 | | 2.018 | 9.29 | 6.3 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 06.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 18+220-18+450 | | | | | 18+330 | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 4.2 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 06.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 18+220-18+450 | | | | 18+420 | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 4.7 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 07.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 19+100-19+600 | | 19+150 | | | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 4.5 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 07.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 19+100-19+600 | 19+250 | | | | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 5.7 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 07.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 19+100-19+600 | | 19+350 | | | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 6.9 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 07.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 19+100-19+600 | | | 19+450 | | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 4.4 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| TERASMAN | 07.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 19+100-19+600 | | 19+550 | | | | | 15 | | 2.018 | 9.29 | 5.0 | 2.018 | 100.0 | 100 |

| MÜTEAHHİT | MÜŞAVİRLİK | KGM |
|---|---|---|
| Araştırma Teknisyeni — Şafer ARSLAYA | Araştırma Teknisyeni — Koray ARTAR | Kontrol Şefi — Gökhan VURAL |
| Şantiye Şefi — Uçkan ARSLAN | Yol Yapım Başmühendisi — Halit ÖZDEMİR | |

| YEDİGÖZE İNŞAAT / SİGMA İş Ortaklığı<br>( Çorum - Merzifon ) Ayr. - Mecitözü - ( Amasya - Turhal ) Ayr. Yolu<br>Km: 0+000 - 61+841.27 | T.C.<br>ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI<br>KARAYOLLARI GENEL MÜD.<br>7. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ | temat / GÖZLEM Müh. Müt. Plan. ve Tic. A.Ş. |
|---|---|---|

## SIKIŞMA DENEYLERİ RAPORU

**Proje Adı : ( Çorum - Merzifon ) Ayr. - Mecitözü -( Amasya - Turhal ) Ayr. YoluKm: 0+000 - 61+841.27** **EKİM 2018**

| TABAKANIN | | | | SAĞ PLATFORM | | | SOL PLATFORM | | | Sayfa 2<br>KUM KONİSİ METODU | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Num.Cinsi | GÜN | GELDİĞİ KM | DÖKÜLEN KM | Sol | Orta | Sağ | Sol | Orta | Sağ | Çukur Derinliği | Tabaka No. | Max. Kuru Birim Ağırlık | Opt.Su (%) | Arazi Su (%) | Arazi Kuru Birim Ağırlık | SIKIŞMA (%) | Şartname Değeri |
| DOLGU | 17.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 13+440-13+560 | | 13+520 | | | | | 15 | 3 | 2.018 | 9.29 | 7.0 | 1.955 | 96.9 | 95 |
| DOLGU | 17.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 13+440-13+560 | | | 13+500 | | | | 15 | 4 | 2.018 | 9.29 | 6.6 | 2.003 | 99.3 | 95 |
| DOLGU | 17.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 13+440-13+560 | | 13+520 | | | | | 15 | 5 | 2.018 | 9.29 | 7.7 | 1.994 | 98.8 | 95 |
| DOLGU | 18.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 13+440-13+560 | | | 13+520 | | | | 15 | 6 | 2.018 | 9.29 | 7.4 | 1.931 | 95.7 | 95 |
| DOLGU | 18.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 13+440-13+560 | | | 13+500 | | | | 15 | 7 | 2.018 | 9.29 | 6.7 | 2.013 | 99.8 | 95 |
| DOLGU | 19.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 13+440-13+560 | | | 13+520 | | | | 15 | 8 | 2.018 | 9.29 | 6.4 | 1.957 | 97.0 | 95 |
| DOLGU | 19.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 13+440-13+560 | | | 13+500 | | | | 15 | 9 | 2.018 | 9.29 | 6.4 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 20.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+550-15+800 | | | | 15+600 | | | 15 | 1 | 2.018 | 9.29 | 6.0 | 1.969 | 97.6 | 95 |
| DOLGU | 20.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+550-15+800 | | | | | 15+600 | | 15 | 2 | 2.018 | 9.29 | 5.2 | 1.996 | 98.9 | 95 |
| DOLGU | 20.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+550-15+800 | | | | 15+700 | | | 15 | 2 | 2.018 | 9.29 | 6.4 | 1.949 | 96.6 | 95 |
| DOLGU | 22.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+550-15+800 | | | | 15+600 | | | 15 | 3 | 2.018 | 9.29 | 6.2 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 22.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+550-15+800 | | | | | 15+680 | | 15 | 3 | 2.018 | 9.29 | 5.4 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 22.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+550-15+800 | | | | 15+740 | | | 15 | 3 | 2.018 | 9.29 | 7.0 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 23.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+550-15+800 | | | | 15+600 | | | 15 | 4 | 2.018 | 9.29 | 5.4 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 23.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+550-15+800 | | | | | 15+680 | | 15 | 4 | 2.018 | 9.29 | 6.8 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 23.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+550-15+800 | | | | 15+740 | | | 15 | 4 | 2.018 | 9.29 | 6.2 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 29.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+900-16+250 | | | | | 16+000 | | 15 | 1 | 2.018 | 9.29 | 5.7 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 29.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+900-16+250 | | | | 15+950 | | | 15 | 2 | 2.018 | 9.29 | 6.9 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 29.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+900-16+250 | | | | | 16+050 | | 15 | 2 | 2.018 | 9.29 | 6.4 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 29.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+900-16+250 | | | | 16+120 | | | 15 | 2 | 2.018 | 9.29 | 7.0 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 29.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+900-16+250 | | | | | 16+220 | | 15 | 2 | 2.018 | 9.29 | 8.3 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 31.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+900-16+250 | | | | 16+000 | | | 15 | 3 | 2.018 | 9.29 | 5.9 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 31.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+900-16+250 | | | | | 15+950 | | 15 | 3 | 2.018 | 9.29 | 5.4 | 2.017 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 31.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+900-16+250 | | | | 16+050 | | | 15 | 3 | 2.018 | 9.29 | 7.5 | 2.018 | 100.0 | 100 |
| DOLGU | 31.10.2018 | Mecitözü A.O-1 | 15+900-16+250 | | | | | 16+120 | | 15 | 3 | 2.018 | 9.29 | 8.0 | 2.017 | 100.0 | 100 |

| MÜTEAHHİT | | MÜŞAVİRLİK | | KGM |
|---|---|---|---|---|
| Araştırma Teknisyeni<br>Selçuk AKKAYA | Şantiye Şefi<br>Uçkan ARSLAN | Araştırma Teknisyeni<br>Koray ARTAR | Yol Yapım Başmühendisi<br>Halit ÖZDEMİR | Kontrol Şefi<br>Gökhan VURAL |

T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
KARAYOLARI 7. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ
(Çorum-Merzifon)Ayr.(Amasya-Turhal)Ayr.Yolu Km:0+000-61+841.27

## REGLAJ TESLİM TUTANAĞI

**Tarih :** 7.10.2018

**DOĞRULAMA TESTİ :**

(Çorum-Merzifon)Ayr.(Amasya-Turhal)Ayr.Yolu Km:0+000-61+841.2 arası toprak tesviye sanat yapıları ve üst yapı işleri ikmal inşaatı işinde;

Terasman seviyesinde hazırlanmış olan Km: 19+100 - 19+600 arası , 07.10.2018 tarihinde hızı 6 km/saat , ağırlığı 35 ton olan 06 GB 9263 (10 teker) plakalı kamyon yolun sağ platformun sağ taraf,eksen ve sol tarafından geçecek şekilde hareket ettirilerek "Doğrulama Testi" yapılmıştır. Herhangi bir esneme,defleksiyon,çökme vb. unsurlar gözlenmemiştir.

| MÜTEAHHİT | | MÜŞAVİRLİK | | KGM |
|---|---|---|---|---|
| Arş.Tekn. Sefer AKKAYA | Şantiye Şefi Uçkan ARSLAN | Arş. Tekn. Koray ARTAR | Yol Yapım BasMüh. Halit ÖZDEMİR | Kontrol Şefi Gökhan VURAL |

T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
KARAYOLARI 7. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ
(Çorum-Merzifon)Ayr.(Amasya-Turhal)Ayr.Yolu Km:0+000-61+841.27

## REGLAJ TESLİM TUTANAĞI

**Tarih :** 6.10.2018

**DOĞRULAMA TESTİ :**

(Çorum-Merzifon)Ayr.(Amasya-Turhal)Ayr.Yolu Km:0+000-61+841.2 arası toprak tesviye sanat yapıları ve üst yapı işleri ikmal inşaatı işinde;

Terasman seviyesinde hazırlanmış olan Km: 18+220 - 18+450 arası , 06.10.2018 tarihinde hızı 4 km/saat , ağırlığı 35 ton olan 06 GB 9261 (10 teker) plakalı kamyon yolun sol platformun sağ taraf,eksen ve sol tarafından geçecek şekilde hareket ettirilerek "Doğrulama Testi" yapılmıştır. Herhangi bir esneme,defleksiyon,çökme vb. unsurlar gözlenmemiştir.

| MÜTEAHHİT | | MÜŞAVİRLİK | | KGM |
|---|---|---|---|---|
| Arş.Tekn. | Şantiye Şefi | Arş. Tekn. | Yol Yapım Müh. | Kontrol Şefi |
| Sefer AKKAYA | Uçkan ARSLAN | Koray ARTAR | Halit ÖZDEMİR | Gökhan VURAL |