

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARAZİDE KONTROLLÜ DOLGU ÇALIŞMALARI İLE ZEMİN  
TAŞIMA GÜCÜNÜN ARTTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS**

**İnşaat Müh. Mürsel AKAR**

**Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Aydın KAVAK**

**KOCAELİ, 2010**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARAZİDE KONTROLLÜ DOLGU ÇALIŞMALARI İLE ZEMİN  
TAŞIMA GÜCÜNÜN ARTTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS**

**İnşaat Müh. Mürsel AKAR**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 17.06.2010**

**Tezin Savunulduğu Tarih: 26.07.2010**

**Tez Danışmanı**

**Yrd.Doç.Dr. Aydın KAVAK**

(.....)

**Üye**

**Doç.Dr. Gülgün YILMAZ**

(.....)

**Üye**

**Yrd.Doç.Dr.Berna UNUTMAZ**

(.....)

**KOCAELİ, 2010**

## **ÖNSÖZ**

İnşaat faaliyetleri sırasında sıklıkla karşılaşılan dolgu imalatının arazide kontrollü bir şekilde yapılması zeminin taşıma gücü ve buna bağlı olarak ekonomik açıdan son derece önemlidir. Bu çalışmada dolgu tabakaları ve doğal zemin üzerinde çeşitli arazi ve laboratuvar deneyleri yapılarak dolgu imalatının sağlıklı bir şekilde sonuçlandırılması izlenmiştir. Araziden elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı bir şekilde incelenmiş ve sonuçları yorumlanmıştır.

Araştırmada yardımlarını esirgemeyen Sn. Yrd. Doç. Dr. Aydın KAVAK, Sn. Dr. Utkan MUTMAN ve bana sürekli olarak manevi destek olan eşim ve kızıma teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ .....	vii
SİMGELER.....	viii
ÖZET.....	x
İNGİLİZCE ÖZET.....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. KOnUYLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Kompaksiyon Teorisi.....	3
2.1.1. Laboratuvar da kompaksiyon deneyleri .....	7
2.1.1.1. Standart Proctor deneyi .....	7
2.1.1.2. Modifiye Proctor deneyi .....	9
2.1.2. Arazide Kompaksiyon.....	9
2.1.3. Arazide kompaksiyon kontrolü .....	11
2.1.3.1. Kum konisi deneyi .....	12
2.1.3.2. Nükleer yoğunluk deneyi .....	14
2.1.4. Arazide uygun sıkıştırma araçlarının seçimi.....	15
2.2. Plaka Yükleme Deneyi.....	19
2.3. Sismik Kırılma Deneyi.....	22
2.4. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT).....	23
3. KOnU İLE İLGİLİ GEÇMİŞTE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	26
3.1. Kompaksiyon Parametrelerinin Tahmin Edilmesi Hakkında Yapılan Çalışmalar .....	26
3.2. Kum Konisi Deneyi ve Nükleer Metodun Karşılaştırılması Üzerine Yapılan Çalışmalar .....	33
3.3. Zemin Sıklığı Hakkında Yapılan Çalışmalar .....	34
4. MALZEME VE YÖNTEM.....	38
4.1. Sahanın Özellikleri.....	38
4.1.1. Elek analizleri.....	41
4.1.2. Proctor deneyleri .....	45
4.1.3. CBR deneyleri .....	49
4.1.4. Sismik deneyler .....	52
4.1.5. SPT deneyi .....	60
4.2. Sahada Kontrollü Dolgu.....	60
4.2.1. Dolgu sırasında yapılan arazi deneyleri .....	63
4.2.1.1. Arazide kompaksiyon parametrelerinin kontrolü .....	63
4.2.1.2. Plaka yükleme deneyleri .....	65
4.2.2. Dolgu çalışması sonrasında yapılan arazi deneyleri .....	81
4.2.2.1. Sismik kırılma deneyi .....	81
4.2.2.2. Plaka Yükleme Deneyleri .....	84
4.3. Zemin Taşıma Gücü Tayini .....	94

4.3.1. Terzaghi formülü ile zemin taşıma gücü tayini.....	94
4.3.2. Plaka yükleme deney verileri ile zemin taşıma gücü tayini.....	97
4.3.3. SPT ile zemin taşıma gücü tayini.....	98
4.3.4. Sismik kırılma yöntemi ile zemin taşıma gücü tayini.....	100
5. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	101
5.1. Dolgu Çalışması Sırasında Yapılan Plaka Yükleme Deney Sonuçları ve Karşılaştırılması .....	101
5.2. Dolgu Çalışması Sonrasında Yapılan Plaka Yükleme Deney Sonuçları ve Karşılaştırılması .....	106
5.3. Sismik Verilerin Karşılaştırılması.....	109
5.4. Farklı Yöntemler İle Bulunan İzinverilebilir Zemin Taşıma Güçlerinin Karşılaştırılması .....	111
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	113
KAYNAKLAR .....	117
EKLER.....	121
ÖZGEÇMİŞ .....	178

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1:	Su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık ilişkisi.....	4
Şekil 2.2:	Kompaksiyon Deneyinde Elde Edilen Kuru Yoğunluk Su İçeriği İlişkisi. .....	5
Şekil 2.3:	Kompaksiyon eğrisini etkileyen parametreler.....	6
Şekil 2.4:	Proctor Deney Aleti.....	9
Şekil 2.5:	Geçiş hızı ve geçiş sayısının kompaksiyona etkisi.....	11
Şekil 2.6:	Kum konisi deneyi .....	13
Şekil 2.7:	Arazide dolgu yoğunluğunun tayini için nükleer yöntem.....	14
Şekil 2.8:	Düz ayaklı silindir .....	16
Şekil 2.9:	Yatak katsayısının DIN 18134 ‘e göre belirlenmesi .....	21
Şekil 2.10:	Sismik Kırılma Yöntemi. ....	23
Şekil 3.1:	$z=D=20$ cm Derinliğinde düşey gerilme artışı ( $\gamma_k=15.0$ kN/m <sup>3</sup> ).....	36
Şekil 3.2:	20 cm Çaplı dairesel temelde sıkılık etkisi.....	37
Şekil 4.1:	Uygulama arazisi ve sondaj kuyu lokasyonu .....	40
Şekil 4.2:	Dolguda kullanılan malzemenin elek analizi ve plastisite indisleri .....	41
Şekil 4.3:	Dolguda kullanılan malzemenin elek analizi .....	42
Şekil 4.4:	Elek analizi sonuçlarına göre çakıl, kum ve ince malzeme dağılımı. ....	44
Şekil 4.5:	Dolgu malzemesine ait Modifiye proctor deneyi.....	45
Şekil 4.6:	Dolgu malzemesine ait standart proctor deneyi(A.Ç. 7).....	47
Şekil 4.7:	Dolgu malzemesine ait standart proctor deneyi(A.Ç. 8).....	47
Şekil 4.8:	Dolgu malzemesine ait standart ve Modifiye proctor deneyleri .....	48
Şekil 4.9:	Dolgu malzemesi yaş CBR deneyine ait grafik .....	50
Şekil 4.10:	Yaş CBR deneyine ait grafik (Araştırma Çukuru 6).....	51
Şekil 4.11:	Yaş CBR deneyine ait grafik (Araştırma Çukuru 11).....	51
Şekil 4.12:	Sismik-1’e ait uzaklık – zaman grafiği .....	53
Şekil 4.13:	Sismik-2’ye ait uzaklık – zaman grafiği .....	53
Şekil 4.14:	Sismik-3’e ait uzaklık – zaman grafiği .....	54
Şekil 4.15:	Sismik-4’e ait uzaklık – zaman grafiği .....	54
Şekil 4.16:	Arazide sondaj kuyusu açılması ve SPT uygulaması.....	60
Şekil 4.17:	Bitkisel toprak kazısı.....	62
Şekil 4.18:	Arazide kazı çalışmaları .....	62
Şekil 4.19:	Dolgu alanı .....	63
Şekil 4.20:	Granüler dolgu üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi.....	65
Şekil 4.21:	Granüler dolgu 7. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri .....	66
Şekil 4.22:	Granüler dolgu 8. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri .....	67
Şekil 4.23:	Granüler dolgu 8. tabaka üzerinde yapılan 2. plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	68
Şekil 4.24:	Granüler dolgu 9. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri .....	69

Şekil 4.25: Granüler dolgu 10. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	70
Şekil 4.26: Granüler dolgu 13. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	71
Şekil 4.27: Granüler dolgu 13.tabaka üzerinde yapılan 2. plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	72
Şekil 4.28: Granüler dolgu 14. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	73
Şekil 4.29: Granüler dolgu 18. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	74
Şekil 4.30: Granüler dolgu 19. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	75
Şekil 4.31: Granüler dolgu 19. tabaka üzerinde yapılan 2. plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	76
Şekil 4.32: Tabi zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	77
Şekil 4.33: Tabi zemin üzerinde yapılan 2. plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	78
Şekil 4.34: Tabi zemin üzerinde yapılan 3 .plaka yükleme deneyi gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	79
Şekil 4.35: Dolgu sonrası Sismik-1'e ait uzaklık – zaman grafiği.....	81
Şekil 4.36: Dolgu sonrası Sismik-2'ye ait uzaklık – zaman grafiği.....	81
Şekil 4.37: Dolgu sonrası Sismik-3'e ait uzaklık – zaman grafiği.....	82
Şekil 4.38: Dolgu sonrası Sismik-4'e ait uzaklık – zaman grafiği.....	82
Şekil 4.39: Dolgu sonrası döşeme altı tabi zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	85
Şekil 4.40: Dolgu sonrası döşeme altı tabi zemin üzerinde yapılan 2. plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	86
Şekil 4.41: Dolgu sonrası döşeme altı tabi zemin üzerinde yapılan 3. plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	87
Şekil 4.42: Dolgu sonrası döşeme altı tabi zemin üzerinde yapılan 4. plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	88
Şekil 4.43: Dolgu sonrası döşeme altı dolgu zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	89
Şekil 4.44: Dolgu sonrası döşeme altı dolgu zemin üzerinde yapılan 2. plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	90
Şekil 4.45: Dolgu sonrası döşeme altı dolgu zemin üzerinde yapılan 3. plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	91
Şekil 4.46: Dolgu sonrası döşeme altı dolgu zemin üzerinde yapılan 4. plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri.....	92
Şekil 4.47: Yüzeysel temel altında göçme mekanizması.....	94
Şekil 4.48: Granüler dolgu tabakası üzerinde taşıma gücü tayini amaçlı yapılan plaka yükleme deneyi gerilme-deformasyon grafiği.....	97
Şekil 5.1: Doğal zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinin karşılaştırılması.....	101

Şekil 5.2: Doğal zemin üzerinde ve farklı dolgu tabakalarında yapılan plaka yükleme deneylerinin karşılaştırılması.....	102
Şekil 5.3: Yapılan plaka yükleme deneylerinin karşılaştırılması .....	104
Şekil 5.4: Dolgu tabakaları arasında farklı BHA değerleri için gerilme – deformasyon grafiği .....	105
Şekil 5.5: Aynı su muhtevasına ait dolgu tabakaları arasında farklı BHA değerleri için gerilme – deformasyon grafiği .....	106
Şekil 5.6: Dolgu çalışması sonrasında doğal zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinin karşılaştırılması .....	107
Şekil 5.7: Dolgu çalışması sonrasında dolgu zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinin karşılaştırılması .....	107
Şekil 5.8: Dolgu çalışması sonrasında dolgu zemin ve doğal zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinin karşılaştırılması.....	108
Şekil 5.9: Dolgu çalışması öncesinde ve sonrasında uygulam yapılan araziye ait zemin profili .....	109
Şekil 5.10: Sismik kırılma deneyine göre dolgu öncesi ve sonrası taşıma gücü değerlerinin karşılaştırılması .....	110
Şekil 5.11: Dolgu çalışması öncesi ve sonrasında boyuna dalga hızı $V_p$ ' nin karşılaştırılması .....	110
Şekil 5.12: Dolgu çalışması öncesi ve sonrasında enine dalga hızı $V_s$ ' nin karşılaştırılması .....	111
Şekil 5.13: Farklı yöntemler ile hesaplanan dolgu zemine ait taşıma gücü değerlerinin karşılaştırılması .....	112

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1: Literatürde bazı önemli korelasyon denklemleri.....	30
Tablo 3.2: Türkiye de SP kompaksiyondan elde edilen $w_{opt}$ korelasyon modelleri.	31
Tablo 3.3: Türkiye de SP kompaksiyondan elde edilen $w_{kmax}$ korelasyon modelleri. .....	32
Tablo 3.4: Kum konisi ve nükleer deney sonucu elde edilen parametrelerin temel istatistik analizi.....	34
Tablo 3.5: Kare temel altında düşey gerilmelerin karşılaştırılması( $\gamma_k=15.0$ kN/m <sup>3</sup> )	35
Tablo 3.6: Kare temel altında düşey gerilmelerin karşılaştırılması( $\gamma_k=17.0$ kN/m <sup>3</sup> )	35
Tablo 4.1: Sondaj kuyuları ve araştırma çukurlarına ait zemin sınıflandırması.....	43
Tablo 4.2: Sondaj ve araştırma çukurlarına ait numunelerin standart proctor deney sonuçları .....	46
Tablo 4.3: Dolgu malzemesi yaş CBR deneyi sonuçları .....	50
Tablo 4.4: Dolgu malzemesine ait özellikler.....	52
Tablo 4.5: Dolgu çalışması öncesinde yapılan sismik çalışmaları sonucu hesaplanan zemin parametrelerine ait özet tablo .....	56
Tablo 4.6: Yapılan sismik çalışmaları sonucu katmanlara ait zemin parametrelerinin ortalama değerleri.....	57
Tablo 4.7: Zeminlerin yoğunluklara göre sınıflandırılması.....	57
Tablo 4.8: Kayma modülü değerlerine göre zemin dayanımı .....	58
Tablo 4.9: Elastisite modülü değerlerine göre zemin dayanımı .....	58
Tablo 4.10: Poisson sınıflaması ve hız oranı karşılaştırması.....	58
Tablo 4.11: Bulk modülü değerlerine göre zemin sıkışması.....	59
Tablo 4.12: Zeminlerin taşıma gücüne göre dayanımlar .....	59
Tablo 4.13: Dolgu tabakalarında gözlenen ortalama nükleer metot deney sonuçları	64
Tablo 4.14: Arazide yapılan plaka yükleme deneylerine ait veriler. ....	80
Tablo 4.15: Dolgu sonrası yapılan sismik kırılma deneyi sonuçlarına göre zemin parametreleri.....	83
Tablo 4.16: Dolgu sonrası yapılan sismik kırılma deneyi sonuçlarına göre zemin parametreleri ortalama değerleri. ....	84
Tablo 4.17: Dolgu sonrasında taban döşemesi altında yapılan plaka yükleme deneylerine ait veriler.....	93
Tablo 4.18: Taşıma gücü faktörleri.....	95
Tablo 4.19: Taşıma gücü değerlerine göre zemin sınıflandırması .....	98
Tablo 4.20: SPT-N <sub>30</sub> verileri .....	98
Tablo 4.21: Sismik kırılma deneyi ile ortalama taşıma gücü değerlerinin bulunması .....	100

## SİMGELER

a	: Yarıçap, (m)
B	: sürekli temelin genişliği, (m)
B1	: arazide kullanılan kare plaka genişliği, (m)
c	: zeminin kohezyonu, (kN/m <sup>2</sup> )
C <sub>A</sub>	: çakma başlığı düzeltme katsayısı
C <sub>C</sub>	: eğrilik katsayısı
C <sub>B</sub>	: saondaj çapı düzeltme katsayısı
C <sub>C</sub>	: tokmak yastığı düzeltme katsayısı
C <sub>E</sub>	: jeolojik yük düzeltme katsayısı
C <sub>R</sub>	: tij uzunluğu düzeltme katsayısı
C <sub>S</sub>	: numune alıcı kılıf düzeltme katsayısı
C <sub>u</sub>	: uniformluk sayısı
D	: çap, (m)
D10	: %10 geçen yüzdeye karşılık gelen çap, (m)
D30	: %30 geçen yüzdeye karşılık gelen çap, (m)
D60	: %60 geçen yüzdeye karşılık gelen çap, (m)
D <sub>f</sub>	: zemin yüzeyinden temelin alt taban kotuna düşey uzaklık, (m)
E	: elastisite modülü, (kN/m <sup>2</sup> )
E <sub>v</sub>	: deformasyon modülleri oranı
E <sub>v1</sub>	: plaka yükleme deneyinde birinci deformasyon modülü, (kN/m <sup>2</sup> )
E <sub>v2</sub>	: plaka yükleme deneyinde ikinci deformasyon modülü, (kN/m <sup>2</sup> )
I	: düzgün yayılı yük altındaki dairesel temeller için katsayısı
k <sub>s</sub>	: gerçek temel genişliği için yatak katsayısı, (kN/m <sup>2</sup> )
L	: sürekli temelin uzunluğu, (m)
L <sub>1</sub>	: uzaklık (m)
N <sub>c</sub>	: taşıma gücü katsayısı
N <sub>γ</sub>	: taşıma gücü katsayısı
N <sub>q</sub>	: taşıma gücü katsayısı
P	: düzgün yayılı yük, (kN/m <sup>2</sup> )
P1	: ilk yükleme eğrisinden elde edilen ortalama gerilme, (kN/m <sup>2</sup> )
P2	: ikinci yükleme eğrisinden elde edilen ortalama gerilme, (kN/m <sup>2</sup> )
S	: 0.00125 m
S <sub>r</sub>	: doyunluk yüzdesi, (%)
S1	: ilk yükleme eğrisinden elde edilen ortalama deformasyon, (mm)
S2	: ikinci yükleme eğrisinden elde edilen ortalama deformasyon, (mm)
t <sub>1</sub>	: dalga yayılma zamanı (sn)
Q <sub>u</sub>	: alttaki zeminde kayma göçmesine sebep olan düşey yük, (kN)
Q <sub>u</sub>	: taşıma gücü, (kN/m <sup>2</sup> )
q	: üniform yayılı yük, (kN/m <sup>2</sup> )
V	: deney kuyusunun hacmi

$V_{\text{koni}}$	: vana altındaki kum konisinin hacmi
$v_1$	: dalga yayılma hızı (m/sn)
$W$	: deney kuyusundan çıkarılan zeminin ağırlığı (kN) (kum konisi deneyi)
$W$	: su oranı, (%)
$W_1$	: kum konisi aygıtının ilk ağırlığı (kN)
$W_2$	: kum konisi aygıtının nihai ağırlığı (kN)
$w_L$	: likit limit, (%)
$w_p$	: plastik limit, (%)
$z$	: derinlik, (m)
$\Delta P$	: ilk ve ikinci yükleme gerilme farkı, (kN/m <sup>2</sup> )
$\Delta S$	: ilk ve ikinci yükleme deformasyon farkı, (mm)
$\nu$	: poisson oranı
$\gamma_k$	: zeminin kuru birim hacim ağırlığı, (kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma_{\text{kum}}$	: kum konisinde kullanılan kumun birim ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma$	: zeminin birim hacim ağırlığı, (kN/m <sup>3</sup> )
$\sigma_z$	: ortalama normal gerilme, (kN/m <sup>2</sup> )
$\sigma_{\text{zem}}$	: emniyetli taşıma gücü, (kN/m <sup>2</sup> )

### Kısaltmalar

A.Ç.	: Araştırma Çukuru
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
BHA	: Birim Hacim Ağırlık
CBR	: California Bearing Ratio
DIN	: Deutsches Institut für Normung
GM	: Siltli Çakıl
GW	: İyi Derecelenmiş Çakıl
LL	: Likit Limit
M.K.B.H.A.	: Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık
N.L	: Likit Davranış Göstermeyen
N.P	: Plastik Davranış Göstermeyen
O.D.T.Ü.	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
PI	: Plastisite İndisi
PL	: Plastik Limit
PLT	: Plate Load Test
SM	: Siltli Kum
SP	: Kötü Derecelenmiş Kum
SW	: İyi Derecelendirilmiş Kum
USCS	: Unified Soil Classification System

# ARAZİDE KONTROLLÜ DOLGU ÇALIŞMALARI İLE ZEMİN TAŞIMA GÜCÜNÜN ARTTIRILMASI

**Mürsel AKAR**

**Anahtar Kelimeler:** Granüler dolgu, Kompaksiyon, Plaka yükleme deneyi, Taşıma gücü.

**Özet:** Dolgu çalışmaları her tür inşaat faaliyetinde sıklıkla uygulanan bir yöntemdir. Arazide kaliteli bir dolgu yapılabilmesi için kontrollü olarak sıkıştırılması gerekir. Bu amaçla mekanik kompaksiyon (sıkıştırma), zeminin yüzeysel iyileştirme yöntemlerinden en yaygın olarak kullanılan ekonomik bir yöntemdir. Bu çalışmanın amacı yüksek ve geniş sayılabilecek bir dolgu imalatında yapılan dolgu tabakalarının taşıma gücü değerlerinin, taşıma gücü yüksek olan doğal zemine yaklaştırılmaya çalışmaktır. Bu çalışmada ayrıca dolgu tabakalarında zeminin taşıma gücü ve deformasyon değerlerinde oluşabilecek değişimler ve bu değişimlerin sebepleri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında dolguda kullanılacak malzeme üzerinde elek analizi, Proctor ve CBR deneyleri yapılarak malzemenin dolguya uygunluğu test edilmiştir. Dolgu çalışması öncesinde ve sonrasında sismik kırılma, SPT deneyleri yapılmıştır. Dolgu sırasında ise tüm tabakalar üzerinde su muhtevası, BHA tespiti deneyleri ile malzemenin arazide homojen ve yeterli enerji ile sıkışmış olduğu izlenmiştir. Bunun yanında tüm tabakalarda olmak üzere toplamda 37 adet plaka yükleme deneyi yapılmış ve zemine uygulanan yüklere karşı meydana gelen deformasyonlar incelenmiştir. Çalışma sonunda sismik kırılma deneyi, SPT deneyi, zemin taşıma güçleri ve plaka yükleme deneyleri karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. İncelemeler sonucunda dolgu çalışmasının kontrollü bir şekilde yapıldığında dolgu ile taşıma gücü yüksek olan doğal zemin arasında mukavemet değerleri açısından çok fark olmadığı görülmüştür.

## SOIL IMPROVEMENT WITH CONTROLLED INSITU FILL WORKS

Mürsel AKAR

**Keywords:** Granular fill, Compaction, Plate loading test, Bearing capacity

**Abstract:** Earthfill is a method which is frequently used in many areas of civil engineering. In order to perform a qualified fill in the field, it is necessary to apply controlled compaction. Therefore, mechanical compaction, which is a type of shallow ground improvement methods, is a widely utilized and economic technique. The aim of this study is to improve the bearing capacity of a large granular fill (in terms of the height and the dimension) until the value of a high-strength natural soil. At the same time, the variations of bearing capacity and deformation in earthfill layers as well as the reasons of these variations are also investigated within the content of this study. The appropriateness of the materials in terms of meeting the requirements as a fill is inquired by performing sieve analysis, Proctor, and CBR tests. Moreover, seismic defraction as well as SPT analyses are conducted before and after the earthworks. Throughout the earthworks, water content and unit weight tests are carried out for the evaluation of the compaction energy, compaction amount, and the homogeneity. Furthermore, 37 different plate loading tests are performed on the layers to analyze the deformations emerged from applied loads. Results indicated that it is possible to reach high bearing capacity levels as in dense natural soils by the application of controlled compaction technique to earthfill which is artificially constituted.

## 1.GİRİŞ

Kompaksiyon, mekanik enerji uygulayarak zeminin yapı taşı olan danelerin sıkıştırılarak bir araya gelmeye zorlanması ve bir bütün halinde hareket etmesini sağlama işidir. Bu bağlamda, kompaksiyon sırasında süre çok kısa, mekanik enerji ise yüksek olduğu için zemin içerisindeki su dışarı çıkmaya fırsat bulamadan hava boşlukları azalır ve sıkışma işlemi gerçekleşir. Konsolidasyon ile kompaksiyon arasındaki temel farklılık da buradan kaynaklanır. Kompaksiyondaki en önemli amaç, kalıcı deformasyonlara ve oturmalara karşı daha dirençli bir zemin elde edilmesi, permeabilitenin azaltılması, taşıma gücünün artırılması ve kayma mukavemetinin yükseltilmesidir. Genel anlamda bu kriterlerin bir ya da birden fazlasını sağlayan bir kompaksiyon çalışması başarılı olmuş sayılır.

Teknolojinin gelişmesi ve nüfusun giderek artması ile kentlerde yapılaşma hızla artmış ve buna bağlı olarak yapıların inşa edilmesi için uygun arazilerin bulunmasında sıkıntılar doğmaya başlamıştır. Bundan dolayı arazi giderleri yatırım harcamaları içinde çok büyük paylar almaya başlamıştır. Yapı alanı olarak belirlenen, fakat taşıma gücü, oturma problemleri ve arazinin topoğrafik durumu bakımından problemlili olan arazilerin yapılaşmaya uygun hale gelmesi için bu alanlarda yapılacak yapıların temel sistemleri derin temele dönüştürülmekte ya da zeminlerini iyileştirilmesi yoluna başvurulmaktadır.

Genellikle sanayi yapılaşmaları, şehir merkezlerine uzak ve arazi şartlarının nispeten zor olduğu bölgelerde olmaktadır. Çoğu zaman arazinin topoğrafik durumundan kaynaklanan sebepler yüzünden inşaata başlamadan önce temel zemininde gerekli kontrollü dolgu işlemlerinin yapılması gerekebilir.

Yapılacak kontrollü dolgu işleminde en ekonomik yöntem, kazıdan çıkan malzemenin uygun olması durumunda, kontrollü sıkıştırma yapılarak dolgu alanında

kullanılmasıdır. Bu amaçla mekanik kompaksiyon (sıkıştırma), zeminin yüzeysel iyileştirme yöntemlerinden en yaygın ve çoğu zaman en ekonomik olarak kullanılan yöntemdir.

Dolguda kullanılacak malzemeyi daha iyi tanıyabilmek için, malzemeye ait indeks özelliklerinin ve sıkışma karakteristiklerinin bilinmesi şarttır. Bunun için arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar sonunda, malzemenin gereken şartları sağlaması durumunda, kontrollü dolgu çalışmalarına geçilir ve yapı alanı hazırlanabilir.

Bu çalışmada, sanayi tesisinin temel inşaatında yüksek dolgu çalışması ele alınmıştır. Bu yüksek dolgu, Gebze Organize Sanayi Bölgesi (GOSB) sınırları içerisinde bulunan inşaat sahasında, engebeli arazi koşullarından kaynaklanan zorlukların aşılması amacıyla kontrollü bir şekilde yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında, kazıdan çıkacak malzemenin, kontrollü dolgu çalışmasında dolgu malzemesi olarak uygunluğunun araştırılması amacı ile 13 adet sondaj ve 12 adet araştırma çukuru ile zemin profili ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca dolgu çalışması öncesinde, laboratuvarda geoteknik deneyler ile malzemenin indeks özellikleri belirlenmiştir.

Dolgu malzemesinin uygunluğu belirlendikten sonra, arazide kontrollü dolgu çalışmaları kapsamında mekanik kompaksiyon yapılmıştır. Sıkışmanın istenilen seviyede olduğunu kontrol etmek için kum konisi ve nükleer yöntemler ile gerekli sıkışma deneyleri yapılmıştır. Dolgu çalışmaları sırasında arazide plaka yükleme deneyi ve dolgu işleminin sonunda da SPT (standart penetrasyon deneyi) ve sismik kırılma deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda dolgu ve doğal zemin parametreleri karşılaştırılarak dolgu çalışmasının kalitesi incelenmiştir.

## 2. KONUYLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

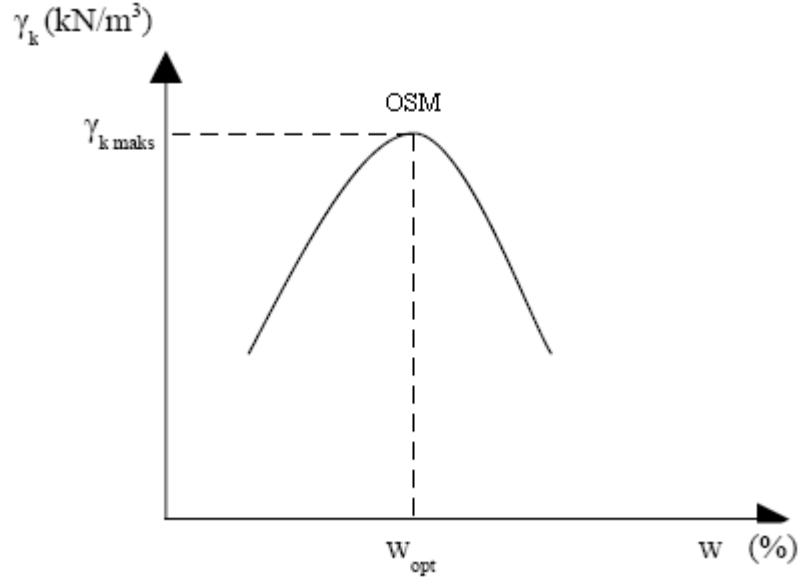
### 2.1. Kompaksiyon Teorisi

Kompaksiyon, mekanik enerji uygulayarak zeminin yoğunluğunun artırılması esasına dayalı bir stabilizasyon yöntemidir. Bu işlemler sonrasında zemin; daha kararlı bir hale gelir, geçirirliliği azalır, uygulanan dış yükler altında yeterli dayanıma sahip olur, yapacağı oturmalar azalır ve bu özelliklerini çok uzun yıllar koruyabilir (Özaydın,1995).

Kaba daneli zeminlerin etkili bir şekilde sıkıştırılması vibrasyon ile sağlanır. Gerek elle çalışan titreşimli plaklar gerekse çeşitli boylardaki titreşimli motorize silindirler, kum çakıl sınıfı zeminleri sıkıştırmada oldukça etkilidir. Gevşek granüler dolguların dinamik olarak sıkıştırılmasında serbest düşen ağırlıklardan yararlanır. İnce daneli zeminler laboratuarda ağırlık düşürülerek Standart Proctor ve Modifiye Proctor adı altında iki şekilde test edilir.

Kompaksiyon deneyi sonucunda, zeminin kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_d$ ) ve su muhtevası ( $w$ ) arasında bir ilişki elde edilir. Bunun için, zeminin hangi su muhtevası ile sıkıştırılması halinde, maksimum kuru birim hacim ağırlığının ( $\gamma_{dmax}$ ) elde edileceğinin bilinmesi çok önemlidir. Kuru halde bulunan zemine bir miktar su ilave edildiğinde su daneleri bu suyu emerler. Daha fazla su ilavesi durumunda zemin daneleri zemin daneleri birbirlerine göre kolaylıkla bağıl hareket yapabilirler. Bir miktar daha su ilavesi halinde zemin içerisinde bulunan boşluklar su ile dolmaya başlar ve zeminin yoğunluğu artar. Ancak zemin içerisindeki boşlukların tamamen su ile doldurulması ve suyun sıkışmaması nedeniyle bir noktadan sonra yapılan su ilaveleri zeminin yoğunluğunu arttırmayacağı gibi azalmasına sebep olacaktır (Şekil 2.1). İlave edilen suyun çok az ya da çok fazla olması halinde zeminde maksimum kuru birim hacim ağırlıktan daha küçük değerlere ulaşabilmektedir. Maksimum kuru birim hacim ağırlığın elde edilmesini sağlayan su muhtevasına

optimum su muhtevası ( $w_{opt}$ ) denir. Kuru birim hacim ağırlığın su muhtevasına bağlı olarak değişimi aşağıdaki Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

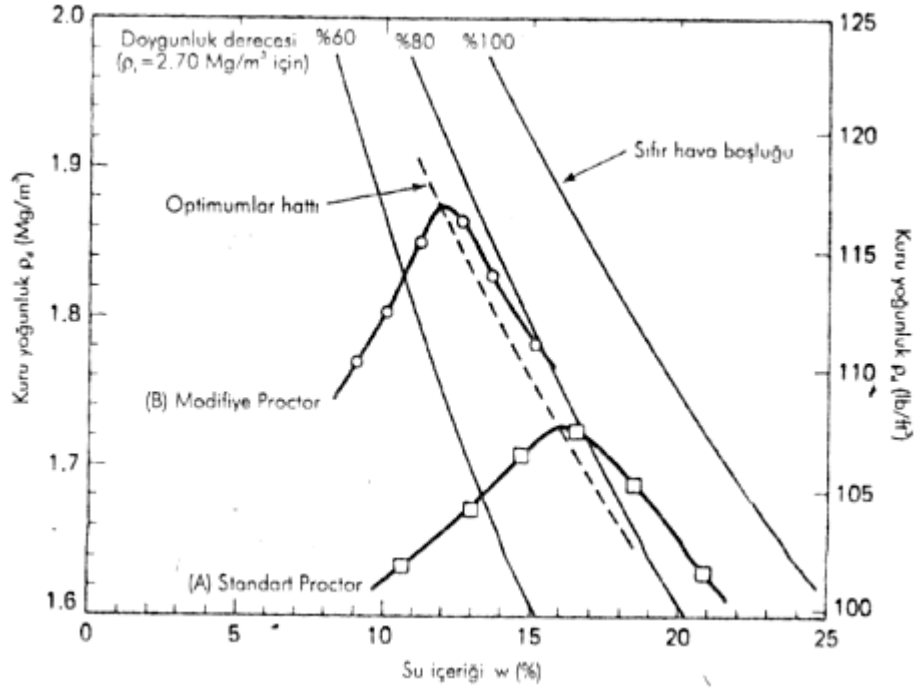


Şekil 2.1: Su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık ilişkisi.

Sıkıştırılmış zeminlerin su içeriklerinde genellikle belirli bir kompaksiyon türü için optimum su muhtevası referans alınır. Kompaksiyon eğrisindeki pozisyonuna bağlı olarak zeminler, optimumdan kuru, optimumda, optimum yakınında veya optimumdan ıslak şeklinde adlandırılır (Holtz ve Kovacs,1981).

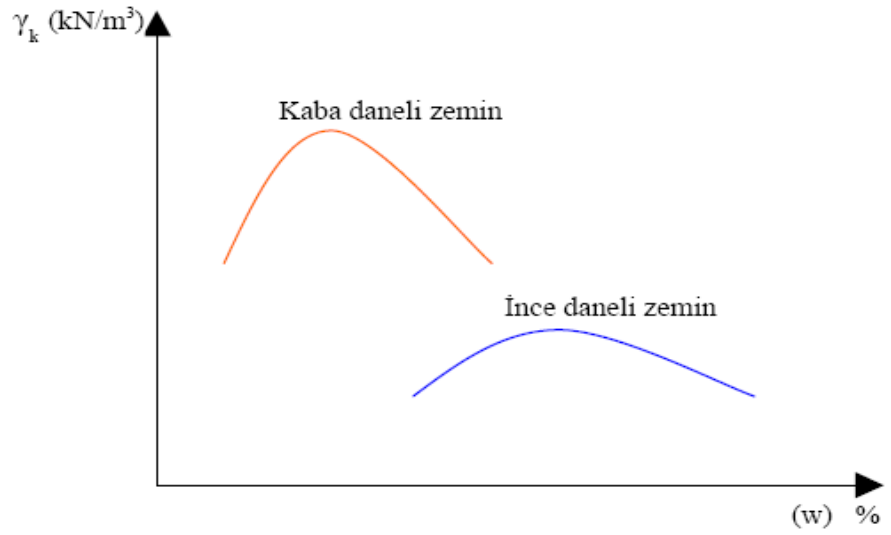
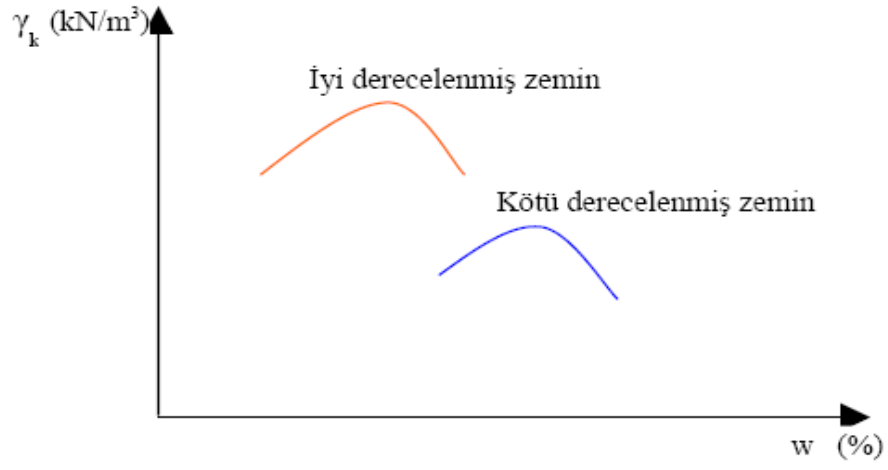
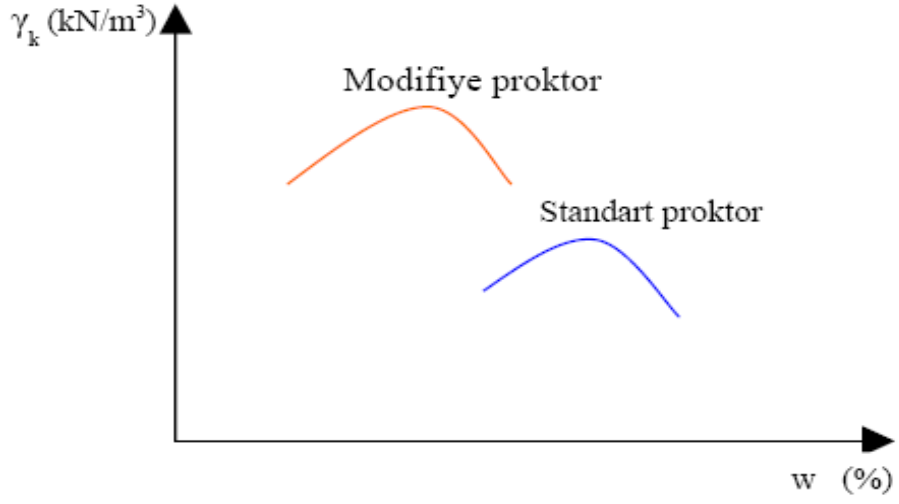
Standart Proctor sıkıştırmasından her bir örneğe ait kuru yoğunluklar hesaplanıp su içeriğine karşı grafiği çizildiğinde elde edilen eğriye kompaksiyon eğrisi denir (Şekil 2.2 A). Eğri üzerindeki her bir veri noktası bir kompaksiyon deneyini temsil eder. Kompaksiyon eğrisini sağlıklı olarak çizebilmek için en az beş veya altı nokta gereklidir. Belirli bir kompaksiyon yöntemi ve sıkıştırma enerjisi kullanıldığında zemin için elde edilen kompaksiyon eğrisi karakteristiktir. Kuru yoğunluğun tipik değerleri  $1,6 - 2,0 \text{ g/cm}^3$  civarındadır. Bu değerlerin maksimum değişim aralığı da  $1,3 - 2,4 \text{ g/cm}^3$ ’tür. Optimum su muhtevasının değişim aralığı %10-20 arasında; maksimum değişim aralığı ise yaklaşık olarak %5-40 arasındadır. Şekil 2.2’de ayrıca farklı doygunluk derecesindeki zeminler için eğriler verilmiştir. Doymunluk derecesi eğrileri zemindeki katıların yoğunluğu olan  $\rho_s$ ’ye bağlıdır. Şekil 2.2’de B eğrisindeki görüldüğü gibi, bu durum daha yüksek sıkıştırma enerjileri içinde geçerlidir. B eğrisi

Modifiye Proctor sıkıştırma deneyi ile elde edilen kompaksiyon eğrisidir. Bir zemin için değişik sıkıştırma enerjilerinde çizilmiş kompaksiyon eğrilerinin pik noktalarından geçen geçen çizgi %100 doygunluk eğrisine yaklaşık olarak paraleldir ve bu çizgiye optimumlar çizgisi denir (Holtz ve Kovacs,1981).



Şekil 2.2: Kompaksiyon Deneyinde Elde Edilen Kuru Yoğunluk Su İçeriği İlişkisi. (Johnson ve Salberg, 1960)

Laboratuvar şartlarında, kompaksiyonu bazı parametreler etkilemektedir. Bunlar, zemin cinsi, granülometrisi ve sıkıştırma enerji miktarı olarak sıralanabilir (Şekil 2.3). Kompaksiyonu etkileyen bu gibi durumlara şekil 2.3'de özetlenmiştir (Holtz ve Kovacs,1981).



Şekil 2.3: Kompaksiyon eğrisini etkileyen parametreler. (Özaydın,1995)

### 2.1.1. Laboratuvarda kompaksiyon deneyleri

Zeminin su muhtevasının kompaksiyon üzerindeki etkisinin önemi ve optimum su muhtevası grafiği daha önceki bölümde açıklanmıştır. Kompaksiyon enerjisi ile elde edilen sıkışıklık derecesinin su muhtevasına bağlı olarak değişimi, dolguda kullanılacak zemin için deneysel olarak saptanır. Bu konular arasında ilk çalışmalar içindeki en önemli olanı R.R. Proctor tarafından 1930'larda yapılan çalışmalardır. Proctor Kompaksiyon testi olarak bilinen bu deneyde, değişik su muhtevalarında zemin numuneleri, standart ebatlarda bir kap içinde, belirli sayıda tabakalar halinde ve üzerinde yine standart miktarda enerji uygulanarak, yani kütlesi belli bir ağırlığın sabit bir yükseklikten düşürülmesi ile sıkışmaktadır. Yaygın olarak kullanılan iki tür Proctor deneyi vardır. Bunlar Standart Proctor (SP) ve Modifiye Proctor (MP) deneyleridir (Ölmez,2007).

#### 2.1.1.1. Standart Proctor deneyi

Bir zemin kompaksiyona tabi tutularak, teorik olarak, boşluklarında mevcut su ve hava karışımındaki bütün hava dışarı atılırsa, zemin doymun hale gelmiştir denilir. Eğer zeminin tane birim hacim ağırlığı biliniyorsa, herhangi bir su içeriği için doymun haldeki kuru birim hacim ağırlığı bulunabilir. Bu değerin laboratuvar ortamında elde edilmesi için Proctor deneği kullanılmaktadır.

Standart Proctor deneği 956 cm<sup>3</sup>'lük silindir bir kalıp içinde zemin 3 tabaka halinde serilip, her tabaka 2.5 kg ağırlığında bir kütlenin 30.5 cm yükseklikten 25'er kere düşürülmesi ile yapılan sıkıştırma işleminden oluşur. (Şekil 2.4)

Kalıp, sıkıştırılmış zemin ile tamamen dolduktan sonra kütlesi belirlenip bundan sıkıştırılmış zeminin yoğunluğu ( $\rho$ ) veya birim hacim ağırlığı ( $\gamma$ ) hesaplanabilir.

$$\gamma_n = g \cdot \rho_n \quad (2.1)$$

$$\gamma_n = \frac{W}{V} \quad (2.2)$$

$$\gamma_k = \frac{\gamma_n}{1 + w} \quad (2.3)$$

Burada  $W$  zeminin ağırlığı,  $V$  zeminin hacmi,  $\gamma_n$  doğal birim hacim ağırlığı,  $\gamma_k$  kuru birim hacim ağırlığı,  $g$  yer çekimi ivmesi,  $\rho_n$  zeminin yoğunluğu ve  $w$  su muhtevasını göstermektedir.

Ayrıca deneyde tokmağın düşey olarak tutulmasına özen gösterilmeli ve yapılan vuruşlar seri olmalıdır. Optimum su muhtevası ( $w_{opt}$ ), zeminin arazide en iyi sıkılaşabileceği su muhtevasını, maksimum kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_{kmax}$ ) ise elde edilebilecek sıkılaşma derecesini göstermektedir. Aynı zamanda grafikte zeminin suya doygunluk ( $S$ ) eğrileri de gösterilir. Bu suya doygunluk eğrilerinin denklemi;

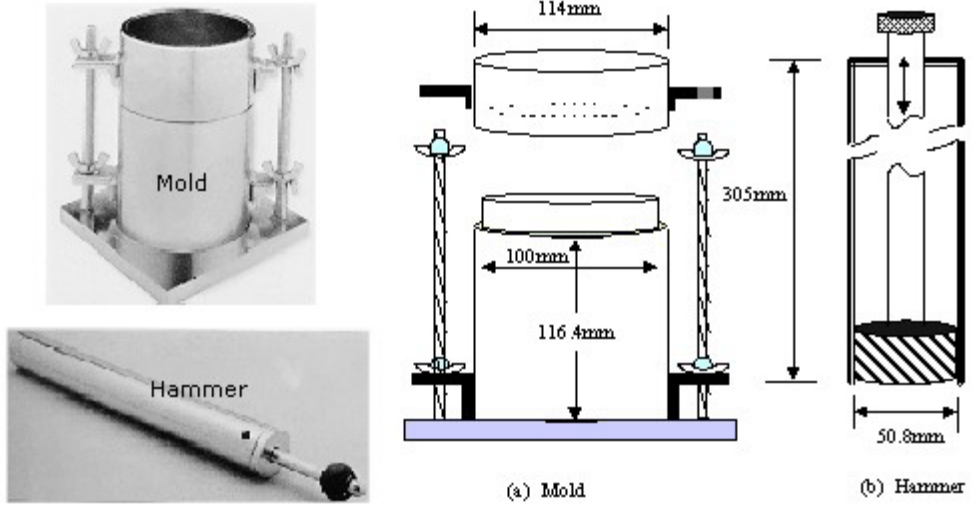
$$\gamma_k = \frac{\gamma_s}{1 + \frac{w\gamma_s}{S}} \quad (2.4)$$

Şeklinde ifade edilir. Kompaksiyon deneyinde sıkıştırılan zemine verilen kompaksiyon enerjisi ( $CE$ );

$$CE = \frac{nNHM}{V} \quad (2.5)$$

bağıntısıyla belirlenebilir. Burada  $n$  kompaksiyonun yapılması sırasında serilen tabaka sayısı,  $N$  vuruş sayısı (25),  $H$  düşüş yüksekliği,  $M$  tokmağın kütlesi,  $V$  sıkıştırma kabının hacmi (956 cm<sup>3</sup>)' dir. Standart proctor için uygulanan sıkıştırma enerjisi ( $E$ ), 592,50 kJ/m<sup>3</sup> tür (Ölmez,2007).

Proctor deney düzeneği şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Proctor Deney Aleti.

### 2.1.1.2. Modifiye Proctor deneyi

Modifiye Proctor deneyinde kullanılan aletler, Standart Proctor deneyinde kullanılanlarla aynıdır. Bununla birlikte, Modifiye Proctor deneyi, zemin 5 tabaka halinde ve üzerine 4.5 kg ağırlığında bir kütenin her tabakaya 45.7 cm yüksekliğinden 25 kere düşürülmesiyle yapılan sıkıştırma işlemidir.

Standart proctor için uygulanan sıkıştırma enerjisi (E),  $592,50 \text{ kJ/m}^3$  iken Modifiye proctor için sıkıştırma enerjisi  $2693 \text{ kJ/m}^3$ ' dir.

Zeminden alınacak örneklerden su muhtevası saptandıktan sonra, kuru birim hacim ağırlığı hesaplanır. Bu deney en az 5 veya 6 kere tekrarlandıktan sonra su muhtevası ve kuru birim hacim ağırlığı arasındaki ilişki deneysel olarak saptanmış olur ve sonuçlar grafikte gösterilir (Şekil 2.1). böylece grafikte, maksimum kuru birim hacim ağırlığına ( $\gamma_{kmax}$ ) karşılık gelen su muhtevası, optimum su muhtevası ( $w_{opt}$ ) olarak bulunur (Ölmez,2007).

### 2.1.2. Arazide Kompaksiyon

Sıkıştırma için belirlenen veya hazırlanan zemin, kullanılacak sıkıştırma aracına bağlı olarak belli bir kalınlıkta serilir. Zeminin su muhtevası laboratuvarında belirlenen

optimum su muhtevasına getirilir. Bunun için zemine bir miktar su ilave edilir veya havada kurutulur. Sonra zemin cinsine uygun sıkıştırma aracı ile sıkıştırma yapılır. Araziye yapılan kompaksiyon, rölatif kompaksiyonla ( $C_R$ ) kontrol edilir.

$$C_R = \frac{\gamma_{k(arazi)}}{\gamma_{kmaks(lab)}} \quad (2.6)$$

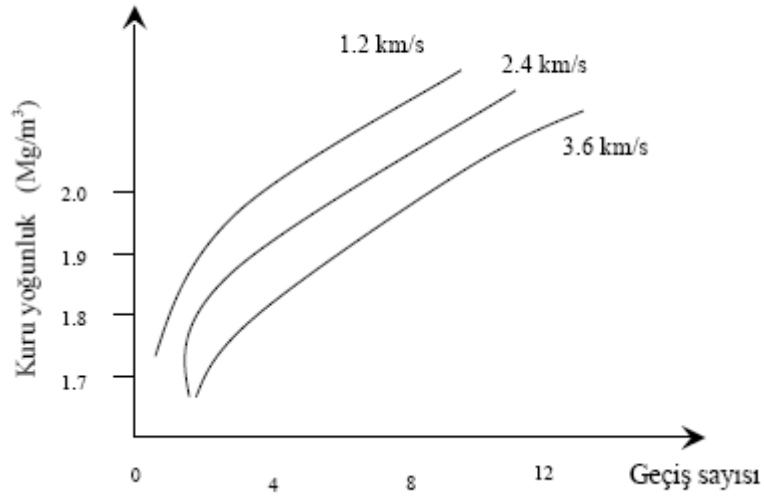
Burada,  $\gamma_{k(arazi)}$  araziye ölçülen kuru birim hacim ağırlığı,  $\gamma_{kmaks(lab)}$  laboratuvarda belirlenen maksimum kuru birim hacim ağırlığını göstermektedir. Genelde şartnamelerde  $C_R \geq \% 95$  değeri için ara tabakalarda sıkıştırmanın başarılı olduğu söylenebilir.

Araziye ait kuru birim hacim ağırlığını hesaplamak için gerekli olan yaş birim ağırlık ve su muhtevası belirlenmelidir. Araziye yapılan kompaksiyon, kum konisi, balon ve radyoaktif yöntemlerle belirlenmekle birlikte en çok kullanılan yöntem kum konisi ve nükleer yöntemdir.

Araziye yapılan kompaksiyonu etkileyen bir takım faktörler vardır. Bunlar, şu şekilde sıralanabilir;

- 1) Zemin özellikleri
  - a) Zemin granülometresi
  - b) Zeminin su muhtevası
  - c) Zeminin başlangıç sıklık derecesi
- 2) Kompaksiyonda kullanılan makinenin özellikleri
  - a) Makinenin ağırlığı, boyutları ve uyguladığı basınç miktarı
  - b) Titreşimli makinelerde titreşim frekans aralığı
- 3) Kompaksiyon yöntemleri
  - a) Serilme kalınlığı
  - b) Titreşim frekansı
  - c) Makinenin geçiş sayısı ve hızı

Geçiş hızı yavaşladıkça ve geçiş sayısı arttıkça sıkışma artmakta, buna karşılık maliyet de artmaktadır. Zemin cinsine ve serilen tabaka kalınlığına bağlı olarak belirli bir geçiş sayısından sonra elde edilen ilave sıkışma, maliyet artışını sağlamaktadır. (Şekil 2.5). Genellikle 6-8 geçişten sonra verim azalmaktadır (Özaydın, 1995).



Şekil 2.5: Geçiş hızı ve geçiş sayısının kompaksiyona etkisi. (Özaydın, 1995)

Ayrıca yüksek plastisiteli killerin arazideki kompaksiyonu sırasında zorluklarla karşılaşılır. Böyle zeminlerin kullanılması zorunluluğu olan durumlarda, elde olunacak dolgunun özellikleri de göz önünde tutularak, kireç gibi bazı katkı maddeleri kullanılarak zeminin plastisitesinin azaltılması sağlanabilir.

### 2.1.3. Arazide kompaksiyon kontrolü

Dolgu zeminlerde sıkışmanın kontrolü için yaygın olarak kullanılan iki yöntem kum konisi ve nükleer deneylerdir. Bu deneylerden kum konisi deneyi nükleer deneye göre daha güvenilir sonuç vermektedir, ancak uygulanabilirlik açısından zahmetli ve zaman alıcı bir yöntemdir. Öte yandan, hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilen nükleer deneyin, operatörün radyasyona maruz kalması ve bazı tip zeminlerde hesaplanan parametrelerde hata oranının fazlalığı gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle,

yaygın olarak tercih edilen uygulama, aynı yere ait nükleer daha çok sıklıkta yapılmakta ve bunlar az sayıda gerçekleştirilen kum konisi sonuçları ile korele edilerek kullanılmaktadır. Bu anlamda, bu iki deney arasında kurulacak ilişkilerin anlamlılığının test edilmesi büyük önem kazanmaktadır.

### **2.1.3.1. Kum konisi deneyi**

Kum konisi deneyinde kullanılacak gerekli aletler aşağıda verilmiştir.

- a. 10 nolu elekten geçen ve 200 nolu elek üstünde kalan temiz ve kuru kum
- b. Tabanında konik bir boşluk bulunan 3 veya 4 litrelik veya metal silindirik kap
- c. 1.0 gram hassaslıkta 10 kg. kapasiteli terazi
- d. 0.1 gram hassaslıkta 1600 gr. Kapasiteli terazi
- e. Metal kaşık, çekiç, metal veya camdan yapılmış küçük kaplar

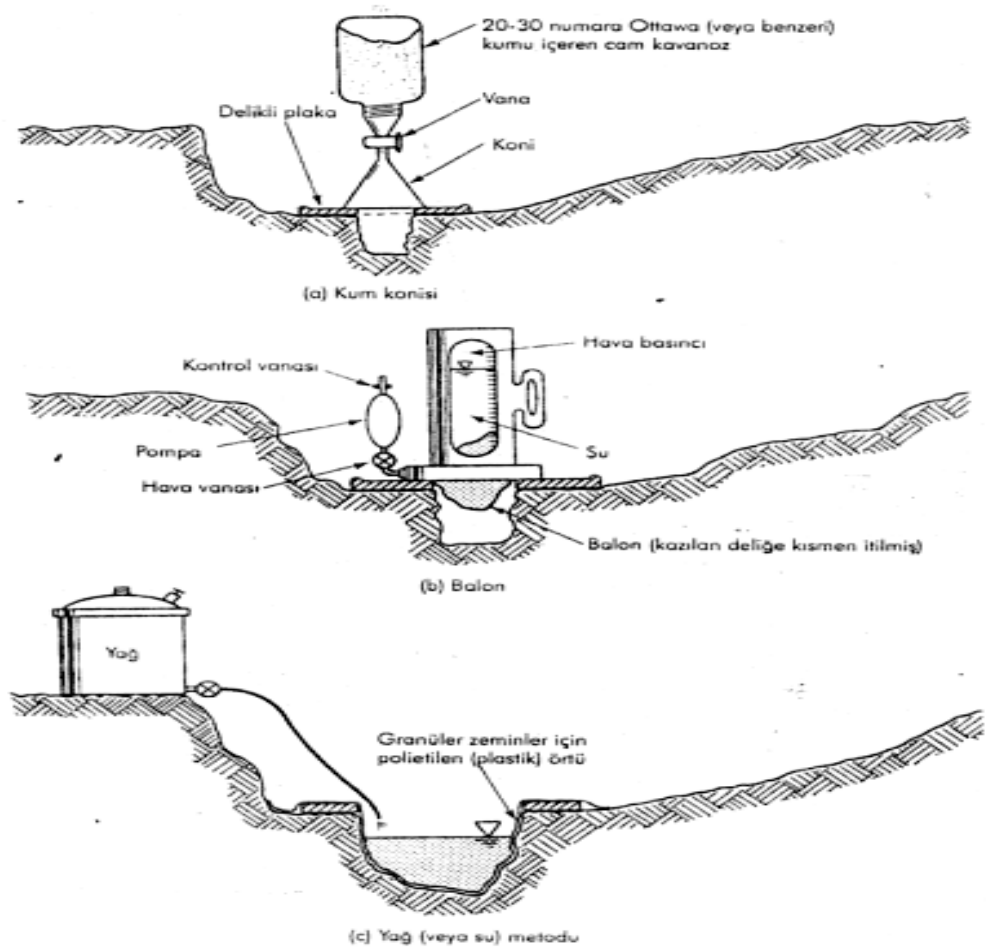
Bu deneyde gerekli olan ölçümler şu şekilde sıralanabilir;

#### **A) Aletin kalibrasyonu**

- a. Aletin boş kütlesi
- b. Aletin standart kum ile dolu kütlesi
- c. Konik kısım dolduktan sonra kapta kalan kumla birlikte kütlesi

#### **B) Arazi deneyi**

- a. Deneye başlamadan önce kum dolu aletin kütlesi
- b. Arazide açılan çukurun dolmasından sonra kum dolu aletin kütlesi
- c. Arazide açılan çukurdan çıkan zeminin kütlesi



Şekil 2.6: Kum konisi deneyi (Holtz ve Kovacs, 1981)

Şekil 2.6’da kum konisi deneyine ait düzenek ve uygulama biçimi verilmiştir.

Bu deneyde, önce kullanılacak olan standart kumun, kum konisi aleti içindeki yoğunluğu belirlenir. Zemine ait yoğunluk belirlendikten sonra, arazide yoğunluk deneyi yapılacak yerin yüzeyi kazılarak düzgün yatay hale getirilir. Alet, içindeki kum ile birlikte tartılır. Düzeltilmiş zemin yüzeyine, altında dairesel delik bulunan kap yerleştirilir. Zemine ait su muhtevasının değişmemesi için plastik bir torba içinde korunur. Kum konisi aleti, dairesel delik üzerine yerleştirilir. Aletin vanası açılarak içinde bulunan kumun çukura akması sağlanır. Akma bittikten sonra vana kapatılır. Kum konisi aleti içindeki kumla birlikte tartılır. Daha sonra iki tartım arasındaki fark belirlenir. Bu farktan, konik kısım hacmindeki kum çıkarılır. Sonuç kumun yoğunluğuna bölünerek çukurun hacmi bulunur. Plastik torba içindeki doğal zemin, terazide tartılır. Çukurdan alınan zeminin bir kısmı kullanılarak zeminin su

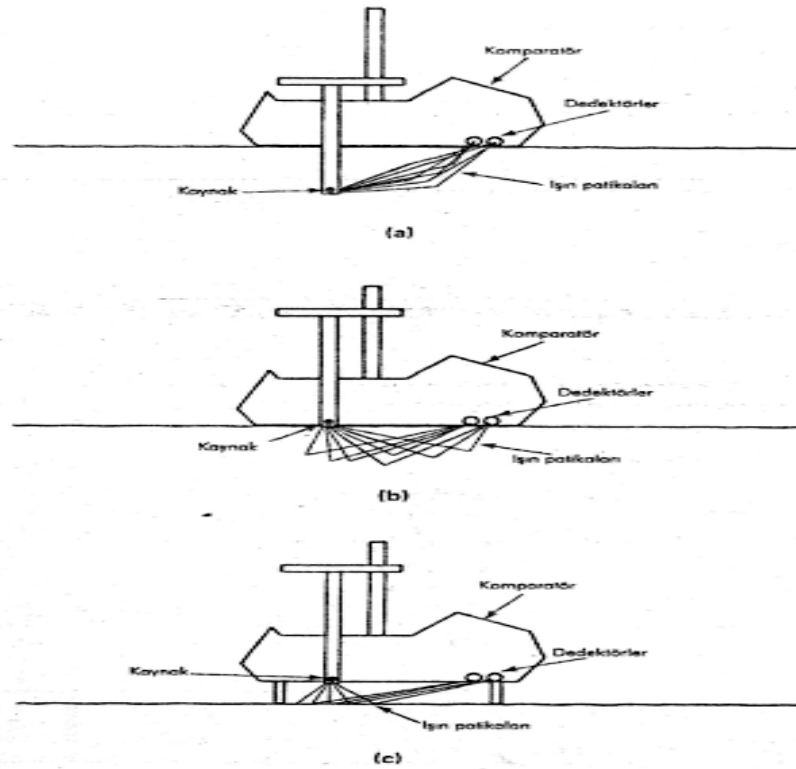
muhtevası belirlenir. Denklem (2.7) ve (2.8) ile zeminin kuru birim hacim ağırlığı hesaplanır (Holtz ve Kovacs, 1981).

$$V = \frac{W_1 - W_2}{\gamma_{kum}} - V_{koni} \quad (2.7)$$

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (2.8)$$

### 2.1.3.2. Nükleer yoğunluk deneyi

Arazide yoğunluk deneyinin diğer bir çeşidi nükleer yoğunluk deneyidir. Şekil 2.7’de görüldüğü gibi, gama ışınları yayan ve zemin içinde nasıl gittiklerini ortaya çıkaran özel bir aletten oluşur. Alet içine geri alınan gama ışınları miktarı, zemin birim ağırlığı ile karşılıklı olarak ilişkilendirilir. Nükleer yoğunluk deneyi benzer şekilde alfa partiküllerini kullanarak zemin su muhtevasını da ölçer.



Şekil 2.7: Arazide dolgu yoğunluğunun tayini için nükleer yöntem (Troxler Elektronik Laboratuvarları Şti, North Carolina)

Deney yapılmadan önce zemine ait kuru BHA değeri, Proctor deneylerinden elde edilen optimum su muhtevası ve maksimum birim hacim ağırlık değerleri nükleer deney aletine girilmelidir. Deney sonucunda nükleer alet ilk girilen parametrelere göre zeminin sıkışma yüzdesi, su muhtevası ve birim hacim ağırlığı değerlerini hesaplar.

Nükleer deney, alışılmamış kimyasallar içeren dolgularda problemler ile karşılaşabilir; doğruluğunu korumak için düzenli olarak kalibrasyona ihtiyacı vardır. Ayrıca deney aletini kullanan personel bu aleti kullanmadan önce, özel radyasyon eğitimi almalıdır.

İleri teknoloji aleti olmasına rağmen nükleer yöntem kum konisi deneyine nazaran daha az hassas bir yöntemdir. Bunun nedeni kum konisi doğrudan ağırlık ve hacim ölçümleri kullanırken, nükleer yöntem radyasyon gönderme ile ampirik ilişkilere dayandırılır. Buna rağmen nükleer deney normal dolguların sıkıştırma değerlendirmeleri için yeterli hassasiyete sahiptir ve kum konisinden daha hızlıdır.

#### **2.1.4. Arazide uygun sıkıştırma araçlarının seçimi**

Dolgu malzemesi olarak kullanılması düşünülen kazıdan çıkan malzeme üzerinde yapılan laboratuvar ve arazi deneylerinin sonucunda iyi derecelendirilmiş kum olarak nitelendirilmiş dolgu malzemesi için en uygun sıkıştırma aracı düzayaklı silindir olarak belirlenmiştir. Düzayaklı silindirin seçiminde aşağıdaki özelliklere dikkat edilmiştir.

Dolgu malzemesini yukarıdan aşağıya sıkıştıran çelik bandajlı silindirler tek bandajlı, tandem (çift bandajlı) ve üç bandajlı olmak üzere üç tip olarak 1.5 tondan 18 tona kadar değişen ağırlığa sahiptirler. Şekil 2.8'de sıkıştırma yapan tek çelik bandajlı silindir görülmektedir (Keçetepen, 2007).



Şekil 2.8: Düz ayaklı silindir

Çelik bandajlı silindirler ağırlıklarından ziyade çizgisel yüke göre sınıflandırılırlar. Çizgisel yük statik ağırlığının silindir genişliğine bölünmesiyle elde edilir.

Buna göre çelik bandajlı silindirler;

- 15-25 kg/cm statik çizgisel yük
- 25-35 kg/cm statik çizgisel yük
- 35-45 kg/cm statik çizgisel yük
- >45 kg/cm statik çizgisel yük olarak sınıflandırılmaktadırlar (Tunç, 2002).

Çelik bandajlı silindirlerde bir hizada iki ya da üç çelik tambur vardır. Bu tamburların içi boştur. Ağırlıklarını artırmak için içleri kum ya da balast ile doldurulabilir. Üç tamburlu silindirlerin ağırlığı iki tamburlularınkinden az ise de üç tamburlular da tamburların bastığı alan daha küçük olduğu için tabana yaptıkları basınç daha büyüktür (Çağlarer, 1986).

## Özellikleri ve Kullanıldığı Yerler;

- Statik ağırlığı sayesinde, daneleri arasında sürtünmenin büyüklüğü dolayısıyla rölatif kayma hızı küçük olan kırma taş malzemenin sıkıştırılmasını mümkün kılar.
- Granüler, kum-çakıl-kil karışımı ve kaya dolgularda en iyi sonucu verirler.
- Pürüzsüz ve sıkı bir satıh meydana getirir (Ersoy, 1966).
- Sıkıştırma kalınlığı 20-30 cm dir. Bu sıkıştırıcılar ile çok düzgün yüzeyler elde edilebilmektedir. Bu nedenle sıkıştırmada son işlemin çelik bandajlı araçlarla yapılması uygun olur (Yayla, 2002).
- Bu silindirler toprak işlerinde sıkıştırmadan başka stabilize ve asfalt tesviye işlerinde geniş ölçüde kullanılmaktadır (Toprak Şefliği Araştırma Fen Heyeti, 1967).
- Düz yüzeyli silindirler en çok ağır killer için uygundur (Pierre, 1982).

## Sakıncaları;

- Bu silindirleri zemin sıkıştırmasında kullanmamalıdır. Bunlar üniform bir yük verirler ve bu tip bir sıkıştırmaya uygun değildirler, onları daha çok malzemenin sıkıştırılmasında kullanmalıdır (Sonuç, 1976).
- Tabakaları yukarıdan aşağıya doğru sıkıştırdıklarından dolayı killi ve siltli zeminlerde yukarıdan aşağıya doğru sıkışan tabakanın üst kısmı kemerlenme etkisi yaparak tabakanın alt kısmının sıkışmasına mani olmaktadır (Tunç, 2002).
- Silindirlenen malzemenin önce üst kısmında sıkı bir tabaka teşekkül ettiği ve bu yüzden alt kısımdaki fazla suyun ve havanın kaçması zorlaştığı için tesir derinliği az ve dolayısıyla sıkıştırabileceği tabaka kalınlığı küçüktür.
- Granülometrisi uygun olmayan daneli zeminlerde kesme mukavemetinin yetersizliği ve su içeriği fazla olan kohezyonlu zeminlerde de taşıma kabiliyetinin yetersizliği dolayısıyla ilerleyemez.
- İlerleme kuvveti küçük olduğu için ancak yatay veya az eğimli satıhlar üzerinde çalışabilir. Dik yerlerde, yamaç kenarlarında bu tip silindirlerin çalışması güvenli değildir (Ersoy, 1966).

- Çelik bandajlı silindirler plastik malzemenin sıkıştırılması sırasında önlerinde dalgalanmalara, arkalarında ise kabarmalara neden olurlar.
- Gevşek kumlar sıkıştırılırken ağır silindirleri pek taşıyamaz. Tamburlar altından yana kaçabilirler. Öte yandan bir çelik bandajlı silindirin sıkıştırma etkisi zeminde kil oranı arttıkça düşer.
- Bu sıkıştırıcılar ile, sıkışmasını büyük ölçüde almış yüzeyler çok düzgün duruma getirildiği için keçi ayağı, vibrasyonlu ya da lastik tekerlekli silindirler ile yapılan sıkıştırmayı tamamlamada kullanılırlar. Yüzeyde bulunan pürüz ve buruşuklukları ütü gibi bastırırlar (Çağlarer, 1986).

Bu silindirlerin seçilmesi ve işletilmesi ile ilgili olarak göz önünde tutulması gereken önemli hususlar aşağıda sıralanmıştır.

- a. Düz silindirler ile sıkıştırılmak üzere yerleştirilen malzemelerin tabaka kalınlığı 10~15 cm den fazla olmamalı ve tesviyesi iyi yapılmalıdır.
- b. Yerleştirilip tesviye edilen tabakanın bozulmadan sıkıştırılabilmesi için tekerleklerin çok batmaması ve silindirin patinaj yapmadan ilerlemesi gerekir. Bunun için de tekerleklerin spesifik basıncı (tekerlek genişliğinin 1 cm' sine gelen ağırlık), zeminin cinsine ve tekerleğin çapına tabi olmak üzere, belirli bir değerden büyük olmamalıdır. Bu itibarla bilhassa ilk geçişler ilave ağırlık koymadan yapılmalıdır; zemin kısmen sıkıştıktan sonra sıkıştırma tesirini artırmak maksadıyla tekerleklere su veya kum doldurarak yahut balast takarak silindir ağırlaştırılabilir.
- c. Gerekli geçiş sayısı zeminin cinsini, tabaka kalınlığına ve silindirin tipine uygun olarak yukarıda belirtilen şekilde tespit edilmelidir.
- d. Silindirlenen tabaka yüzeyinin bozulmaması için silindir harekete geçirilirken kavrama yavaş kapatılmalı ve durdurulurken ani fren yapılmamalıdır.
- e. Ünliform bir sıkıştırma temini için silindirin yön değiştirmek maksadı ile durdurulup tekrar harekete geçirilişleri hep aynı yere isabet ettirilmemelidir.
- f. Kurlar ileri gidiş esnasında çizilmeli ve geri gidişler doğrusal olmalıdır.
- g. Sıkıştırmaya kenar şeritlerden başlanmalı ve en son orta şerit sıkıştırılmalıdır.
- h. Yan yana bulunan şeritler birbirine 30 cm bindirilmelidir.

- i. İleri gidişten geri gidişe ve geri gidişten ileri gidişte geçişler (yön değiştirmeler) hep aynı noktalara rastlamamalı ve ani olmamalıdır (Ersoy, 1987).

Karakteristik Özellikleri;

- Ağırlığı:3~15 ton
- Motor gücü:10-50 PS
- Tekerlek çapı:75-120 cm
- Şerit genişliği:100-210 cm
- İleri vites sayısı:2-4 adet
- Geri vites sayısı:2-4 adet
- Yürüme hızı:1-5 km/sa

## **2.2. Plaka Yükleme Deneyi**

Plaka yükleme deneyi Kögler (1933) tarafından ayrıntılı biçimde ele alınmıştır. Westergaard ilk kez rijit yol kaplamalarının boyutlandırılmasında yatak modülünün bulunması amacıyla plaka yükleme deneyinden yararlanmıştı.

Plaka yükleme deneyi, zeminin taşıma gücünün, temellerin muhtemel oturmalarının ve zeminin elastisite modülü, yatak katsayısı gibi parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan bir arazi deneyidir.

DIN 18134'e göre deney için rijit yükleme plakasının 30, 60 veya 76.2 cm standart çaplarında (D) olması öngörülmüştür. Ancak nadiren de olsa daha büyük çaplı plakalar kullanılır. Bu gibi durumlarda rijitliği artıracak biçimde küçük plakalar daha büyüğü üzerine yerleştirilir. Genellikle 30 cm çapındaki plakalardan yararlanır. En büyük dane çapı plaka çapının 1/5 inden (D/5) büyük olmamak üzere, zeminde iri daneler bulunduğu daha büyük plakalar kullanılır. Plaka, yüklemeler sırasında oluşabilecek taban basınçlarının, kendisini eğmesine karşı koyabilecek kalınlıkta olmalıdır. Çünkü temel pratik olarak rijit sayılır. Bu nedenle plaka kalınlığının en az 2.5 cm olması öngörülmüştür. Deneyde kullanılacak plaka seçiminde denenen tabakanın kalınlığı göz önüne alınması önemlidir. Çünkü plaka üzerine uygulanan

yükün etkisi plaka tabanından maksimum 1.5 – 2.00D derinliğe kadar uzanabilir (Kocaman, 2008).

Plaka yükleme deneyi standartlarda belirtildiği gibi kademeli olarak tekrarlanan yükleme ve boşaltmalardan oluşan bir yük düzeni ile yapılır. Buna göre deneyde 30 cm çaplı plaka kullanıldığında, uygulanacak en yüksek yük yaklaşık 5 mm'lik bir oturmaya veya 5 kg/cm<sup>2</sup> (0.5 MN/m<sup>2</sup>)'lik bir taban gerilmesine, 60 cm çapında bir plaka kullanılması durumunda ise yaklaşık 7 mm'lik bir oturmaya veya 2.5 kg/cm<sup>2</sup> (0.25 MN/m<sup>2</sup>)'lik bir taban gerilmesine kadar çıkarılır. Uygulanacak en yüksek yükün seçiminde bahsi geçen kriterlerden ilk ulaşılan geçerli kabul edilir. Plaka üzerinde gerekli yükleri oluşturabilmek için karşı ağırlık olarak genellikle ekskavatör gibi ağır iş makineleri kullanılır. Deneyin uygulanmasına ilişkin ayrıntılar DIN 18134'de verilmektedir.

Deformasyon modülünün bulunması için gerekli olan doğrusal eğrinin ilk yükleme çizgisinden seçimi güçtür. Çünkü ilk yükleme eğrisinin bükülmesi, yalnız elastiklik modülüne bağlı olmayıp, aynı zamanda yükleme plakası altındaki yatak etkisine ve toplam yükleme düzeni içindeki etkiye de bağlı olarak gerçekleşmektedir. Ayrıca 30 cm'lik küçük plaka çapları kullanıldığında, sıkı yerleşmiş ve yumuşak konsistanslı zeminlerde orta bir yük durumunda kesme deformasyonu (zeminin yana püskürmesi) açıkça kendini gösterir. Buna karşılık yük boşaltma işleminden sonra gerçekleştirilen ikinci yükleme çizgisinin orta bölgesi önemli ölçüde doğrusaldır ve zemin elastikliğini karakterize etmek için daha elverişlidir. Bundan eğimin muhtemelen daha geniş bir bölgede neredeyse sabit olduğu sonucu çıkarılır. Bu ilkeye göre ilk yükleme için  $E_{v1}$  ve yeniden yükleme için  $E_{v2}$  deformasyon modülleri elde edilir. Bununla birlikte deformasyon davranışının değerlendirilmesinde yalnız  $E_{v2}$  deformasyon modülü kullanılmaktadır (German Standarts, 2001).

$E_{v1}$ , denemeden önce kontrol edilecek tabaka özelliklerinin  $E_{v2}$  ile karşılaştırma yoluyla değerlendirilebilmesi için belirlenir. Eğer zemin rölatif olarak gevşek veya sıkışma değeri düşük ise, küçük plakalar altında rölatif olarak yüksek taban basıncı ve sıkışma sonucu önemli ölçüde büyük oturmalar ortaya çıkar. Bu özellikle  $E_{v1}$  değerinin düşük olduğu anlamına gelir. Fakat yeniden yükleme sırasında ve  $E_{v2}$

değerinde bu durum ortaya çıkmaz. İlk ve son yüklemedeki  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  değerlerinin bulunmasında, ilk yükleme çizgisinin 0.3 ve 0.7 katı yükleme sonucunda ilk ve ikinci yük çizgisinden elde edilen  $s_1$  ve  $s_2$  oturmaları kullanılır. Bu durumda yana genişlemesine kısmen engel olunan zemine ilişkin  $E_v$  bağıntısından  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülü;

$$E_v = 1,5 \times r \times (\Delta P / \Delta S) \quad (2.9)$$

bağıntısından hesaplanır.

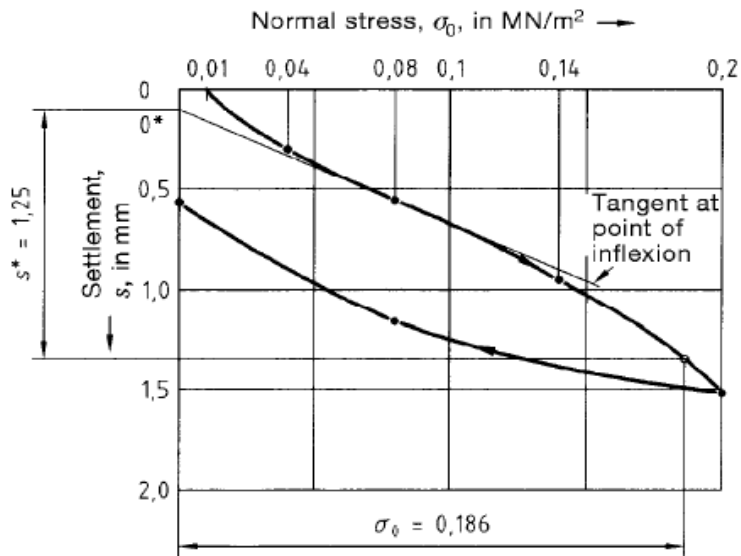
Buna karşılık  $k_s$  yatak modülü ilk yükleme çizgisine uygun olarak

$$k_s = \sigma_0 / s \quad (2.10)$$

$\sigma_0$  = Ortalama normal gerilme(MN/m<sup>2</sup>)

$s = 0.00125$  m

bağıntısından belirlenir. Burada yol ve havaalanı inşaatlarında  $D=76.2$  cm çapındaki plaka altındaki zeminin yalnızca 1.25 mm' lik ortalama oturması için gerekli yükten sonuca ulaşılır.(Şekil 2.9) Eğer temel tabakası (1.5~2) D derinliğe kadar homojen oluşumlu ise, 76.2 cm' lik plakadan elde edilen  $k_s$  yatak modülü yardımıyla, çap oranındaki model kanununa göre daha küçük çaplara ilişkin değerler hesaplanabilir.

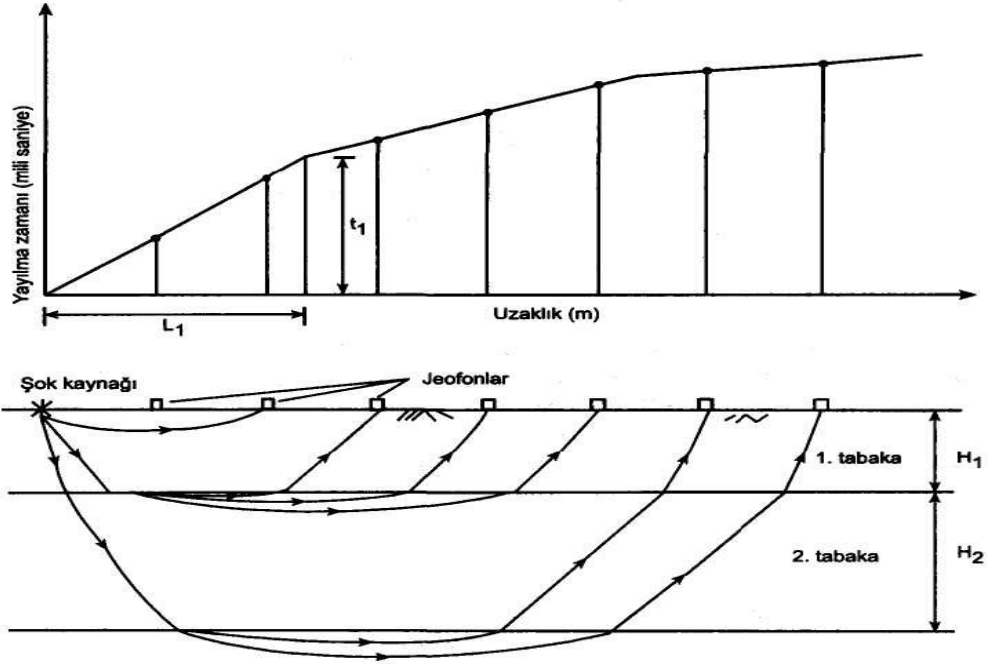


Şekil 2.9: Yatak katsayısının DIN 18134 'e göre belirlenmesi (DIN 18134)

Yapılan dolgu çalışmasının kalitesini ölçmek ve yapılan plaka yükleme deneylerini kıyaslamak amacıyla farklı dolgu tabakalarında deneyler yapılmıştır. Zeminin taşıma gücünün belirlenmesi için yapılan plaka yükleme deneyi için karşı ağırlık olarak ekskavatör kullanılmış diğer deneylerde ise maksimum  $0.5 \text{ MN/m}^2$  gerilme uygulandığından dolayı silindir ile yeterli bir karşı ağırlık oluşturulmuştur (German Standarts, 2001).

### **2.3. Sismik Kırılma Deneyi**

Bu yöntemde, zeminde şok (titreşim) dalgaları oluşturulur ve dalgaların yayılma süreleri, jeofon (sismograf) denilen aletlerle belirlenir. Zeminde şok dalgaları oluşturmak için bir miktar patlayıcı sığ bir derinlikte patlatılır veya ağır bir çekiçle zemin yüzündeki bir metal plakaya vurulur. Zemin üzerinde, bir doğrultu boyunca yöntem uygulanır. Ya çok sayıda jeofon kullanılır veya bir jeofon, sabit şok kaynağından, gittikçe uzaklaştırılarak, deney tekrarlanır (Şekil 2.10). Deney sonunda, uzaklık-yayılma süresi grafiği çizilir. Bu grafik, tabakalı zeminde, kırık doğru parçalarından oluşur. Şok kaynağından çıkan dalgalardan, 1. tabaka içinde doğrudan yayılanlar, ilk jeofonlara daha önce varırlar. Daha sonraki jeofonlara ise; alttaki tabakaya ulaşır, onun içinde yayılıp, tekrar yüzeye varanlar doğrudan yayılanlara göre, daha önce varırlar. Bunların kat ettikleri yol daha uzun olsa da, alttaki tabakada yayılma hızı daha büyük olduğu için, jeofonlara daha erken varırlar. Böylece, bu yöntemde tabakaların, aşağıya doğru gittikçe artan dalga yayılma hızlarına sahip olmaları gerektiği anlaşılmış olur. Uzaklık-yayılma süresi grafiğinde, kırılma noktaları, yeni bir tabakanın varlığına işaret eder. (Uzuner, 2000)



Sekil 2.10: Sismik Kırılma Yöntemi (Uzuner, 2000).

Grafik ve bazı bağıntılarla, tabaka kalınlıkları, zemin cinsleri vb. belirlenir. Örneğin 1. tabakadaki Şekil 2.10'da yayılma hızı ( $v_1$ ) 2.11 denklemiyle hesaplanır.

$$v_1 = \frac{L_1}{t_1} \quad (2.11)$$

İlgili tablolardan,  $v$  hızından zemin cinsi (sınıfı) tahmin edilir. Çünkü her zeminin kendine özgü bir dalga yayılma hızı vardır. Benzer işlemlerle, tabaka kalınlıkları ve zemin cinsleri belirlenir (Hvorslev, 1949).

#### 2.4. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

SPT, geoteknik mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan arazi deneylerinden biridir. SPT, ASTM (D 1586) da tanımlandığı şekilde, sondaj tijlerine takılmış, ortasından ikiye ayrılabilen ve içinde pirinçten yapılmış bir iç tüpün bulunduğu bir örnekleyicinin, 63.5 kg ağırlığında bir şahmerdanın 760 mm yükseklikten tijlerin üzerine düşürülerek zemine sokulması ilkesine dayanır. Kullanılan şahmerdan türleri çeşitli ülkelere göre farklılık göstermekle birlikte, ülkemizde yaygın olarak Donut tipi şahmerdan kullanılmaktadır.

Uygulamada öncelikle sondaj kuyusu deneyin yapılacağı derinliğe kadar temizlenerek, deney derinliğinde örselenmiş sedimandan mümkün olduğunca arındırılır. Tijlerin ucuna yerleştirilen örnekleyici kuyu tabanına kadar indirilir. Şahmerdanın tijlerin üzerine düşürülmesi ilkesiyle üç kez 15 cm ilerleyen örnekleyici için her bir 15 cm ilerlemeyi sağlayan vuruş sayısı kaydedilir. Son iki aşamadaki toplam vuruş sayısı SPT değeri (N değeri) olarak adlandırılır.

Örnekleyici son iki aşamada 30 cm' lik bir penetrasyona ulaşmadan önce elde edilen darbe sayısı 50 ise daha fazla darbe uygulanmaz ve SPT değeri "refü" olarak adlandırılır. SPT, temiz ince-orta kumlar, çok ince çakıllı kumlar ve az siltli kumların ve silt-killerin mühendislik özelliklerinin tahmini için yararlı olan bir deney türü olup; bu zeminlerde daha uygun sonuçlar vermektedir. Ancak zemin içerisindeki iri dane oranı arttıkça, örnekleyici ağzına kaba danelerin rastlaması gerçek sıklıktan daha fazla sıklığa ulaşılmasına sebep olabilir. Bu sebeple bu tür zeminlerde SPT sonuçları çok fazla güvenilir olmamaktadır.

SPT deneyinin örselenmemiş bir zemin üzerine uygulanması esastır. Deneyden önce sondaj kuyusu dikkatlice temizlenmelidir. Sondaj suyu seviyesi daima yer altı suyu seviyesinde ya da daha yüksek tutulmalıdır. Delgi aleti ve tijler kuyu içerisindeki zeminin gevşemesini önlemek için yavaş bir şekilde çekilmelidir. Zeminin kendini tutamadığı durumlarda kuyu içerisinde muhafaza borusu ya da sondaj çamuru kullanılmalıdır. Muhafaza borusu kullanıldığı durumlarda, muhafaza borusu deneyin yapılacağı seviyenin daha altına çakılmamalıdır.

Deneyin tamamlanmasının ardından örnekleyici yüzeye çekilir ve açılır. Zemine ait numuneler hava geçirimsiz kaplar içerisinde muhafaza edilmelidir. Bu kaplar üzerine çalışma alanı, sondaj kuyu numarası, penetrasyon derinliği, darbe sayısı, numune alma tarihi gibi bilgiler kaydedilmelidir. Alınan numuneler, zemin parametrelerinin belirlenmesi noktasından bakıldığında örselenmiş kabul edilir.

SPT deneyinin asıl amacının kumlar ve çakıllar için göreceli sıklığın elde edilmesi olmasına karşın; silt, kil ve ayrılmış kayaçların mukavemetinin tahmin edilmesinde de kullanılmaktadır. Basit ve ucuz bir teknik olması sebebiyle yaygın olarak kullanılan

deney; özellikle sondaj çalışmalarından yeterli kalitede örnek almanın mümkün olmadığı koşullarda zemin parametrelerinin yaklaşık elde edilmesinde yararlı olmaktadır.

SPT-N değerlerini birçok faktör etkilemektedir. Arazide ölçülen SPT-N değeri, bu etki faktörleri sonucunda çok aşırı yüksek ya da çok aşırı düşük elde edilebilmektedir. Aşırı yüksek elde edilen SPT-N değerleri, zemin parametreleri ve taşıma gücü açısından güvenli olmayan tahminlere sebep olur. Aşırı düşük elde edilen SPT-N değerleri ise aşırı güvenli sonuçlara sebep olmaktadır. SPT-N değerlerini etkileyen faktörler; yanlış sondaj tekniği, standart olmayan ya da hatalı aletlerin kullanılması, standartlara uygun davranılmaması, deneyi gerçekleştiren kişilerin yetersizliği gibi ana unsurlardan oluşmaktadır (Kocaman, 2008).

### 3. KONU İLE İLGİLİ GEÇMİŞTE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışmanın bu bölümünde literatürde bulunan granüler dolgu zeminler üzerinde yapılan kompaksiyon çalışmaları incelenmiştir. Özellikle tabakalı granüler dolgularda kompaksiyon sonucunda zeminde oluşan değişiklikler, taşıma gücü tayini ve zemin gerilme davranışı hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bölüm.3'de bu konu üzerine özellikle değinilmiştir.

#### 3.1. Kompaksiyon Parametrelerinin Tahmin Edilmesi Hakkında Yapılan Çalışmalar

Daneli zeminlerin sıkıştırılmasında, kompaksiyon parametreleri olan su muhtevası ( $w_{opt}$ ) ve maksimum birim hacim ağırlığının ( $\gamma_{kmax}$ ) belirlenmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. İnce daneli zeminler için geliştirilen korelasyonlarda,  $w_{opt}$  ve  $\gamma_{kmax}$  ile zeminlerin tipi ve indeks özellikleri arasındaki ilişkilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Joslin (1959), tarafından 26 farklı sıkışma eğrisinden oluşan SP (Standart Proctor) deneyi ile belirlenen bir su muhtevası ( $w$ ) - kuru birim hacim ağırlık ( $\gamma_k$ ) değerleri yardımıyla sıkışma değerlendirilmesi yapılmıştır. Oldukça popüler olan bu yöntem yıllar içerisinde geliştirilerek yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir.

McRae (1958), sıkıştırma eğrisinin ( $E$ ),  $\gamma_{kmax}$  üzerinde etkisini çalışmış olup sıkışma sınıf indeksi terimini geliştirmiştir.

Johnson ve Sallberg (1962) plastik limit ve likit limit deneylerini kullanarak geliştirdikleri tablo ile optimum su muhtevası değerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Normalde kompaksiyon deneyi sonucunda elde edilebilen optimum su muhtevası değeri bu tablodan plastik ve likit limit deneylerine bağlı olarak bulunabilmektedir, ancak kompaksiyon parametrelerinin tamamı bulunamadığı için kullanımı sınırlıdır.

Johnson ve Sallberg, (1960) SP kompaksiyon deney dataları ile likit limit ( $w_L$ ) ve plastik limit ( $w_P$ ) değerlerini kullanarak yalnızca  $w_{opt}$  tahmin etmek için grafik geliştirmiştir.

Jeng ve Strohm (1976), standart proctor kompaksiyon değerlerinden elde edilen kompaksiyon parametrelerini ( $w_{opt}$  ve  $\gamma_{kmaks}$ ), zeminlerin indeks özellikleri açısından korele etmişlerdir. İstatistik analizlerde kullanılan veriler,  $w_L$  %17 ile %88 ve  $w_P$  %11 ile %25 arasında değişen 85 farklı zemin üzerinde gerçekleştirilen standart proctor sıkıştırma deneyinden elde edilmiştir.

Wang ve Huang (1984), bentonitin içine silt, kum ve ince çakıl karıştırarak hazırladıkları zeminlerde,  $w_{opt}$  ve  $\gamma_{kmaks}$ 'ı tahmin etmek için, korelasyon denklemleri geliştirmişlerdir. Korelasyon denklemlerinde; özgül yoğunluk, incelik modülü, plastik limit, üniformaluluk katsayısı, bentonit miktarı ve dane çaplarını ( $D_{10} - D_{50}$ ) bağımsız parametreler olarak dikkate almışlardır. Geliştirilen korelasyon denklemleri, regresyon katsayısının ( $R^2$ )  $\gamma_{kmaks}$  denklemleri için 0,9'un üzerindeki ve  $w_{opt}$  korelasyonlarında ise 0,79'un üzerindeki verilerdeki değişimleri tanımlayabilmektedir.

Nagaraj(1994), su muhtevası ( $w$ ) – kuru birim hacim ağırlık( $\gamma_k$ ) üzerinde yaptığı analizlerde sadece  $w_L$ 'e dayanan bir lineer (doğrusal) regresyon modeli,  $w_L$  % 38 - % 78 arası değerlerdeki zeminler için  $w_{opt}$  ve  $\gamma_{kmaks}$ 'ı tahmin etmekte iyi sonuç vermiştir. Bununla birlikte geliştirilen model denklemleri, zeminin likit limiti verilen test aralığında ve SP deneyi metodunun geçerli olduğu durumlarda, anlamlı değerler kabul edilmiştir. Bu geliştirilen regresyon modelleri, zeminin yaklaşık kompaksiyon eğrisini çizmekte de kullanılır.

Blotz ve Diğ. (1998), ince daneli zeminler için farklı sıkıştırma enerjilerinde Proctor sıkıştırma verileri kullanarak,  $w_{opt}$  ve  $\gamma_{kmaks}$ 'ı  $w_L$  ile korele etmişlerdir.

Sridharan ve Diğ. (2005), ince daneli zeminler için SP (Standart Proctor) kompaksiyon deney sonuçlarını içeren kendi ve literatürdeki dataları kullanarak  $w_{opt}$  ve  $\gamma_{kmaks}$ 'ı  $w_L$  ve  $w_P$  ile ilişkilendiren ampirik formüller elde etmişlerdir. Bununla

birlikte zeminlerin tüm indeks parametrelerini içeren kombinasyonlar için birçok model geliştirmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmalarda  $w_{opt}$ ,  $w_P$  ile  $w_L$  ve  $I_p$ ' ye kıyasla oldukça iyi bir ilişkiye sahip olduğu sonucunu çıkarmışlardır.

Korfiatis ve Manikopoulos (1982), granüler zeminler için ortalama dane çapına ( $D_{50}$ ) ve ince dane yüzdesi gibi zeminin dane çapı dağılımı eğrisindeki parametrelere bağlı olarak, MP (Modifiye Proctor) kompaksiyonunda oluşan  $\gamma_{kmaks}$ 'ı tahmin etmek için parametrik ilişkiler geliştirmişlerdir.

Pandian ve Diğ. (1997) geliştirdikleri metot ile likit limit deneyinden kompaksiyon parametrelerini elde etmeye çalışmışlardır. Optimum su muhtevasının ıslak ve kuru tarafında oluşan su muhtevalarını veren Denklem 3.3 ve Denklem 3.4'de verilen iki eşitliği önermişlerdir.

$$\frac{w_{opt}}{\sqrt{S_r}} = 9.46 + 0.257w_L \quad (3.1)$$

$$\frac{w_{opt}}{S_r} = 10.61 + 0.365w_L \quad (3.2)$$

Burada  $w_{opt}$  optimum su muhtevasını ve  $w_L$  ise likit limiti ifade etmektedir. Doygunluk değerinin  $50 < S_r < 85$  arasında olması grafikte kuru tarafı ve  $85 < S_r < 95$  aralığında olması ise ıslak tarafı ifade etmektedir. Seçilen doyumluk değerlerinin girilmesi ile grafik çizilmiş olmaktadır. Elde edilen grafikten maksimum kuru birim hacim ağırlıkta kolayca tahmin edilebilir.

Sridharan ve Nagaraj (2004) yılında yaptığı araştırmada kompaksiyon parametrelerinin önceden tahmini için aşağıda verilen iki bağıntıyı önermiştir. Denklemler ile sadece plastik limit değeri ile direk olarak optimum su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri elde edilmektedir.

$$w_{opt} = 0.92w_P \quad (3.3)$$

$$\gamma_{kmax} = 0.23(93.3-w_p) \quad (3.4)$$

yukarıda verilen tüm araştırmalardaki bağıntılar yada tablolar yardımıyla kompaksiyon parametrelerinin önceden tahmini mümkün olmaktadır. Zamanın kısıtlı olduğu projelerde bu yöntemler kohezyonlu zeminler için kullanılabilir ancak likit ve plastik özellik göstermeyen kohezyonsuz zeminlerde kullanılamamaktadır.

Tablo 3.1' de literatürde bazı önemli korelasyon denklemleri istatistiksel açıdan özetlenmiştir. Ayrıca tablo 3.2 ve tablo 3.3'de ise Türkiye'deki SP kompaksiyon verileri kullanılarak elde edilen korelasyon denklemleri verilmiştir.

$G_s$  = Özgül yoğunluk; FM=İncelik modülü; U=Üniformluk katsayısı;  $D_{10}$  = Efektif çap;  $D_{50}$  =%50 den geçen dane çapı;  $W_p$ =Plastik limit;  $W_L$ =Likit limit; Bentonit içeriği(%);  $\alpha=9,46+0,2575xW_L$ ;  $\beta = 8,829+0,228W_L$ ;  $W_{opt}$ =Optimum su muhtevası;  $\gamma_{dmax}$  = Maksimum kuru birim hacim ağırlık; n=Veri sayısı; R= Korelasyon katsayısı; SE=Standart hata

Yazarlar	Korelasyon denklemleri	n	R <sup>2</sup>	SE
Wang and Huang (1984)	$\gamma_{dmax} = (G_s/100)(45,6-1,28FM\log D_{10}-6,64x10^2FMW_p+1,43FM)$		0,975	
	$\gamma_{dmax} = (G_s/100)(45,9+7,5FM-0,45\log U-7,5x10^{-2}FM)$		0,955	
	$W_{opt} = 0,01(26,14+12,7W_p-95FM^2-88,1\log^2 U)$		0,938	
	$W_{opt} = 0,01(1035-905\log D_{50}+0,22C^2+106FM\log D_{50})$		0,889	
Jeng and Strohm (1976)	$\gamma_{dmax} = 0,89(W_L - W_p)-1,26W_L+89,8G_s-102,07$		0,917	
	$W_{opt} = 0,611W_L-0,42(W_L-W_p)+2,14$		0,906	
Nagaraj (1994)	$W_{opt} = (\alpha\beta)^{0.5}$		-	
	$\gamma_{dmax} = 62,4/[(1/G_s)+(\alpha^2/W_{opt})]$		-	
Sivrikaya (2007)	$W_{opt} = 0,94 W_p$ (SP için)	130	0,999	±3,35 %
	$W_{opt} = 0,69 W_p$ (MP için)	60	0,987	±2,32 %
	$\gamma_{dmax} = 21,97-0,27W_{opt}$ (SP için)	156	0,970	±0,64kN/m <sup>3</sup>
	$\gamma_{dmax} = 23,78-0,38W_{opt}$ (MP için)	63	0,951	±0,52kN/m <sup>3</sup>
Sivrikaya ve diğ. (2007)	$W_{opt} = (1,99-0,165\ln E)W_p$	190	0,996	
	$\gamma_{dmax} = (14,34-0,19\ln E)-(0,073\ln E-0,19)W_{opt}$	219	0,997	

Tablo 3.1 : Literatürde bazı önemli korelasyon denklemleri. (Ölmez,2007)

G = Çakıl oranı (%); S=Kum oranı(%);FC=İnce dane oranı (%); W<sub>p</sub>=Plastik limit; W<sub>L</sub>=Likit limit;C=Bentonit içeriği(%); W<sub>opt</sub>=Optimum su muhtevası; n=Veri sayısı; R= Korelasyon katsayısı; SE=Standart hata

Model No	Korelasyon denklemleri	n	R <sup>2</sup>	SE (%)
M-1	$W_{opt} = 0,08G + 0,02S + 0,04FC + 0,09W_L + 0,57W_p$	44	0,992	±2,86
M-2	$W_{opt} = 0,08G + 0,02S + 0,04FC + 0,66W_L - 0,57I_p$	44	0,992	±2,86
M-3	$W_{opt} = 0,08G + 0,02S + 0,04FC + 0,66 W_p - 0,09I_p$	44	0,992	±2,86
M-4	$W_{opt} = 0,19G + 0,08S + 0,16FC + 0,25I_p$	44	0,979	±4,50
M-5	$W_{opt} = 0,10G + 0,05S + 0,06FC + 0,32W_L$	44	0,987	±,51
M-6	$W_{opt} = 0,10G + 0,01S + 0,06FC + 0,69W_p$	44	0,992	±2,88
M-7	$W_{opt} = 0,15W_L + 0,61W_p$	44	0,991	±2,91
M-8	$W_{opt} = 0,76W_L - 0,61I_p$	44	0,991	±2,91
M-9	$W_{opt} = 0,76 W_p + 0,15I_p$	44	0,991	±2,91
M-10	$W_{opt} = 0,79I_p$	44	0,961	±5,95
	$W_{opt} = 0,31(42,03 + I_p)$	44	0,484	±4,46
M-11	$W_{opt} = 0,44W_L$	44	0,985	±3,65
	$W_{opt} = 0,32(17,40 + W_L)$	44	0,739	±3,43
M-12	$W_{opt} = 0,92W_p$	44	0,989	±3,10

Tablo 3.2: Türkiye de SP kompaksiyondan elde edilen w<sub>opt</sub> korelasyon modelleri. (Ölmez,2007)

G = Çakıl oranı (%); S=Kum oranı(%);FC=İnce dane oranı (%);  $W_p$ =Plastik limit;  $W_L$ =Likit limit;C=Bentonit içeriği(%);  $\gamma_{dmax}$  = Maksimum kuru birim hacim ağırlık; n=Veri sayısı; R= Korelasyon katsayısı; SE=Standart hata

Model No	Korelasyon denklemleri	n	R <sup>2</sup>	SE kN/m <sup>3</sup>
M-1	$\gamma_{dmax} = 0,20G+0,22S+0,20FC-0,02W_L-0,16W_p$	44	0,999	±0,76
M-2	$\gamma_{dmax} = 0,20G+0,22S+0,20FC-0,18W_L+0,16I_p$	44	0,999	±0,76
M-3	$\gamma_{dmax} = 0,20G+0,22S+0,20FC-0,18W_p+0,02I_p$	44	0,999	±0,76
M-4	$\gamma_{dmax} = 0,17G+0,20S+0,17FC-0,06I_p$	44	0,997	±1,21
M-5	$\gamma_{dmax} = 0,20G+0,21S+0,20FC-0,88W_L$	44	0,998	±0,95
M-6	$\gamma_{dmax} = 0,20G+0,22S+0,20FC-0,19W_p$	44	0,999	±0,76
M-7	$\gamma_{dmax} = 0,23W_L+0,20W_p$	44	0,953	±5,06
M-8	$\gamma_{dmax} = 0,43W_L-0,20I_p$	44	0,953	±5,06
M-9	$\gamma_{dmax} = 0,43W_L+0,23I_p$	44	0,953	±5,06
M-10	$\gamma_{dmax} = 0,60I_p$	44	0,936	±5,81
	$\gamma_{dmax} = 0,09(205,11+I_p)$	44	0,498	±1,27
M-11	$\gamma_{dmax} = 0,33W_L$	44	0,952	±5,06
	$\gamma_{dmax} = (0,095(217,26-W_L))$	44	0,757	±0,95
M-12	$\gamma_{dmax} = 0,68W_p$	44	0,947	±5,31
	$\gamma_{dmax} = 0,21(99,52-W_p)$	44	0,839	±0,79

Tablo 3.3: Türkiye de SP kompaksiyondan elde edilen  $\gamma_{kmax}$  korelasyon modelleri. (Ölmez,2007)

### 3.2. Kum Konisi Deneyi ve Nükleer Metodun Karşılaştırılması Üzerine Yapılan Çalışmalar

Altun ve Diğ. (2008) çeşitli istatistiksel yöntemlerle kum konisi ve nükleer deneyden elde edilen parametreler arasındaki ilişkileri incelemiştir. Deney sonuçları arasında kurulacak ilişkilerde istatistiğin önemi vurgulanarak çeşitli öneriler sunmuşlardır.

Yaptıkları bu çalışmada, üç farklı bölgede gerçekleştirilen yol inşaatlarında sıklık kontrolü amacıyla yapılan arazi deneyleri sonuçları kullanılarak zemin sıkıştırma çalışmaları karşılaştırılmalı olarak incelemiştir. Sıkıştırma parametrelerini kontrol etmek amacıyla arazide kullanılan deneylerden nükleer deney ve kum konisi deneyleri sonucunda elde edilen kuru birim hacim ağırlık, su muhtevası ve sıkışma yüzdesi parametrelerinin değişimlerini incelemişler, arazi üzerinde aynı noktalarda birlikte yapılan deney sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Böylece nükleer deneyin hızlı yapılabilme avantajına karşın, kum konisi yöntemi ile bulunan değerlere ne ölçüde yakınsadığını çeşitli yöntemlerle araştırmışlardır. Aynı zamanda, kuru birim hacim ağırlık, su muhtevası ve sıkışma yüzdesi parametreleri kullanılarak doğrusal olmayan eşitlikler geliştirmişlerdir.

Arazide yaptıkları kum konisi ve nükleer deney sonucu elde edilen parametrelerin basit istatistik analizi Tablo 3.4' de yer almaktadır. Deneyler sonunda elde ettikleri 87 verinin (kuru birim hacim ağırlık, su muhtevası ve sıkışma) yüzdesi değerlerinin istatistiksel değerlendirmesini yapmışlardır. Tabloda yer alan  $\gamma_{kk}$  ve  $\gamma_{kn}$  değerleri kum konisi ve nükleer deneylerden elde edilen birim hacim ağırlık değerleri  $\omega_k$  ve  $\omega_n$  bu deneylerden elde edilen su muhtevaları,  $S_k$  ve  $S_n$  ise aynı deneylerden elde edilen sıkışma yüzdeleridir.

Tablo 3.4: Kum konisi ve nükleer deney sonucu elde edilen parametrelerin temel istatistik analizi

Parametre	$\gamma_{kk}$	$\gamma_{kn}$	$\omega_k$	$\omega_n$	$S_k$	$S_n$
<b>Ortalama</b>	2.100	2.081	6.376	4.971	102.164	101.212
<b>Medyan</b>	2.057	2.002	6.180	4.800	101.260	100.820
<b>Mod</b>	1.988	1.974	6.830	5.400	100.280	100.760
<b>Minimum</b>	1.886	1.696	2.330	1.400	95.800	100.000
<b>Maksimum</b>	2.432	2.424	11.880	8.800	111.080	108.070
<b>Aralık</b>	0.546	0.455	9.550	7.400	15.280	8.070
<b>Standart Sapma</b>	0.127	0.133	2.196	1.484	2.646	1.292
<b>Varyans</b>	0.016	0.018	4.824	2.201	7.001	1.670
<b>Çarpıklık(Asimetri)</b>	0.719	0.978	0.132	0.279	1.183	2.460
<b>Basıklık(Kurtosis)</b>	-0.466	-0.509	-0.636	-0.191	1.673	8.961

Yapılan deneylerin ve hesaplamaların sonucunda, nükleer metot ile bulunan değerlerin, başlangıçta kum konisi ile yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen değerler ile kıyaslanarak anlamlı değerler elde edilip desteklenmesinin çok yararlı olacağı sonucuna varmışlardır

### 3.3. Zemin Sıklığı Hakkında Yapılan Çalışmalar

Laman ve Keskin (2004), yaptıkları araştırmada kumlu zeminler üzerine oturan kare temellerden dolayı zemin içinde oluşan ilave düşey gerilme değerlerini, model deneyler yaparak incelemişlerdir. Sıklığın ilave düşey gerilme değerlerine etkisinin araştırılması için deneyleri iki farklı sıklıkta hazırlanan kum zeminler üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarında kum tabakası üzerine kare kesitli rijit plaka ile yük uygulamışlardır. Farklı sıklıktaki kumlar üzerinde yaptıkları deneysel, nümerik ve teorik araştırma sonunda, üniform yüklü rijit bir temel tabanından z derinliğinde oluşan gerilmelerin benzer olduğu ve derinliğin artmasıyla temel plakası merkezi altında hesaplanan ve ölçülen basıncın azaldığı, kum zeminin herhangi bir noktasındaki gerilme değerinin uygulanan yük ile orantılı olarak değiştiğini görmüşlerdir. Çalışmalar sonucunda farklı sıklıktaki zeminler için literatürde mevcut Westergaard, Boussinesq çözümlerini, deneysel çalışmalarını ve Plaxis (Sonlu Elemanlar Yöntemi ile çözüm yapan bilgisayar programı) programında

oluşturdukları modelleri karşılaştıran aşağıdaki tablolardaki sonuçları elde etmişlerdir.

Tablo 3.5: Kare temel altında düşey gerilmelerin karşılaştırılması( $\gamma k=15.0 \text{ kN/m}^3$ )

z (m)	q (kN/m <sup>2</sup> )	İlave Düşey Gerilme, $\Delta\sigma_z$ (kN/m <sup>2</sup> )					
		Deney	Bouss.	West.	Sonlu Eleman Çözümü		
					LE	HS	MC
0.150 (1B)	4.889	1.582	1.643	1.058	1.329	1.619	1.490
	9.778	3.076	3.285	2.116	2.658	3.582	3.715
	14.667	4.833	4.928	3.173	3.987	5.986	6.280
	19.556	6.767	6.571	4.231	5.316	9.014	9.194
	24.444	8.700	8.213	5.289	6.645	12.500	12.615
0.225 (1.5B)	4.889	0.879	1.019	0.571	0.797	0.932	0.926
	9.778	1.845	2.038	1.141	1.594	1.995	2.149
	14.667	2.549	3.057	1.712	2.391	3.213	3.295
	19.556	3.164	4.075	2.283	3.188	4.996	5.096
	24.444	4.130	5.094	2.853	3.985	6.815	7.012
0.300 (2B)	4.889	0.703	0.524	0.343	0.539	0.594	0.592
	9.778	1.230	1.048	0.685	1.078	1.302	1.304
	14.667	1.758	1.572	1.028	1.617	2.071	2.200
	19.556	2.285	2.096	1.370	2.156	3.000	3.314
	24.444	2.812	2.620	1.713	2.695	3.996	4.230

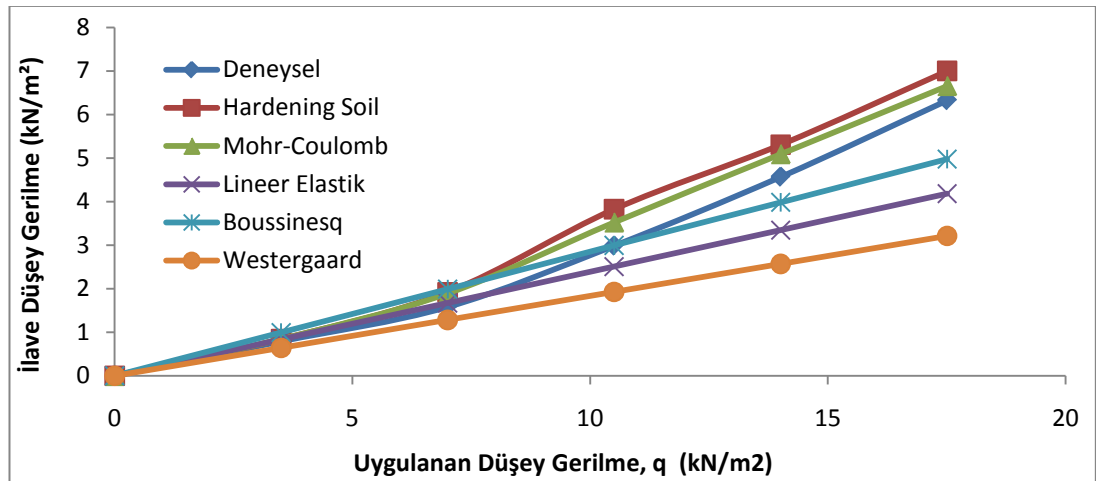
Tablo 3.6: Kare temel altında düşey gerilmelerin karşılaştırılması( $\gamma k=17.0 \text{ kN/m}^3$ )

z (m)	q (kN/m <sup>2</sup> )	İlave Düşey Gerilme, $\Delta\sigma_z$ (kN/m <sup>2</sup> )					
		Deney	Bouss.	West.	Sonlu Eleman Çözümü		
					LE	HS	MC
0.150 (1B)	4.889	1.670	1.643	1.058	1.329	1.632	1.563
	9.778	3.339	3.285	2.116	2.658	3.673	3.917
	14.667	5.712	4.928	3.173	3.987	6.110	6.370
	19.556	8.349	6.571	4.231	5.316	9.114	9.253
	24.444	10.458	8.213	5.289	6.645	12.729	12.843
0.225 (1.5B)	4.889	0.879	1.019	0.571	0.797	0.948	0.933
	9.778	2.021	2.038	1.141	1.594	2.090	2.349
	14.667	3.252	3.057	1.712	2.391	3.413	4.040
	19.556	4.833	4.075	2.283	3.188	5.001	6.088
	24.444	6.415	5.094	2.853	3.985	6.999	8.116
0.300 (2B)	4.889	0.615	0.524	0.343	0.539	0.601	0.600
	9.778	1.318	1.048	0.685	1.078	1.316	1.318
	14.667	2.021	1.572	1.028	1.617	2.084	2.256
	19.556	2.636	2.096	1.370	2.156	2.995	3.325
	24.444	3.603	2.620	1.713	2.695	4.087	4.451

Literatürde mevcut Westergaard, Boussinesq gibi pek çok teorik çözümlerde ilave düşey gerilme hesaplanırken, zeminin sıklık durumu göz önüne alınmamakta ve her sıklık değeri için aynı sonuçlar elde edilmektedir. Oysaki bu çalışmada, sıklık

değerlerinin artmasıyla aynı derinliklerde ve aynı yükler altında, ilave düşey gerilme değerleri önemli mertebelerde artmakta olduğunu görmüşlerdir. Tablolardaki sonuçlar incelendiğinde ilave düşey gerilmelerde deneysel sonuçlara en yakın sonuç Boussinesq tarafından verilen denklemin sonuçlarıdır.

Laman ve Diğ. (2008), Laman ve Keskin (2004) çalışmasına benzer bir çalışmada farklı sıklıktaki kum numuneleri, farklı çaptaki dairesel temeller vasıtasıyla yükleyerek, oluşan ilave gerilmelere sıklık ve temel genişliğinin etkisini araştırmışlardır. Bununla birlikte Plaxis paket programını kullanarak deneyi modellemiş ve deneyde ölçüm alınan noktalarda düşey gerilme değerlerini hesaplamışlardır. Yapılan hesaplamalarda temel elemanı olarak lineer elastik malzeme, zemin için ise Lineer Elastik, Mohr-Coulomb ve Hardening Soil modellerini kullanmışlar ve aşağıdaki grafiği elde etmişlerdir.

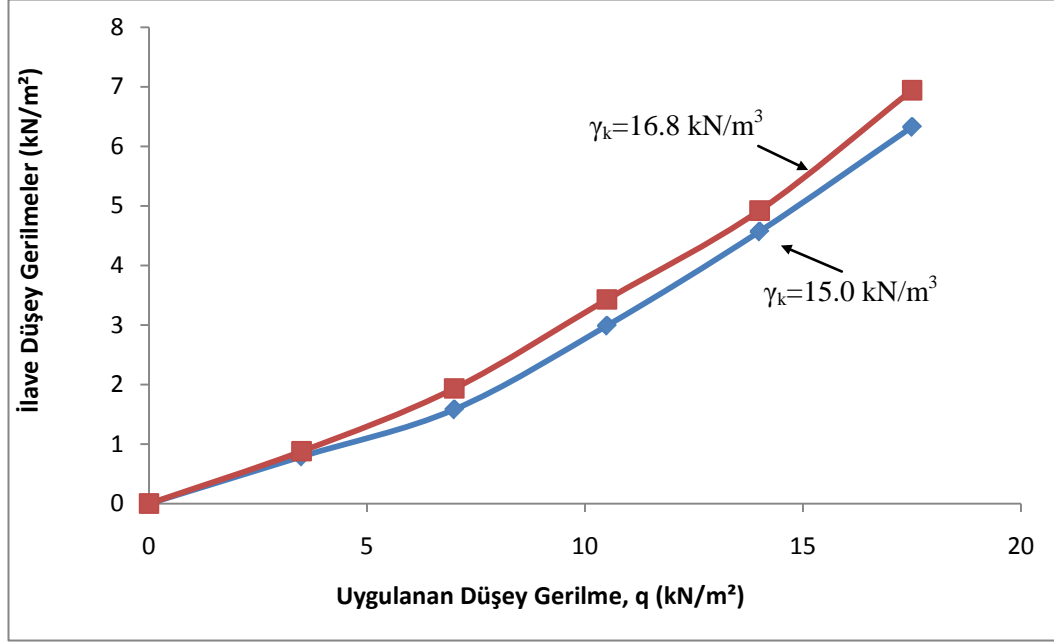


Şekil 3.1: z=D=20 cm Derinliğinde düşey gerilme artışı ( $\gamma_k=15.0 \text{ kN/m}^3$ )

Şekil 3.1'e göre Hardening Soil ve Mohr-Coulomb sonuçlarının uyum içinde olduğu, bazı yük değerlerinde Boussinesq ve lineer elastik sonuçlarının da yaklaşıklık gösterdiğini görmüşlerdir. Westergaard sonuçlarının ise diğerlerine göre oldukça küçük değerler verdiğini gözlemlemişlerdir.

Laman ve Diğ. (2008) çalışmalarında iki farklı yoğunlukta ( $\gamma_k=15.0 \text{ kN/m}^3$  ve  $16.8 \text{ kN/m}^3$ ) hazırlanan kum numunesi üzerinde yaptıkları laboratuvar deney sonuçları Şekil 3.2'te verilmiştir. Deney sonuçlarından, sıklık değerinin artmasıyla,

eşit derinliklerde ve aynı yükler altında, ilave düşey gerilme değerlerinin arttığını bulmuşlardır.



Şekil 3.2: 20 cm Çaplı dairesel temelde sıklık etkisi

#### **4. MALZEME VE YÖNTEM**

Yapılan araştırma çalışmalarında zeminde tabakalı dolgu çalışması öngörülen bir sanayi tesisinin inşa edileceği yaklaşık 46.000 m<sup>2</sup> alana sahip arazi seçilmiştir. Arazide dolgu malzemesi olarak iyi derecelendirilmiş kum kullanılmış olup dolgunun toplam yüksekliği 6.00 m'dir. Çalışmada dolgu yüksekliğinin zeminde taşıma gücü ve deformasyona olan etkileri incelenmiştir. Bu bölümde arazinin doğal durumu, arazide yapılmış zemin etüdü ve elde edilmiş veriler incelenmiştir. Yine bu bölümde zemin etüdünden sonra arazide başlayan çalışmalarda izlenen yöntem incelenmiştir. Bu şekilde, arazide yapılan kazı ve dolgu çalışmaları, doğal zeminde ve dolgu zeminde yapılan plaka yükleme deneyleri, arazide ve laboratuarda yapılan zemin mekaniği deneyleri ve bu çalışmada kullanılan araç ve ekipmanlar ayrıntılı bir biçimde bu bölümde anlatılmaktadır.

Kazı çalışmalarına başlamadan önce yapılan sondaj çalışmaları ve açılan araştırma çukurlarıyla mevcut zemin profili ortaya çıkarılmıştır. Genelde iyi derecelenmiş kum olan zemin için uygun olan SPT deneyleri sahada yapılan 13 adet sondaj kuyusunda uygulanmıştır. Diğer kuyularda ise daha derinlere inilerek alınan numuneler ile zemin profili ortaya çıkarılmıştır. Arazide sondaj kuyularının yanı sıra açılan araştırma çukurlarından da alınan numuneler üzerinde elek analizleri, likit limit, plastik limit deneyleri, standart proctor, Modifiye proctor ve yaş CBR deneyleri yapılarak zemin detaylı olarak incelenmesi sağlanmıştır.

##### **4.1. Sahanın Özellikleri**

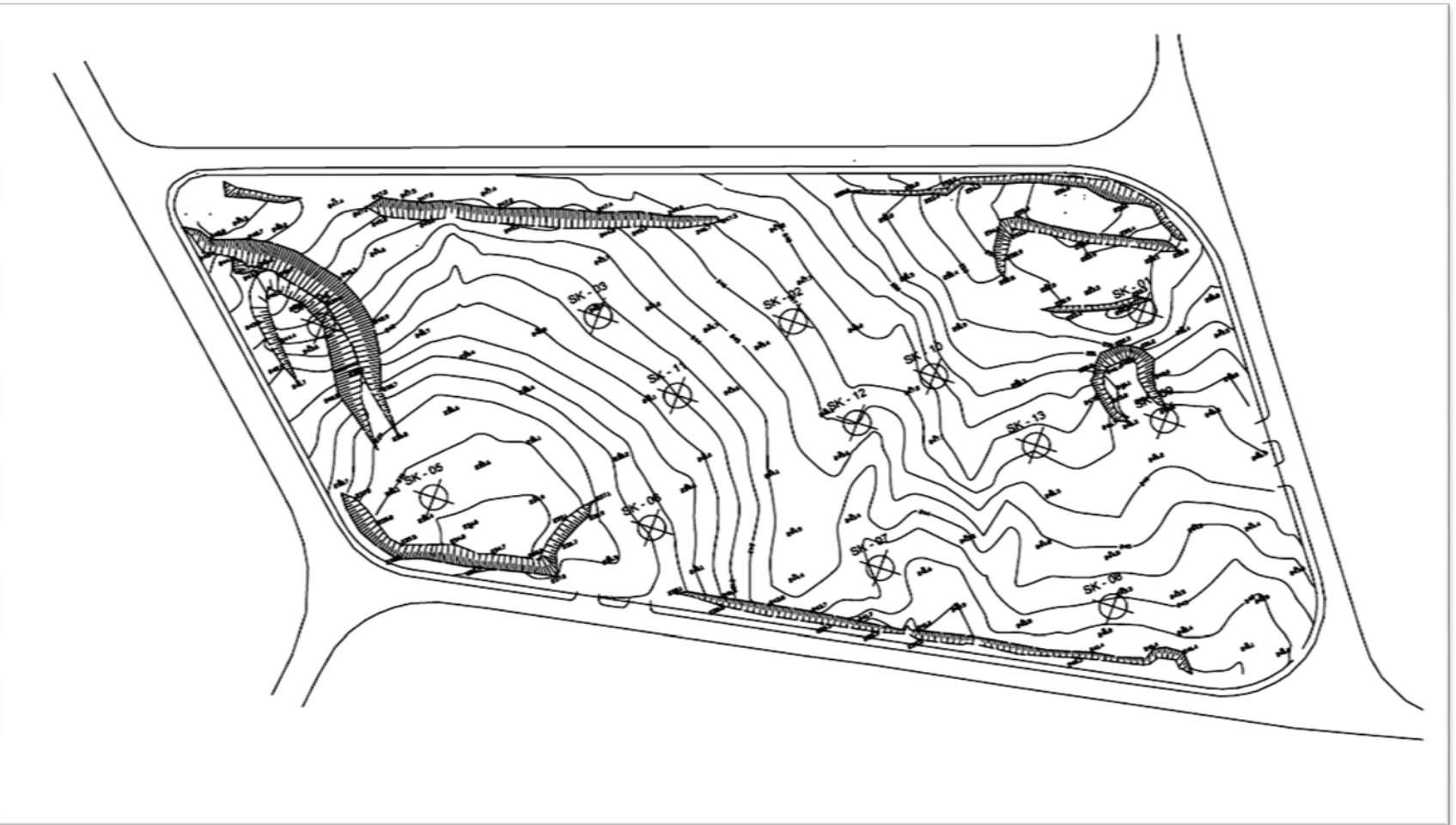
Çalışma için Gebze Organize Sanayi Bölgesi (GOSB) sınırları içerisinde kalan eğimli bir saha seçilmiştir. Bu sahada çelik fabrikası yapılacağından dolayı hemsahanın eğiminin düzeltilmesi hem de tesisin düz bir alana yapılması için sahanın bir tarafında kazı yapılarak zemin kotu düşürülmüş diğer tarafında da dolgu yapılarak zemin kotu yükseltilmiştir. Bu amaçla yaklaşık 6.00 m yüksekliğinde dolgu

yapılmıştır. Kontrollü dolgu çalışması için sahada mevcut olan zemin kullanılmıştır. Bu nedenle sahanın belli kısmında kazı yapılmış çıkan malzeme de dolgu da kullanılmıştır.

Dolguda kullanılması planlanan malzemenin dolguya uygunluğunu araştırmak ve arazinin genel olarak tanınması için inceleme alanında 12 adet araştırma çukuru açılmıştır. Çukurların derinlikleri 0,50m – 5,00m arasındadır. Ayrıca araştırma çukurlarına ek olarak 13 adet olmak üzere toplam 140 m sondaj yapılmıştır. Sondaj ve araştırma çukurlarından alınan malzeme üzerinde, laboratuvar ve arazide zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır. Deneyler ASTM D698, ASTM D1557, ASTM C136, ASTM D1883, DIN 18134 standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

Arazide zemin özelliklerinin belirlenmesi amacı ile ilk olarak zemin etüdü yapılmıştır. Zemin etüdü çalışmaları içerisinde sondaj kuyuları açılarak hem laboratuvar deneyleri yapılması için numuneler alınmış hem de SPT deneyleri yapılmıştır. Yapılan deney sonuçlarında arazinin genelinde iyi derecelenmiş kum malzemesinin hâkim olduğu görülmüş ve malzeme üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda da kazıdan çıkan malzemenin yapılacak dolgu çalışmalarında kullanılabilceği tespit edilmiştir. Bu durum projenin hayata geçirilmesinde ekonomik bir çözüm olmuştur.

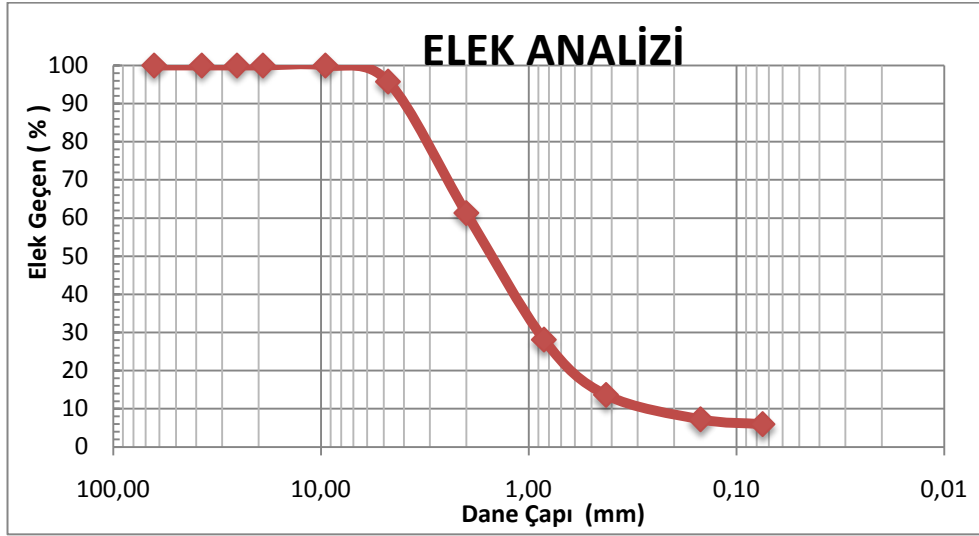
Şekil 4.1' de uygulama yapılan arazinin ilk durumuna ait çizim ve sondaj kuyularının lokasyonları gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Uygulama arazisi ve sondaj kuyuları lokasyonu

#### 4.1.1. Elek analizleri

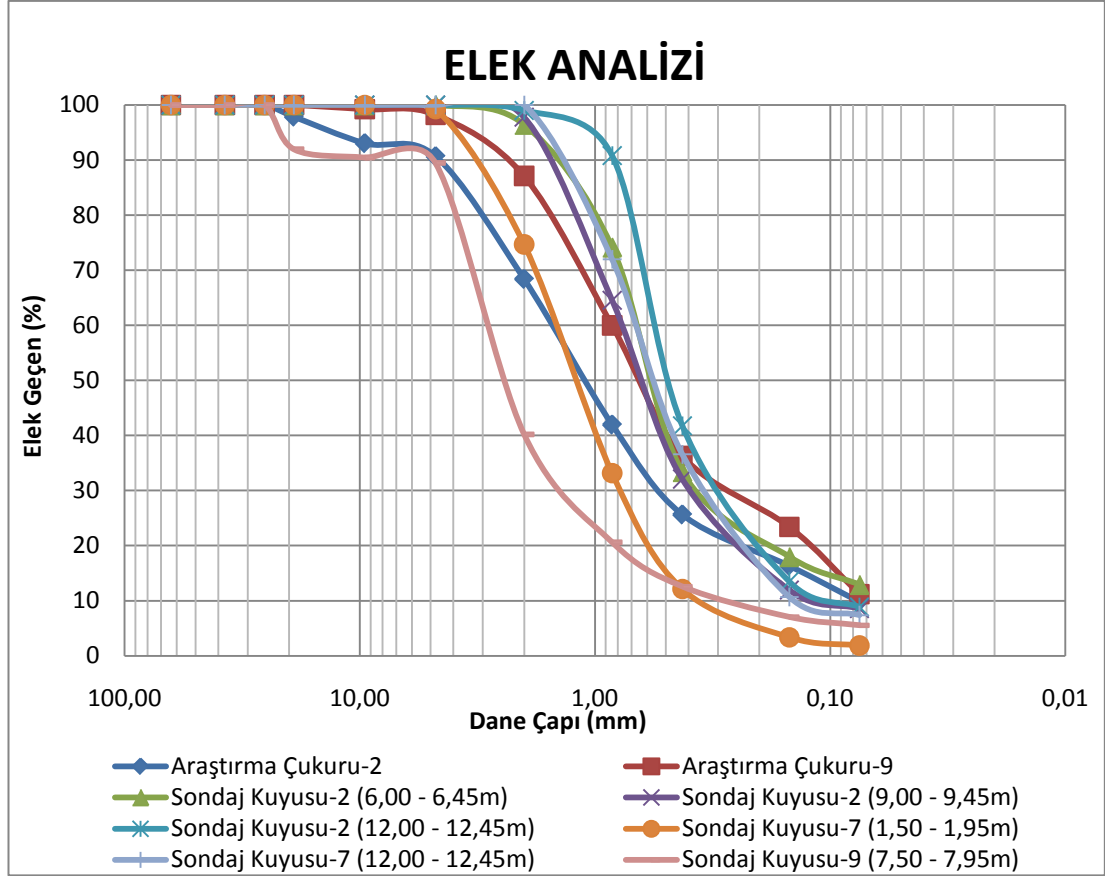
Dolguda kullanılmak üzere uygunluğu tespit edilmek istenen malzemeden alınan numuneler üzerinde yapılan elek analizlerinden (ASTM C136) elde edilen sonuçlara göre malzeme genel olarak iyi derecelendirilmiş kum – az silt olarak bulunmuştur. Dolguda kullanılan malzemeye ait tipik bir elek analizi grafiği Şekil 4.2’ de görülmektedir.



$D_{60} =$	1.935	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	8.25	PL ( % )	N.P
$D_{30} =$	0.888	$C_c = ( D_{30} / D_{60} * D_{10} ) =$	1.74	LL ( % )	N.L
$D_{10} =$	0.235			PI ( % )	<b>N.P</b>

Şekil 4.2: Dolguda kullanılan malzemenin elek analizi ve plastisite indisleri

Şekil 4.3’ de bazı sondaj kuyusu ve araştırma çukurlarından alınmış numuneler üzerinde yapılmış elek analizi sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu örneklerden de görüleceği üzere 12.45 m derinliğe kadar yapılmış sondajlar sonucunda genel olarak iyi ve kötü derecelendirilmiş kum olsa da kimi yerlerde iyi derecelendirilmiş çakıl tabakaları da mevcuttur.



Şekil 4.3: Dolguda kullanılan malzemenin elek analizi

Çeşitli tabakalardan alınan numuneler üzerinde yapılan plastik limit ve likit limit analizlerine göre arazide 12.45 m derinliğe kadar hiçbir tabakada malzeme likit ve plastik özellik göstermemiştir.

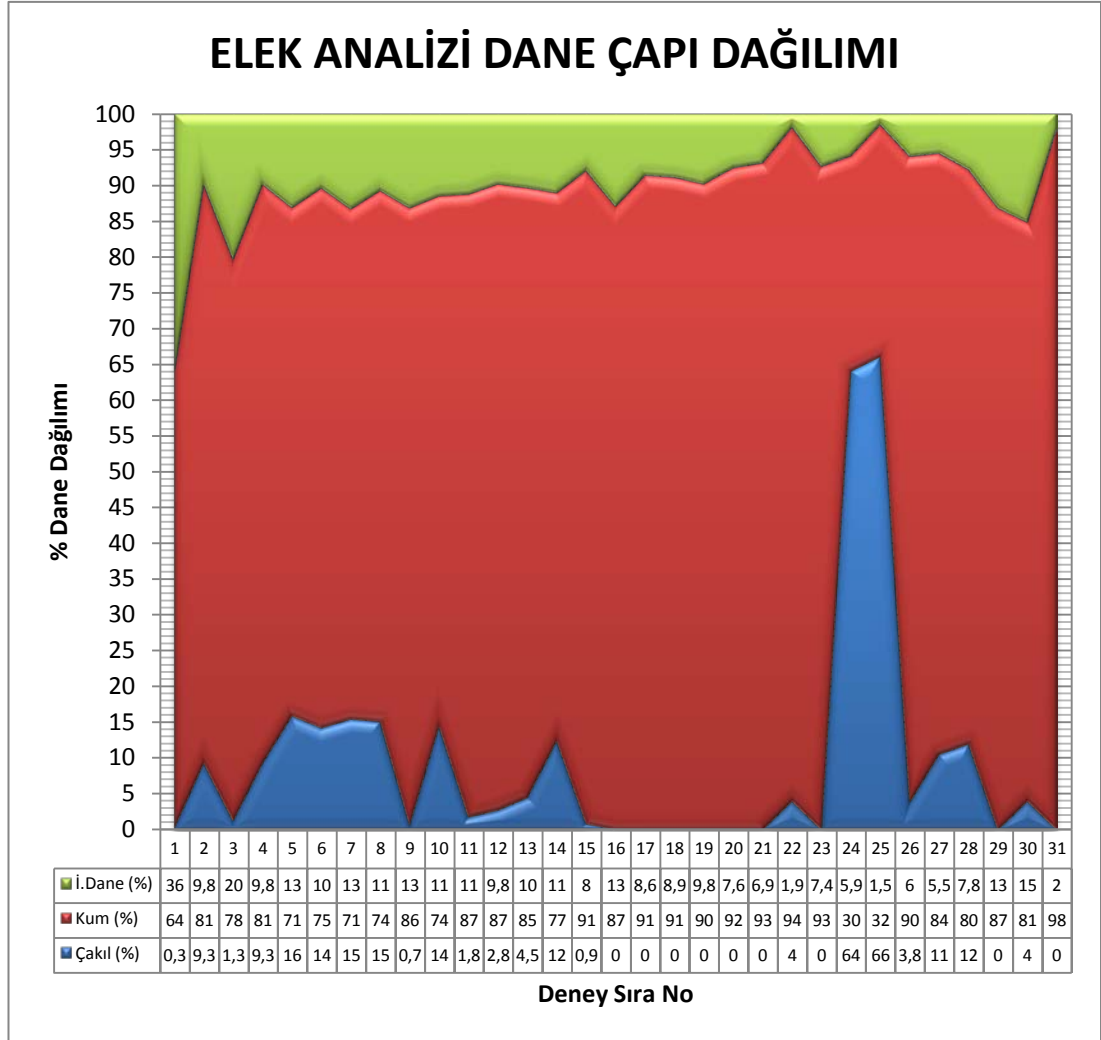
Sondaj kuyularında yer altı su seviyesine rastlanılmamıştır. Zeminde yer altı suyuna rastlanmaması taşıma gücü açısından olumlu olup sıvılaşma riskini ortadan kaldırmıştır.

Tablo 4.1' de arazi genelinde yapılmış 31 adet elek analizi göre malzeme dağılımı özetlenmiştir.

Tablo 4.1: Sondaj kuyuları ve araştırma çukurlarına ait zemin sınıflandırması

Sıra No	ALINAN KISIM	Zemin Cinsi	Dane Boyu Dağılımı			Cu	Cc
			Çakıl (%)	Kum (%)	İ.Dane (%)		
1	AÇ-3	SM	1,26	78,40	20,34	17,46	0,68
2	AÇ-5	SM	15,94	70,98	13,08	65,01	4,25
3	AÇ-6.1	SM	15,48	71,25	13,27	29,67	2,06
4	AÇ-7	SM	0,68	86,2	13,12	13,42	1,09
5	SK-2 (6.00 - 6.45)	SM	-	87,09	12,91	13,16	3,38
6	SK-11 (1.50 - 1.95)	SM	-	86,9	13,1	22,98	4,61
7	SK-13 (1.50 - 1.95)	SM	4,00	80,86	15,14	24,29	3,32
8	AÇ-6	SW-SM	15,12	74,19	10,69	29,37	1,60
9	AÇ-5.1	SW-SM	14,25	75,42	10,33	27,03	1,00
10	AÇ-8	SW-SM	14,44	74,11	11,45	32,00	1,59
11	AÇ-9	SW-SM	1,78	87,02	11,2	12,06	1,09
12	AÇ-10	SW-SM	2,75	87,46	9,79	10,89	1,18
13	AÇ-11	SW-SM	4,51	85,18	10,31	11,33	1,21
14	AÇ-12	SW-SM	12,43	76,56	11,01	17,23	1,3
15	SK-1 (1.50 - 1.95)	SW-SM	0,85	91,2	7,95	7,17	2,03
16	SK-2 (9.00 - 9.45)	SW-SM	-	91,42	8,58	7,66	1,89
17	SK-2 (12.00 - 12.45)	SW-SM	-	91,12	8,88	6,19	1,55
18	SK-3 (4.50 - 4.95)	SW-SM	-	90,23	9,77	7,47	1,38
19	SK-4 (4.50 - 4.95)	SW-SM	-	93,13	6,87	7,26	1,44
20	AÇ-2	SW-SM	9,31	80,89	9,80	19,85	2,24
21	SK-9 (1.50 - 1.95)	SW-SM	3,83	90,21	5,96	8,8	1,89
22	SK-10 (9.00 - 9.45)	SW-SM	12,00	80,21	7,79	8,21	1,70
23	SK-7 (1.50 - 1.95)	SP	4,00	94,14	1,86	4,47	1,19
24	SK-13 (4.50 - 4.95)	SP	-	97,99	2,01	3,87	1,41
25	SK-4 (3.00 - 3.50)	SP-SM	-	92,43	7,57	5,83	1,85
26	SK-7 (12.00 - 12.45)	SP-SM	-	92,62	7,38	5,16	1,22
27	AÇ-4	SW-SC	9,31	80,89	9,80	19,85	2,24
28	AÇ-1	GC	0,25	63,68	36,07	9,16	3,09
29	SK-8 (6.00 - 6.50)	GW	66,04	32,45	1,51	9,83	2,01
30	SK-8 (3.00 - 3.50)	GW-GM	64,00	30,12	5,88	11,66	2,92
31	SK-9 (7.50 - 7.95)	GW-GM	10,55	83,92	5,53	10,84	2,20

Şekil 4.4' te 31 adet numune üzerinde yapılan elek analizi sonuçlarına göre çakıl, kum ve ince malzeme dağılımı gösterilmiştir.



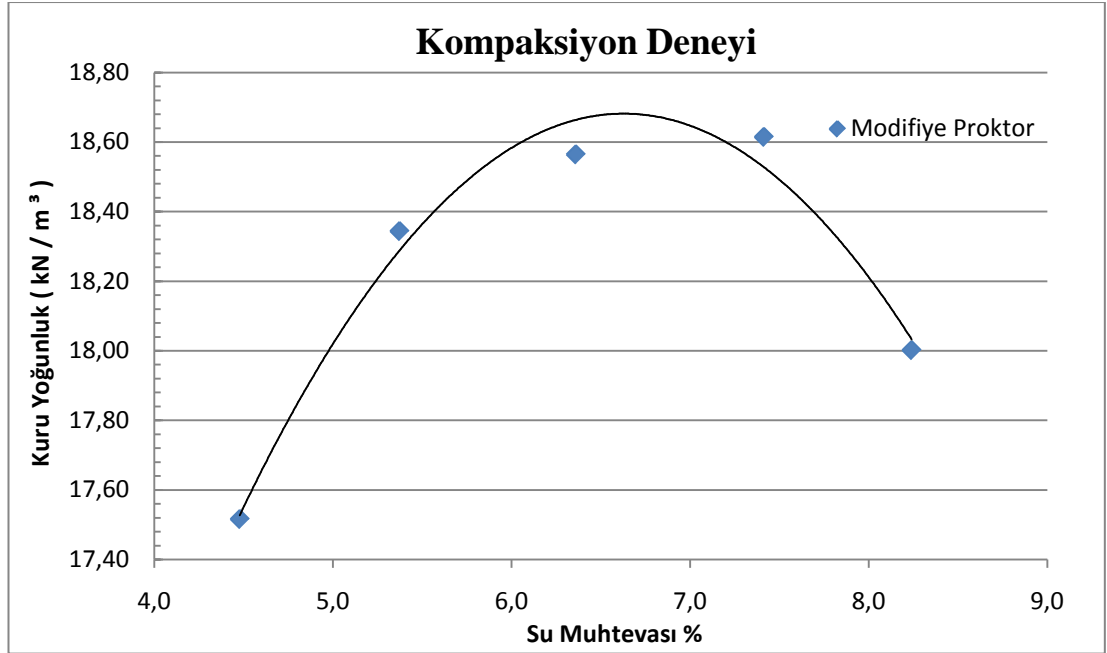
Şekil 4.4: Elek analizi sonuçlarına göre çakıl, kum ve ince malzeme dağılımı.

Şekil 4.4' den de görüleceği üzere çalışma alanında mevcut zemin çok farklı özelliklere sahip değildir. Buda kazıdan çıkacak malzemenin dolguda kullanılmasından sonra neredeyse homojen bir zemin elde edileceğini gösterir.

#### 4.1.2. Proctor deneyleri

Arazide açılan sondaj ve araştırma çukurlarından alınan numuneler üzerinde ASTM D698 ve ASTM D1557 standartlarına uygun olarak Modifiye ve standart proctor deneyleri yapılmıştır.

Şekil 4.5’ de dolgu malzemesi üzerinde yapılmış olan Modifiye proctor deneyinden elde edilen sonuçlara göre optimum su muhtevası  $w_{opt}(\%) = 6.6$  da maksimum kuru birim hacim ağırlık olan  $18.64 \text{ kN/m}^3$  ’ na ulaşmıştır.



Şekil 4.5: Dolgu malzemesine ait Modifiye proctor deneyi

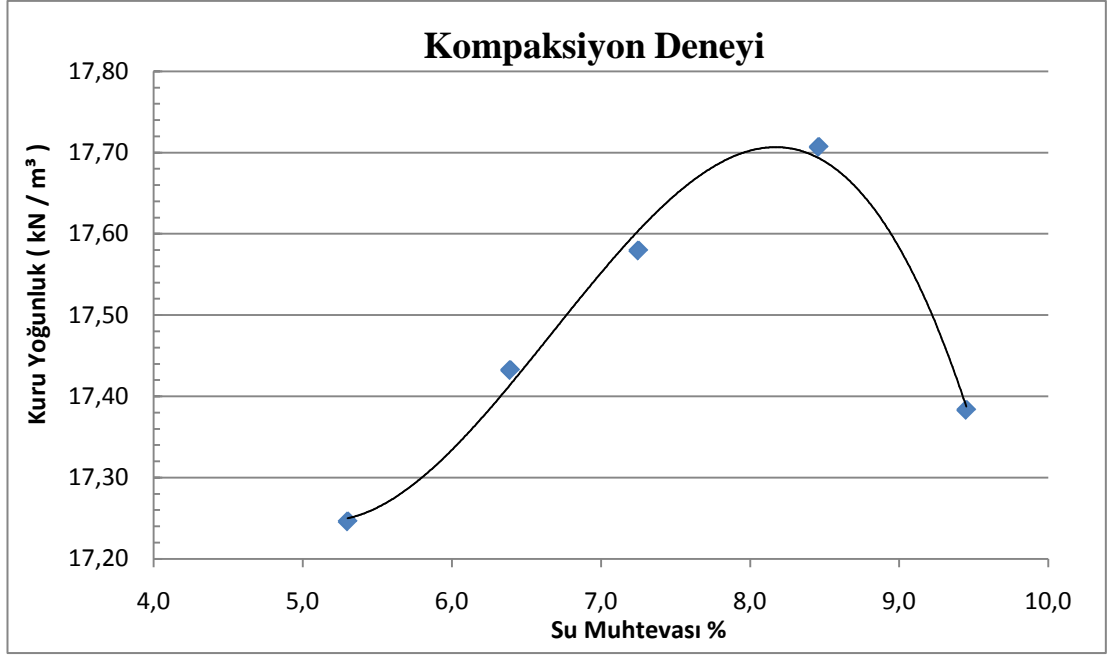
Arazi genelinde açılan sondaj ve arazi çukurlarında 15 adet Proctor deneyi yapılmış ve buna göre ayrı ayrı optimum su muhtevaları ( $w_{opt}$ ) ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri bulunmuştur. Tablo 4.2’de yapılan proctor deneylerine ait veriler özetlenmiştir.

Tablo 4.2: Sondaj ve araştırma çukurlarına ait numunelerin standart proctor deney sonuçları

Sıra No	ALINAN KISIM	Zemin Cinsi	w <sub>opt</sub> (%)	γ <sub>d</sub> (kN/m <sup>3</sup> )
1	AÇ-5	SM	8,26	18,84
2	AÇ-7	SM	8,37	17,71
3	SK-11 (1.50 - 1.95)	SM	7,86	17,73
4	SK-12 (1.50 - 1.95)	SM	8,52	17,71
5	AÇ-6	SW-SM	8,37	18,44
6	AÇ-8	SW-SM	8,37	18,03
7	AÇ-9	SW-SM	8,31	17,91
8	AÇ-10	SW-SM	8,44	18,03
9	AÇ-11	SW-SM	8,24	17,96
10	AÇ-12	SW-SM	8,41	17,51
11	SK-1 (1.50 - 1.95)	SW-SM	7,91	18,60
12	SK-4 (4.50 - 4.95)	SW-SM	7,49	18,60
13	SK-9 (1.50 - 1.95)	SW-SM	7,65	18,12
14	SK-7 (1.50 - 1.95)	SP	10,07	17,50
15	SK-4 (3.00 - 3.50)	SP-SM	11,39	17,91

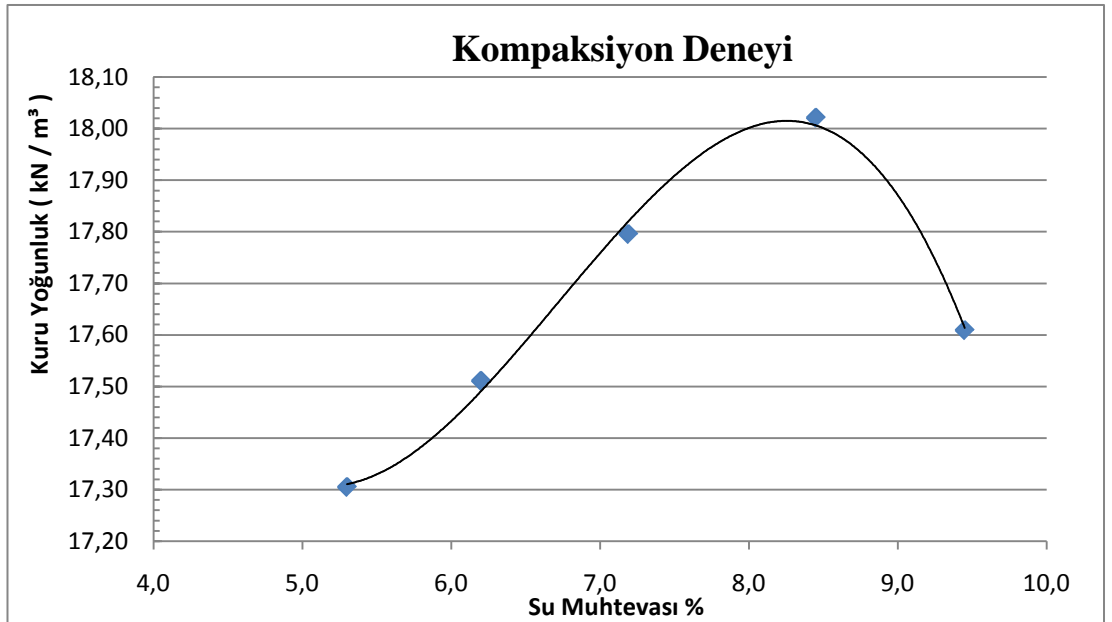
Yapılan Standart Proctor deneylerine örnek olarak Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 arazide açılan 7 nolu ve 8 nolu araştırma çukurlarından numunelere ait Standart Proctor deneyleri gösterilmiştir.

Şekil 4.6'dan da görüleceği üzere A.Ç.7'den alınan numune için optimum su muhtevası %8.4 ve maksimum kuru birim hacim ağırlık 17.72 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

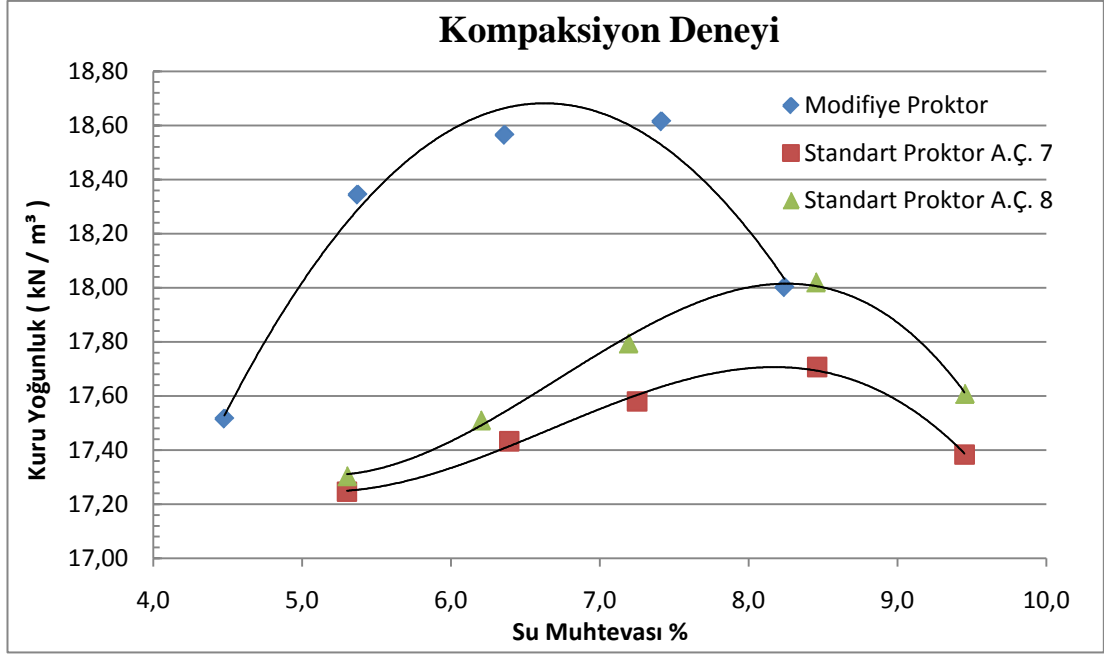


Şekil 4.6: Dolgu malzemesine ait standart proctor deneyi(A.Ç. 7)

Arazide açılan 8 nolu araştırma çukurundan alınan numune üzerinde yapılan Standart Proctor deney sonuçlarına göre dolgu malzemesi için optimum su muhtevası % 8.4 ve maksimum kuru birim hacim ağırlık 18.03 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. (Şekil 4.7)



Şekil 4.7: Dolgu malzemesine ait standart proctor deneyi(A.Ç. 8)



Şekil 4.8: Dolgu malzemesine ait standart ve Modifiye proctor deneyleri

Numuneler üzerinde yapılmış Modifiye Proctor ve Standart Proctor deney sonuçları Şekil 4.8' de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Modifiye Proctor deneyinde bulunan 18.64 kN/m<sup>3</sup> maksimum kuru birim hacim ağırlık BHA değeri numune sıkıştırma işlemi sırasında uygulanan enerjinin Standart Proctor deneyinde uygulanan enerjiden daha büyük olmasından dolayı Standart Proctorlarda elde edilen 18.03 kN/m<sup>3</sup> ve 17.72 kN/m<sup>3</sup> maksimum kuru BHA değerlerinden büyük çıkmıştır. Standart proctor deneyleri arasında oluşan fark ise gradasyondan kaynaklanmaktadır.

Deneysel su muhtevaları karşılaştırıldığında, Modifiye Proctor testinde elde edilen % 6.6 su muhtevası değeri, Standart Proctor'da elde edilen %8.4 değerinden beklenildiği gibi %21 daha küçük olarak bulunmuştur.

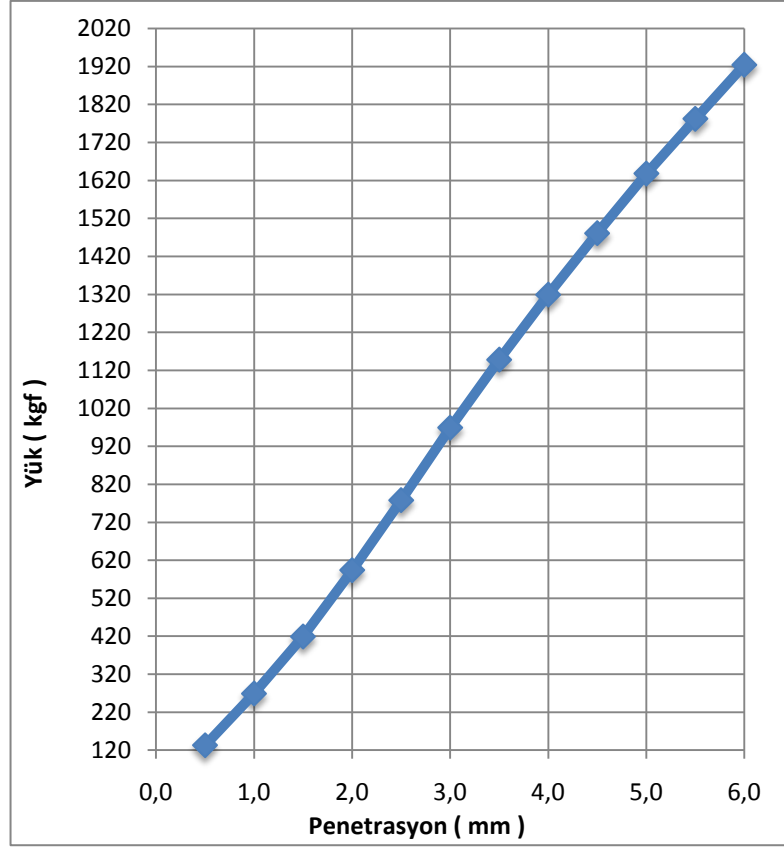
Karayolu Teknik Şartnamesi dolgu kısımlarında dolgu malzemesi yoğunluğunun en az 14.22 kN/m<sup>3</sup> olması istenmektedir. Yapılan tüm deneylerde elde edilen maksimum kuru birim hacim ağırlıkların bu değerden büyük olduğu Tablo 4.2' de görülmektedir.

### 4.1.3. CBR deneyleri

Kaliforniya taşıma gücü deneyi (CBR) arazide ve laboratuarda yapılabilen, malzemenin uygunluğunun araştırılmasında zemin taşıma gücünün tayininde kullanılan bir deneydir. Bu deney sonucu karakterize eden ampirik bir katsayı (CBR) belirlenir. Bu katsayı, 5 cm çapında bir pistonun, araştırılan malzemenin üst yüzeyinden dakikada 2.25 mm'lik bir hız ile 2,5 mm derinliğe sokulması için gerekli basıncın (P), standart malzemeye (kırmı taş malzeme) eşit sokulma durumu için gerekli basınca (PS) oranından elde edilir. CBR değeri, pratikte deney basıncının normal basınca oranının yüzdesi olarak verilir.

Dolguda kullanılan malzeme üzerinde yapılan deneyde CBR değeri %80.29 ve şişme değeri ise 0.03 mm olarak tespit edilmiştir. Dolgu çalışmalarından önce arazide açılan araştırma çukurlarında, yüzeye yakın kısımlardan alınan malzemeler üzerinde yapılan deneyler sonucunda CBR değerleri; araştırma çukuru 6 için %9.12 ve şişme değeri 0.03 mm, araştırma çukuru 11 için ise %9.85 ve şişme değeri 0.03 mm olarak bulunmuştur. Karayolu Teknik Şartnamesine göre CBR değeri %10'dan büyük olması gereklidir. Bundan dolayı nebati toprak olarak görülen kısım sıyrılarak sahadan uzaklaştırılmıştır.

Dolguda kullanılacak malzeme üzerinde laboratuarda yapılan yaş CBR deneyi sonuçları Şekil 4.9 ve Tablo 4.3' te verilmiştir. (ASTM D1883)

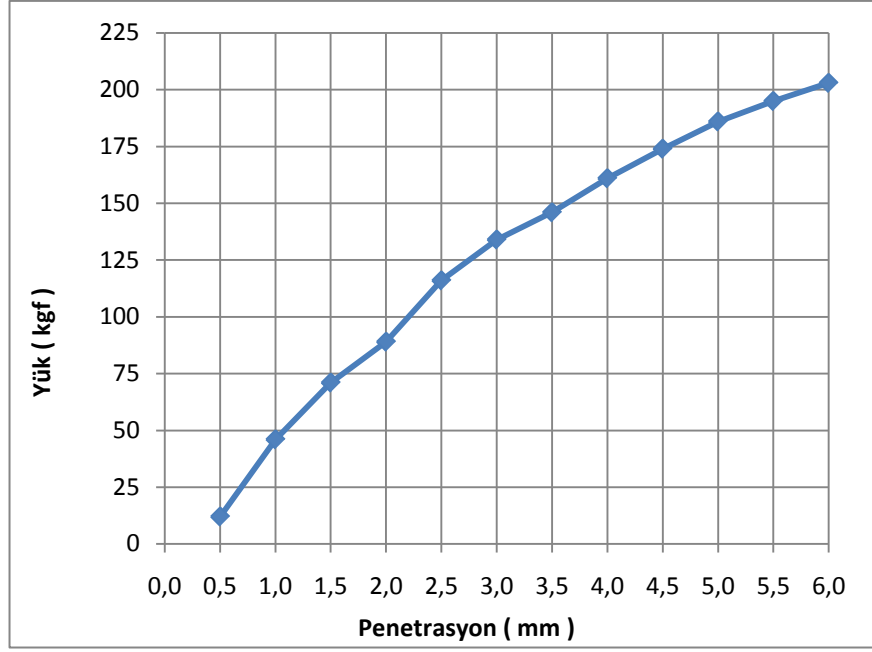


Şekil 4.9: Dolgu malzemesi yaş CBR deneyine ait grafik

Tablo 4.3: Dolgu malzemesi yaş CBR deneyi sonuçları

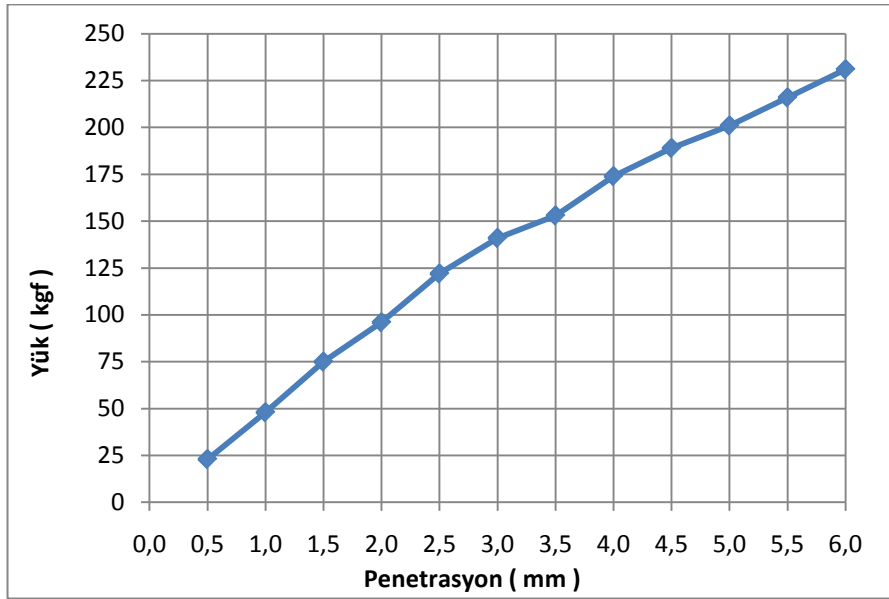
	Düz Yükleme	
	2.50	5.00
Penetrasyon ( mm )	2.50	5.00
Standart Yük	1360	2040
Yük ( kgf )	778	1638
CBR Değerleri ( % )	57.21	80.29
Şişme ( % )	0.03	
Proje CBR Değeri ( % )	80.29	

Şekil 4.10 'da 6 nolu araştırma çukurundan alınan numune üzerinde yapılan yaş CBR deneyine ait sonuçlar görülmektedir. Şekle göre CBR değeri %9,12 ve şişme değeri 0.03mm olarak bulunmuştur. Yüzeiden 1 m derinlikten alınan numune üzerinde yapılan CBR deneyi sonuçlarının %10'un altında olmasından dolayı dolgu çalışmasında kullanılmamış ve sahadan uzaklaştırılmıştır.



Şekil 4.10: Yaş CBR deneyine ait grafik (Araştırma Çukuru 6)

Şekil 4.11' de 11 nolu araştırma çukurundan alınan numune üzerinde yapılan yaş CBR deneyine ait sonuçlar görülmektedir. Şekle göre CBR değeri %9,85 ve şişme değeri 0.03mm olarak bulunmuştur. Yüzeiden 1 m derinlikten alınan numune üzerinde yapılan CBR deneyi sonuçlarının %10'un altında olmasından dolayı dolgu çalışmasında kullanılmamış ve sahadan uzaklaştırılmıştır.



Şekil 4.11: Yaş CBR deneyine ait grafik (Araştırma Çukuru 11)

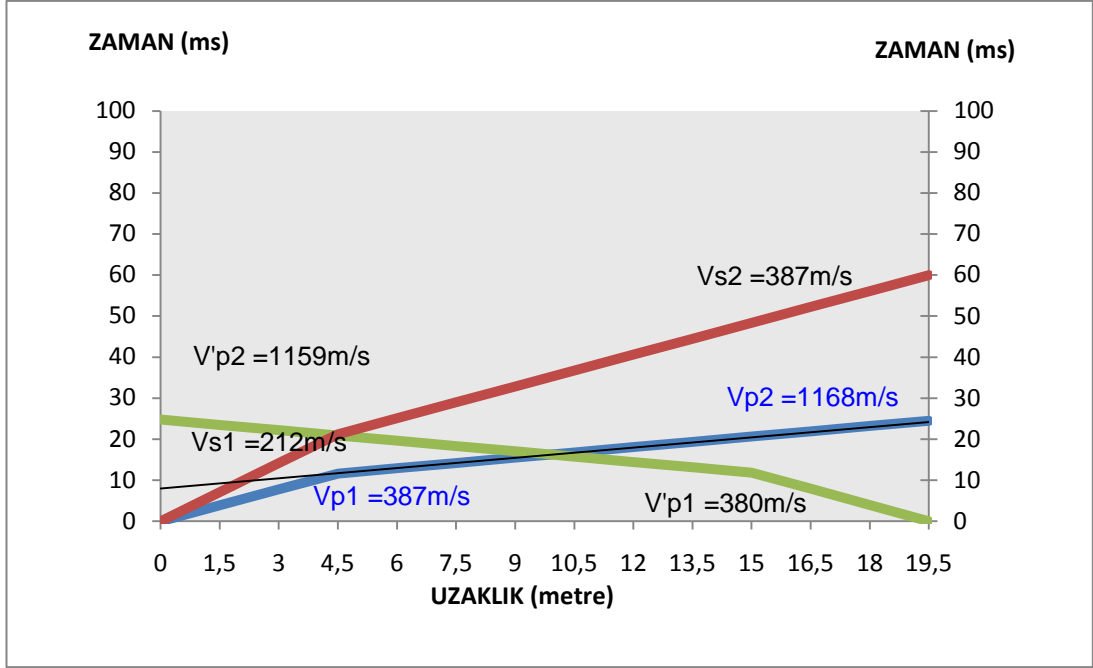
Dolgu malzemesine ait indeks özellikleri Tablo 4.4' de özetlenmiştir.

Tablo 4.4: Dolgu malzemesine ait özellikler

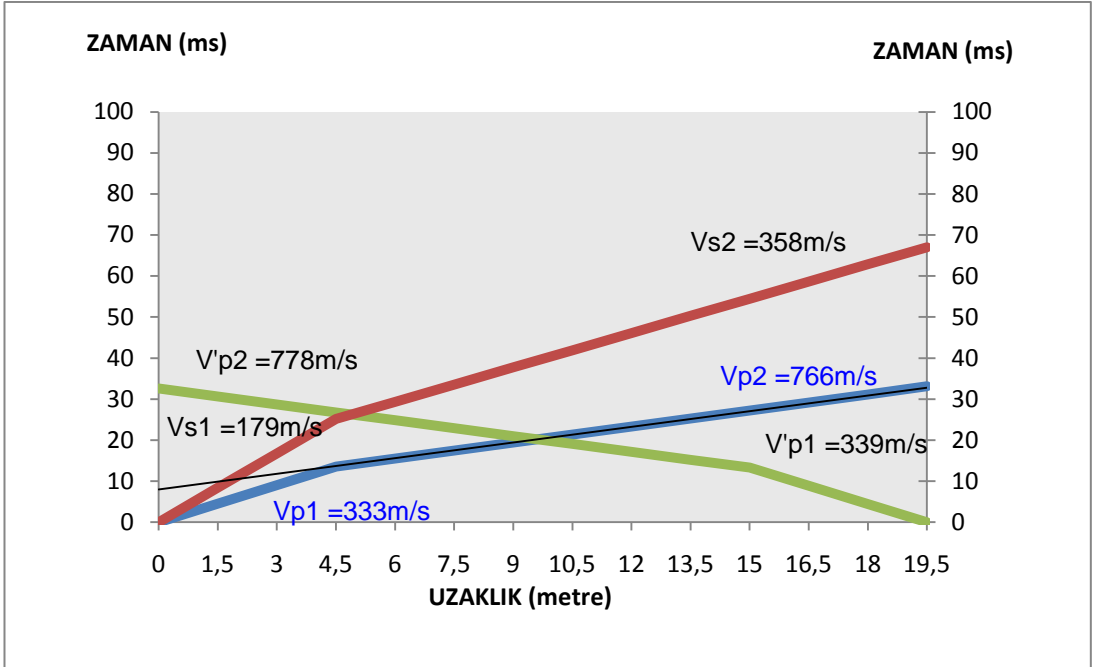
<b>Zemin Sınıflandırılması</b>	
Zemin Tanımı - USCS	SW-SM
<b>Kıvam Limitleri</b>	
PL ( % )	N.P
LL ( % )	N.L
PI ( % )	N.P.
<b>Elek Analizi - USCS</b>	
Taş(blok) (>76.2 mm) (%)	0
Çakıl (76.2 mm - 4.76 mm) (%)	4.26-5.50
Kum (4.76mm-0,074) (%)	89.78-87.37
Silt ve Kil (<0.074) (%)	5.96-7.13
<b>Arazi ve Laboratuar CBR Deneyleri</b>	
Yaş CBR Değeri (%)	80.24
<b>Kompaksiyon Parametreleri</b>	
M.K.B.H.A. - Modifiye proctor (kN/m <sup>3</sup> )	18.64
Optimum Su Muhtevası (%) - Modifiye Proctor	6.60
M.K.B.H.A. - Standart proctor (kN/m <sup>3</sup> )	17.72- 18.03
Optimum Su Muhtevası (%) - Standart Proctor	8.40

#### 4.1.4. Sismik deneyler

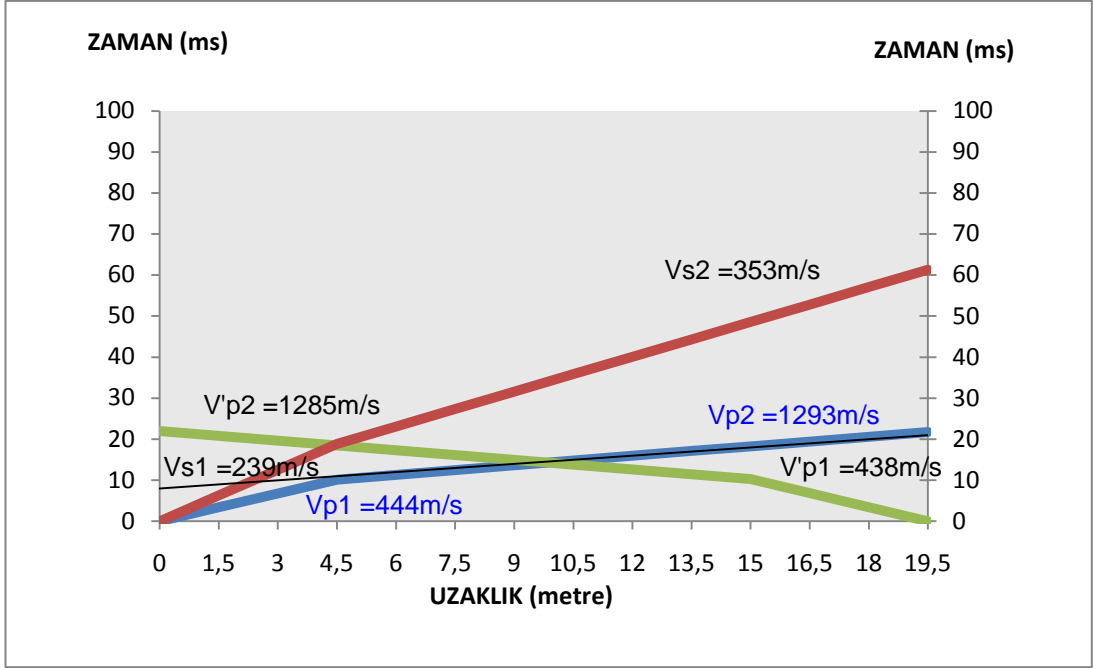
Çalışma alanında dolgu öncesinde zemin tabakaları hakkında bilgi sağlayabilmek amacı ile 4 serim sismik kırılma yapılmıştır. Yapılan sismik çalışma sonunda aşağıdaki uzaklık - zaman grafikleri elde edilmiştir.



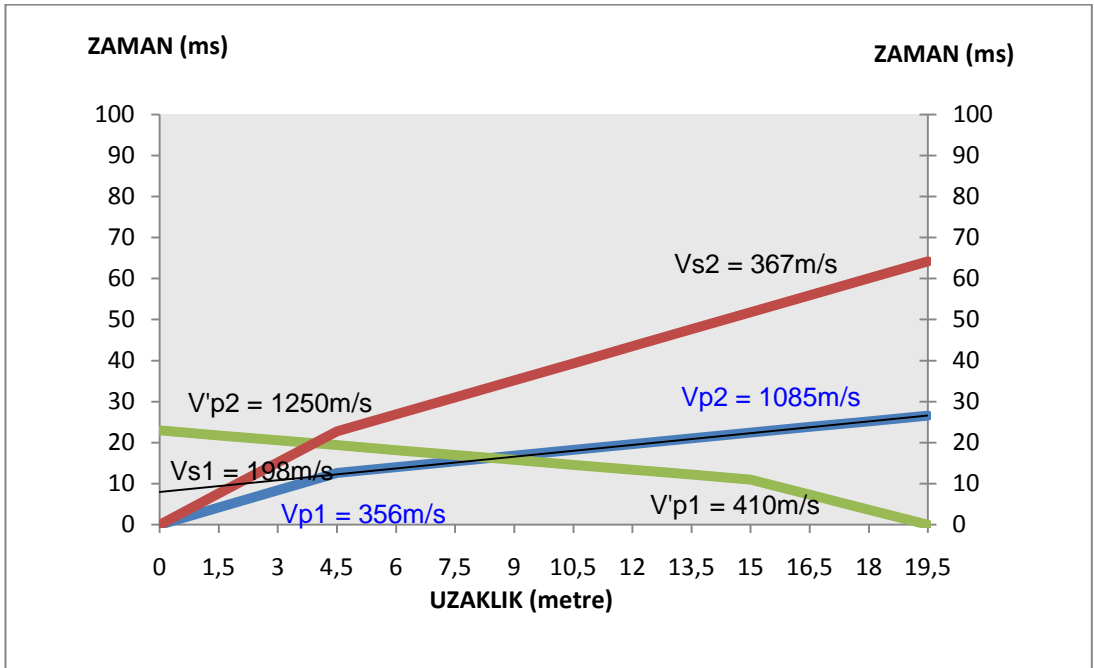
Şekil 4.12: Sismik-1'e ait uzaklık – zaman grafiği



Şekil 4.13: Sismik-2'ye ait uzaklık – zaman grafiği



Şekil 4.14: Sismik-3'e ait uzaklık – zaman grafiği



Şekil 4.15: Sismik-4'e ait uzaklık – zaman grafiği

Sismik kırılma uygulamasında, on iki kanallı Pasi model sismik kırılma cihazı kullanılmış olup cihaz, 12 adet S jeofonu, özel bağlantı üniteleri ile çok kanallı

olarak otomatik sinyal grafiği verebilen bir optik unite, jeofon kabloları, triggerli varyoz ve pad' den oluşmaktadır.

Sismik serim yerleşimi için 11 adet jeofon kullanılmış olup ofset (grup dış alıcı) uzaklığı 1,5 m, jeofon (grup i alıcı) aralıkları 1,5 m olarak tespit edilmiştir. P ve S dalga hızlarını tespit etmek için atışlar yapılmış ve atışların varış zamanlarından yol zaman grafiği çizilmiş, buradan da hızlar ve derinlik bulunarak zeminin dinamik elastisite parametreleri hesaplanmıştır.

Doğal zemin üzerinde dolgu çalışmasından önce yapılan sismik kırılma yöntemi ile elde edilmiş enine dalga hızı  $V_s$  ve boyuna dalga hızı  $V_p$  ile zeminin, yoğunluğu, kayma modülü, elastisite modülü, poisson oranı, bulk modülü, taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesi hesaplanmıştır. Hesaplanan parametreler tablo 4.5' de özetlenmiştir.

Tablo 4.5: Dolgu çalışması öncesinde yapılan sismik çalışmalarını sonucu hesaplanan zemin parametrelerine ait özet tablo

	SİSMİK-1		SİSMİK-2		SİSMİK-3		SİSMİK-4	
	Tabaka-1	Tabaka-2	Tabaka-1	Tabaka-2	Tabaka-1	Tabaka-2	Tabaka-1	Tabaka-2
Boyuna Dalga Hızı Vp (m/sn)	387	1168	333	766	444	1293	356	1085
Kayma Dalgası Hızı Vs (m/sn)	212	387	179	358	239	353	198	367
Katman Kalınlığı (m)	1,63	-	1,50	-	1,88	-	1,52	-
Yoğunluk (kN/m <sup>3</sup> )	13,49	17,78	12,99	16,00	13,96	18,24	13,21	17,45
Kayma Modülü G (kN/m <sup>2</sup> )	60621,99	266264,55	41624,38	205047,25	79739,27	227237,36	51787,34	235082,48
Elastisite Modülü E (kN/m <sup>2</sup> )	155874,12	765957,36	107958,50	557836,61	206687,10	663411,23	132167,40	674876,28
Poisson Oranı (ν)	0,286	0,438	0,297	0,360	0,296	0,460	0,276	0,435
Bulk Modülü k (kN/m <sup>2</sup> )	121184,17	2070345,56	88556,45	665343,90	168877,14	2745805,94	98364,77	1741252,87
Taşıma Gücü qu (kN/m <sup>2</sup> )	285,95	688,02	232,54	572,76	333,64	643,73	261,55	640,55
Zemin Emniyet Gerilmesi (kN/m <sup>2</sup> )	156,65	227,97	125,00	267,69	179,59	175,74	145,47	216,67

Yapılan çalışma sonucunda Tablo 4.5 de elde edilen verilen ortalamaları Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6: Yapılan sismik çalışmaları sonucu katmanlara ait zemin parametrelerinin ortalama değerleri.

	<b>Tabaka-1 (Ortalama)</b>	<b>Tabaka-2 (Ortalama)</b>
Boyuna Dalga Hızı $V_p$ (m/sn)	380	1078
Kayma Dalgası Hızı $V_s$ (m/sn)	207	366
Katman Kalınlığı (m)	1,63	-
Yoğunluk ( $kN/m^3$ )	13,41	17,37
Kayma Modülü $G$ ( $kN/m^2$ )	58443,00	933632,00
Elastisite Modülü $E$ ( $kN/m^2$ )	150672,00	665520,00
Poisson Oranı ( $\nu$ )	0,289	0,423
Bulk Modülü $k$ ( $kN/m^2$ )	119246,00	1805687,00
Taşıma Gücü $q_u$ ( $kN/m^2$ )	278,42	636,27
Zemin Emniyet Gerilmesi ( $kN/m^2$ )	151,68	222,02

Tablo 4.7: Zeminlerin yoğunluklara göre sınıflandırılması (Keçeli, 1990)

<b>Yoğunluk- <math>d</math> (<math>kN/m^3</math>)</b>	<b>Tanımlama</b>
< 11,77	Çok düşük
11,77 - 13,73	Düşük
13,73 - 18,64	Orta
18,64 - 21,58	Yüksek
> 21,58	Çok yüksek

Tablo 4.7' e göre Tabaka-1'in düşük yoğunlukta ve Tabaka-2'nin ise orta yoğunlukta olduğu görülmüştür.

Tablo 4.8: Kayma modülü değerlerine göre zemin dayanımı (Keçeli, 1990)

<b>Kayma Modülü- G ( kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Dayanım</b>
< 39.240	Çok zayıf
39.240 - 147.150	Zayıf
147.150 - 294.300	Orta
294.300 - 981.000	Sağlam
> 981.000	Çok sağlam

Tablo 4.8' e göre zeminde oluşabilecek kesme kuvvetlerine karşı dayanımı için Tabaka-1'in zayıf ve Tabaka-2'nin orta dayanımda olduğu görülmüştür.

Tablo 4.9: Elastisite modülü değerlerine göre zemin dayanımı (Keçeli, 1990)

<b>Elastisite Modülü- E ( kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Dayanım</b>
< 98.100	Çok zayıf
98.100 - 490.500	Zayıf
490.500 - 981.000	Orta
981.000 - 2.943.000	Sağlam
> 2.943.000	Çok sağlam

Tablo 4.9' a göre zeminde oluşabilecek düşey kuvvetlere karşı dayanımı için Tabaka-1'in zayıf ve Tabaka-2'nin orta dayanımda olduğu görülmüştür.

Tablo 4.10: Poisson sınıflaması ve hız oranı karşılaştırması (Ercan,A., 2001).

<b>Poisson Oranı - <math>\nu</math></b>	<b>Sıklık</b>	<b>V<sub>p</sub>/V<sub>s</sub></b>
0,5	Cıvık	$\infty$
0,4 - 0,49	Çok gevşek	$\infty - 2,49$
0,3 - 0,39	Gevşek	2,49 - 1,87
0,20 - 0,29	Sıkı - Katı	1,87 - 1,71
0,1 - 0,19	Katı	1,71 - 1,50
0 - 0,09	Sağlam Kaya	1,50 - 1,41

İnceleme alanında yapılan sismik deneyi sonucunda 1. ve 2. tabaka için hesaplanan poisson oranlarına göre 1. tabaka çok gevşek ve 2. tabaka gevşek olarak nitelendirilmiştir. Buda her iki tabakaya ait zeminin gözenekli, bir başka deyişle siltli, killi, kumlu olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.11: Bulk modülü değerlerine göre zemin sıkışması (Keçeli, 1990)

<b>Bulk Modülü - k (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Sıkışma</b>
< 39.240	Çok az
39.240 – 981.000	Az
981.000 – 3.924.000	Orta
3.924.000 – 9.810.000	Yüksek
> 9.810.000	Çok yüksek

Yapılan sismik deney sonucunda 1. ve 2. tabaka için hesaplanan bulk modülüne göre zemine uygulanan basınç altında zemin sıkışması olarak Tabaka-1 ve Tabaka-2 için az olarak bulunmuştur. Bunun anlamı zemine uygulanan basınç altında zeminde oluşacak sıkışmanın az olacaktır.

Tablo 4.12: Zeminlerin taşıma gücüne göre dayanımları (Keçeli, 1990)

<b>TAŞIMA GÜCÜ-qu kN/m<sup>2</sup></b>	<b>DAYANIM</b>
< 147	Çok düşük
147 – 295	Düşük
295 – 590	Orta
590 – 1475	Yüksek
> 1475	Çok yüksek

Yapılan sismik deneyi sonucunda bulunan ortalama taşıma gücü değerleri; Tabaka-1 için 278,42 kN/m<sup>2</sup> ve Tabaka-2 için 636,27 kN/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Tablo 4.12' e göre tabakaların taşıma güçleri değerlendirildiğinde Tabaka-1 düşük ve Tabaka-2 yüksek taşıma gücüne sahip olduğu görülmektedir.

Doğal zemin üzerinde dolgu çalışmasından önce yapılan sismik kırılma deneği sonuçları, araştırma çukurları ve sondaj sonuçlarına göre yüzeydeki zayıf zemin (nebati toprak) kazılarak sahadan uzaklaştırılmıştır.

#### 4.1.5. SPT deneyi

Arazide açılan sondaj 13 adet sondaj kuyusunda SPT deneyi yapılmıştır. Deneylerde arazi genelinde 2.00-2.45 m derinlikte SPT sayıları 50 refüden fazla çıktığı için bazı kuyularda daha derine inilmesine gerek duyulmamıştır.



Şekil 4.16: Arazide sondaj kuyusu açılması ve SPT uygulaması

#### 4.2. Sahada Kontrollü Dolgu

Yapılan çalışma sırasında dolgu yüksekliğinin kimi yerlerde 6 m seviyelerine ulaşması, tabakalı dolgunun kontrollü yapılmasını gerektirmiştir. Ayrıca, oluşturulacak dolgu tabakalarında dolgu yüksekliğince meydana gelebilecek taşıma gücü değişimlerinin incelenmesi, yapı ve dolgunun kendi yüklerinden dolayı dolguda izin verilen deformasyonlardan fazlasının yaşanmasını önlemek amacı ile arazide araştırma için uygulanan yapım yöntemi aşağıda özetlenmiştir;

- Dolgu tabakasının yüksekliğinin belirlenmesi
- Sıkıştırma işlemi tamamlanmış dolgu tabakalarında rölatif kompaksiyonun ve granülometrinin kontrolü
- Doğal zemin üzerinde plaka yükleme deneyinin DIN 18134' e göre yapılması
- Sıkıştırma işleminin yeterli olduğu tespit edilmiş tabakalarda DIN 18134' e göre yapılması
- Arazide elde edilmiş sonuçların kendi aralarında karşılaştırılması
- Dolgu çalışmaları sonunda arazide yapılan sondaj ve sismik deneylerin başlangıçtaki değerler ile karşılaştırılması.

Çalışma kapsamında kullanılacak kazı ve dolgu ekipmanları malzemenin cinsine uygun olarak belirlenmiştir. Bu şekilde kohezyonsuz ve iyi derecelendirilmiş kum malzemesi için kullanılan araçlar; Kazı çalışmalarında 25 ton'luk ekskavatör, dolgu çalışmalarında malzemenin serilmesi için dozer, sıkıştırma için düzayaklı silindir ve su muhtevasının ayarlanması için arasöz kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında ilk olarak arazinin üst kısmına hâkim olan zayıf zemin olarak nitelendirilen bitkisel toprak sahadan uzaklaştırılmış sonra kazıdan çıkan ve dolguda kullanılacak malzeme karayolları teknik şartnamesinde belirtildiği şekilde incelenmiştir.

Dolgu yapımında kullanılacak malzeme içerisinde;

- Bitkisel toprak bulunmadığı,
- Ağaç, çalı, kök ve benzeri organik maddeler içermediği,
- Kömür, kömür tozu dâhil içten yanması söz konusu olan malzeme bulunmadığı,
- Bataklık veya suyla doygun hale gelmiş killi ve marnlı zeminler olmadığı,
- Süprüntü, enkaz gibi artık maddeler içermediği saptanmıştır.



Şekil 4.17: Bitkisel toprak kazısı

Arazide kazı ve dolguya başlamadan önce bitkisel toprak ve bazı lokal noktalarda bulunan ve üzerine dolgu yapılmasının uygun olmadığı tespit edilen malzeme araziden uzaklaştırılmıştır. (Şekil 4.17)



Şekil 4.18: Arazide kazı çalışmaları

Şekil 4.19' da görüldüğü üzere arazinin kazı yapılan kısımlarından alınan malzemedan optimum su muhtevasını sağlayan ve uygun gradasyona sahip olduğu belirlenen malzeme ile tabaka kalınlığı 30 cm olacak şekilde dozer ile serilerek kontrollü bir şekilde dolgu yapılmıştır.

İyi derecelenmiş kum olan dolgu malzemesi Modifiye proctor deneyi ile elde edilmiş maksimum kuru birim hacim ağırlık değerinin en az %95 'ine ulaşınca kadar silindir ile sıkıştırılmıştır.



Şekil 4.19: Dolgu alanı

#### **4.2.1. Dolgu sırasında yapılan arazi deneyleri**

##### **4.2.1.1. Arazide kompaksiyon parametrelerinin kontrolü**

Dolguda kullanılacak malzemedan alınan numuneler üzerinde yapılan Modifiye proctor deneyi sonuçlarına göre sahada uygulanan dolgunun ara katmanlarında rölatif kompaksiyonu %95 ve son katmanında ise %98 değerinden küçük olmamalıdır. Aynı

zamanda dolgu alanında farklı deformasyonların oluşmaması için rölatif kompaksiyon değerlerinin yaklaşık olarak aynı değerlerde olması gereklidir.

Yapılan dolguda homojenliği sağlamak için her tabakada Troxler 3440 ile en az 15 adet arazi yoğunluk deneyi yapılmıştır. Dolgu tabakaları için yapılan deneylere ait ortalama değerler Tablo 4.13 de verilmiştir. Tabloda da görüleceği üzere hem minimum rölatif kompaksiyon değeri aşılmış hem de bütün dolgu katmanlarında rölatif kompaksiyon değerleri ortalama %98 olarak bulunmuş ve homojenlik sağlanmıştır.

Tablo 4.13: Dolgu tabakalarında gözlenen ortalama nükleer metot deney sonuçları

Tabaka No	Deney Sayısı	Ortalama Islak BHA (kN/m <sup>3</sup> )	Ortalama Su Muhtavasası (w %)	Ortalama Kuru BHA (kN/m <sup>3</sup> )	Rölatif Sıkışma (%)
1	15	19,47	6,19	18,33	98,40
2	15	19,41	5,93	18,33	98,30
3	15	19,38	6,02	18,29	98,10
4	15	19,41	5,96	18,33	98,30
5	15	19,41	6,06	18,31	98,20
6	15	19,50	6,17	18,36	98,50
7	19	19,31	5,76	18,26	98,00
8	19	19,41	6,04	18,31	98,20
9	19	19,49	6,77	18,26	98,00
10	15	19,41	6,08	18,31	98,20
11	15	19,42	6,08	18,31	98,20
12	15	19,31	5,59	18,29	98,10
13	15	19,29	5,59	18,27	98,00
14	23	19,32	6,03	18,22	97,70
15	23	19,62	7,97	18,17	97,50
16	22	19,79	8,55	18,24	97,80
17	22	19,85	8,51	18,30	98,20
18	21	19,87	8,58	18,31	98,20
19	22	19,98	8,64	18,40	98,70

#### 4.2.1.2. Plaka yükleme deneyleri

Bu bölümde çalışmanın yapıldığı arazide dolgu çalışmaları sırasında farklı katmanlardan ve doğal zeminde, farklı yükler ile yapılmış plaka yükleme deney sonuçları zemin parametreleri ile birlikte detaylı bir şekilde verilmiştir. Yapılan dolgu için taşıma gücü plaka yükleme deneyleri sonucu bulunmuştur. Plaka yükleme deneylerinde Alman DIN 18134 standartları uygulanarak gerilme-şekil değiştirme grafikleri çizilmiş ve deneylerden deformasyon modülleri elde edilmiştir.

Dolgu malzemesi olarak kullanılan malzemenin özellikleri Tablo 4.4' de verilmişti. Buna göre kullanılan dolgu malzemesi homojen ve SW – SM (İyi derecelendirilmiş kum ve az silt) dir.

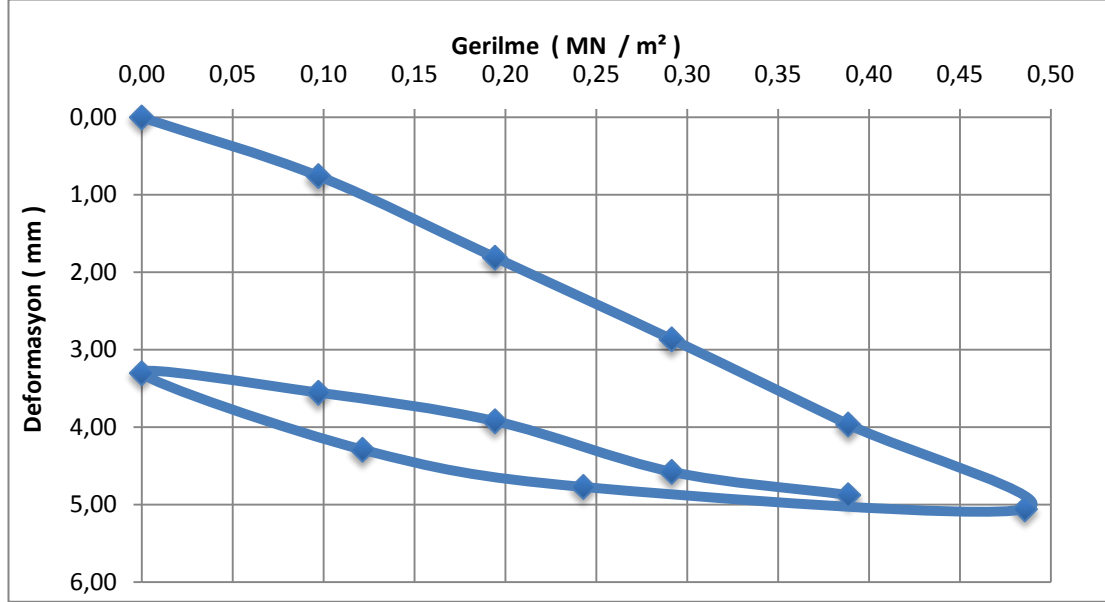


Şekil 4.20: Granüler dolgu üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi

Arazide yapılmış tipik bir plaka yükleme deney düzeneği Şekil 4.20'de görülmektedir.

Dolgu çalışması sırasında değişik dolgu tabakalarında ve doğal zemin üzerinde toplam 21 adet plaka yükleme deneyi yapılmıştır. Yapılan deneylerden bazılarında ait

Gerilme-Deformasyon eğrileri aşağıda gösterilmiştir. Tüm deneylere ait veriler ise Tablo 4.14' te detaylı olarak özetlenmiştir.



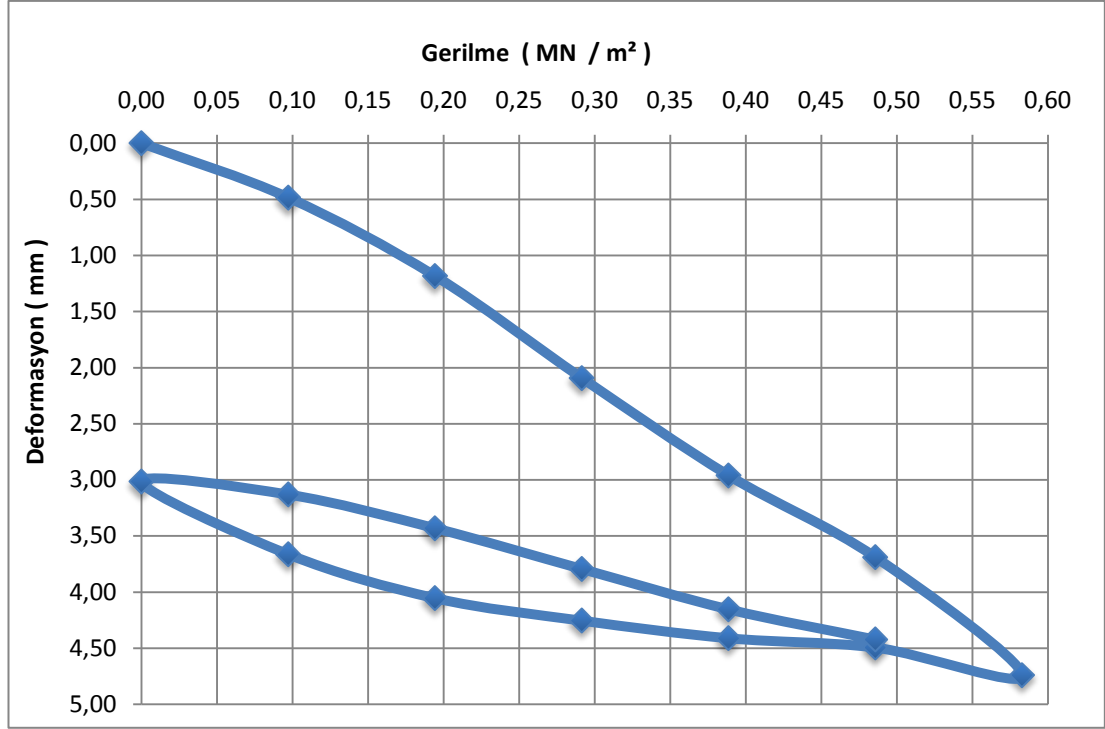
	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0,350	0,150	3,51	1,33	0,200	2,18
2	0,315	0,135	4,61	3,75	0,180	0,86

$E_v = 1,5 \times r \times (\Delta P / \Delta S)$		
Ev 1 =	20,6	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	47,1	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	2,28
---------------	------

Şekil 4.21: Granüler dolgu 7. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Granüler dolgu çalışmasında, 13.10.2008 tarihinde 7. tabakada ve N40.84463° ve E29.42231° koordinatlarında yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.21’ de gösterilmiştir. Dolgu çalışması sırasında vibrasyonlu sıkıştırma sonrasında nükleer BHA ölçer ile yapılan inceleme sonucunda rölatif kompaksiyonun %97,34, su muhtevasının %5 ve ıslak yoğunluğunun 19,05 kN/m<sup>3</sup> olduğu saptanmıştır. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekil’de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı  $k_s$  112000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



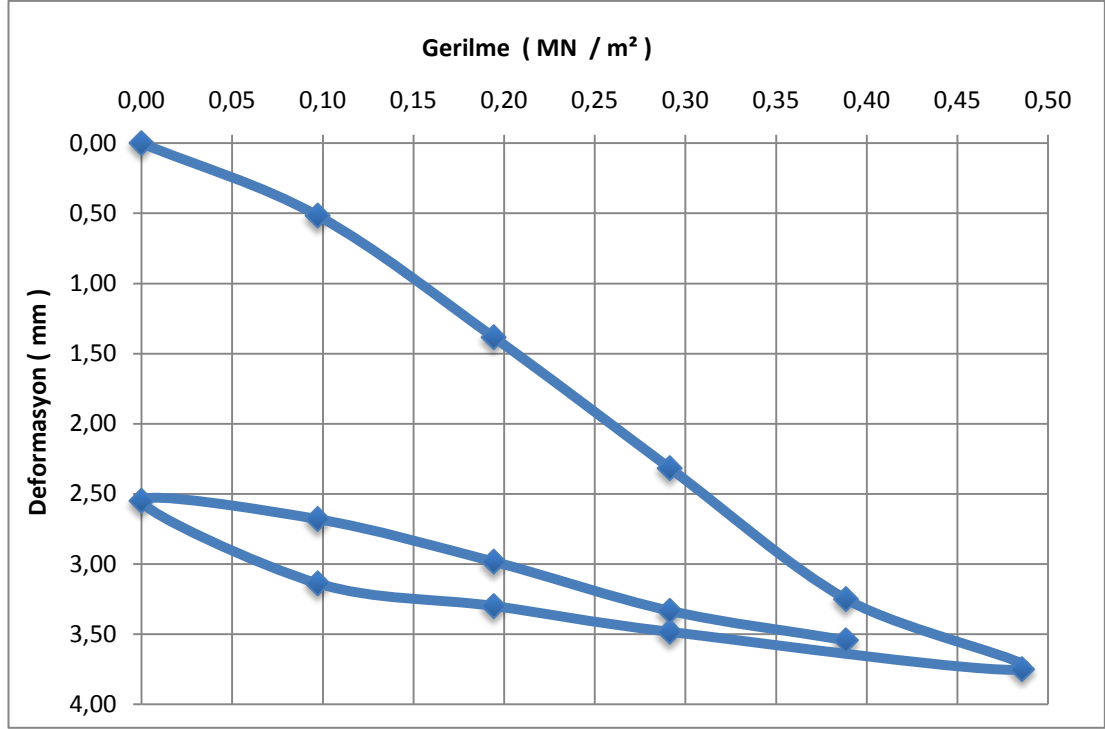
	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0,350	0,150	2,59	0,80	0,200	1,79
2	0,315	0,135	3,77	3,18	0,180	0,59

$E_v = 1,5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
Ev 1 =	25,10	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	68,60	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	2,73
---------------	------

Şekil 4.22: Granüler dolgu 8. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Granüler dolgu çalışmasında, 22.10.2008 tarihinde 8. tabakada ve N40.84505° ve E29.42199° koordinatlarında yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.22’ de gösterilmiştir. Dolgu çalışması sırasında vibrasyonlu sıkıştırma sonrasında nükleer BHA ölçer ile yapılan inceleme sonucunda rölatif kompaksiyonun %96,42, su muhtevasının %6 ve ıslak yoğunlunun 19,05 kN/m<sup>3</sup> olduğu saptanmıştır. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı  $k_s$  176800 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



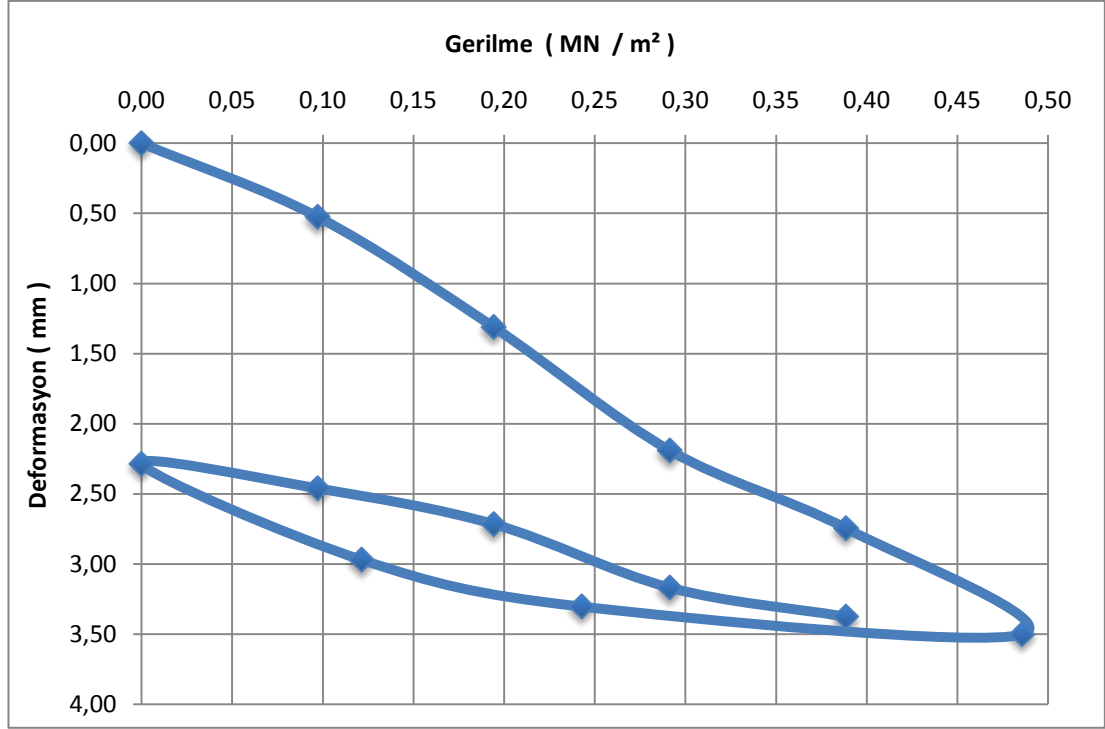
	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ (MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ (mm)
1	0,350	0,150	2,85	0,96	0,200	1,89
2	0,315	0,135	3,38	2,77	0,180	0,61

$E_v = 1,5 \times r \times (\Delta P / \Delta S)$		
Ev 1 =	23,80	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	66,40	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	2,79
---------------	------

Şekil 4.23: Granüler dolgu 8. tabaka üzerinde yapılan 2. plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Granüler dolgu çalışmasında, 22.10.2008 tarihinde 8. tabakada ve N40.84460° ve E29.42333° koordinatlarında yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.23’ te gösterilmiştir. Dolgu çalışması sırasında vibrasyonlu sıkıştırma sonrasında nükleer BHA ölçer ile yapılan inceleme sonucunda rölatif kompaksiyonun %99,41, su muhtevasının %6,0 ve ıslak yoğunluğunun 19,64 kN/m<sup>3</sup> olduğu saptanmıştır. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan Ev<sub>1</sub> ve Ev<sub>2</sub> deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı k<sub>s</sub> 144000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



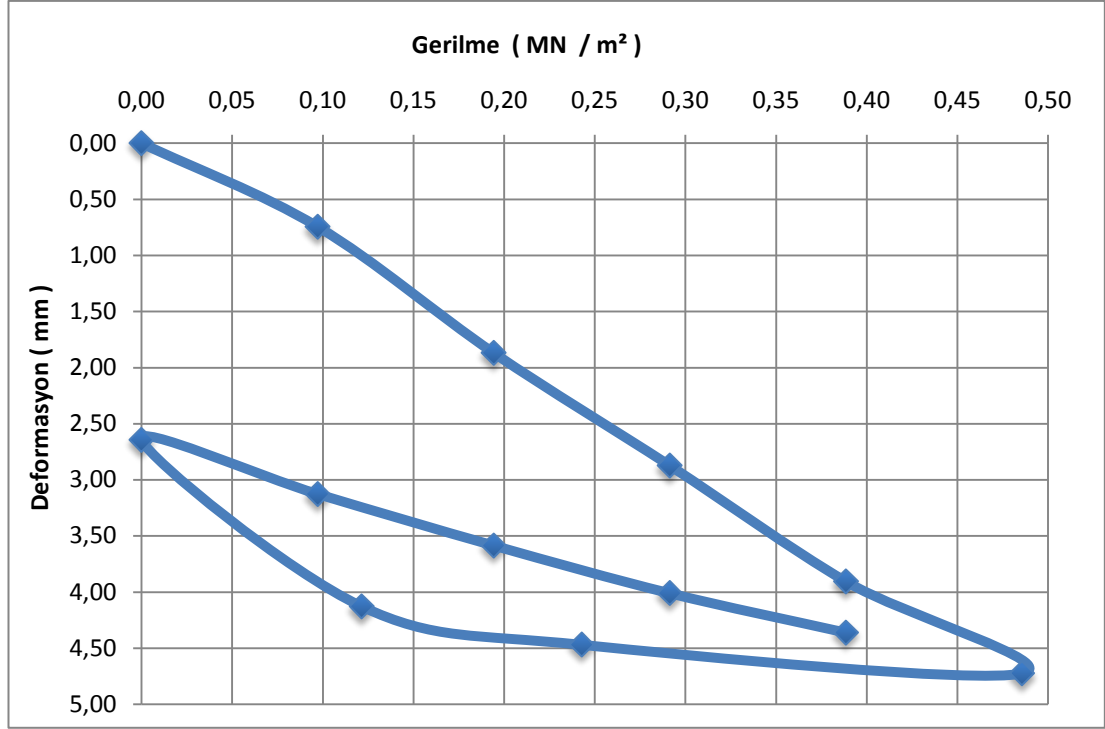
	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0,350	0,150	2,52	0,91	0,200	1,61
2	0,315	0,135	3,21	2,58	0,180	0,63

$E_v = 1,5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
Ev 1 =	28,0	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	64,3	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	2,30
---------------	------

Şekil 4.24: Granüler dolgu 9. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Granüler dolgu çalışmasında, 24.10.2008 tarihinde 9. tabakada ve N40.84493° ve E29.42188° koordinatlarında yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.24’ de gösterilmiştir. Dolgu çalışması sırasında vibrasyonlu sıkıştırma sonrasında nükleer BHA ölçer ile yapılan inceleme sonucunda rölatif kompaksiyonun %99,01, su muhtevasının %6,8 ve ıslak yoğunluğunun 19,71 kN/m<sup>3</sup> olduğu saptanmıştır. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı  $k_s$  152000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



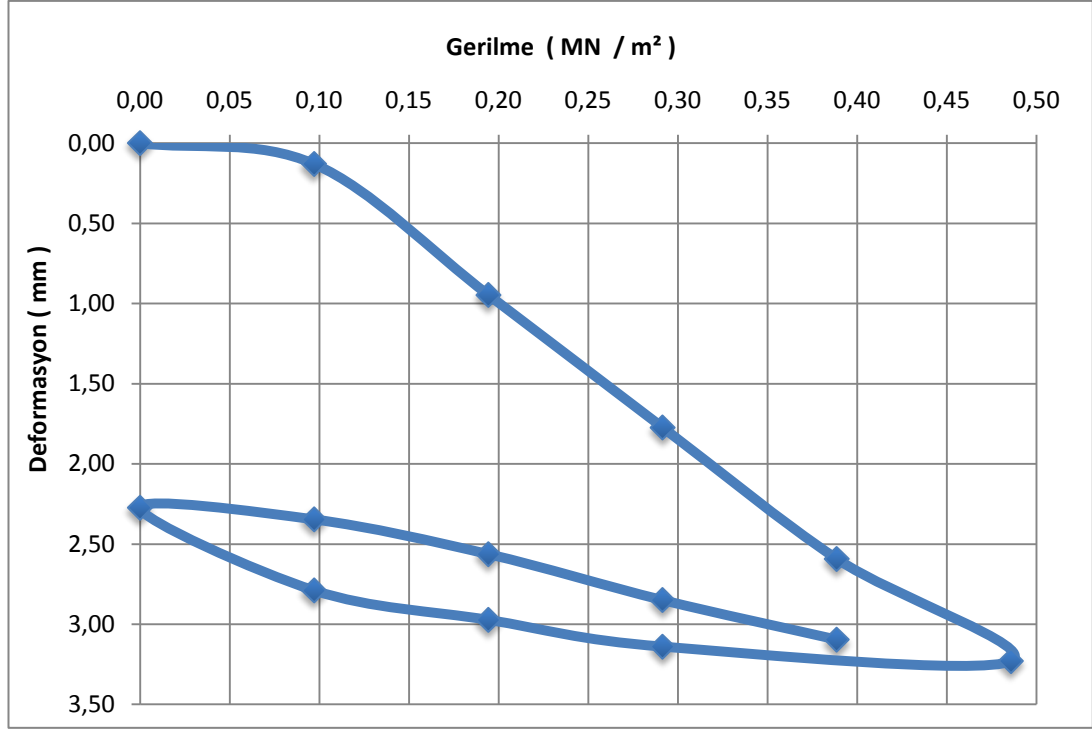
	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0,350	0,150	3,49	1,39	0,200	2,10
2	0,315	0,135	4,09	3,31	0,180	0,78

$E_v = 1,5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
Ev 1 =	21,4	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	51,9	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	2,42
---------------	------

Şekil 4.25: Granüler dolgu 10. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Granüler dolgu çalışmasında, 24.10.2008 tarihinde 10. tabakada ve N40.84472° ve E29.42199° koordinatlarında yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.25’ de gösterilmiştir. Dolgu çalışması sırasında vibrasyonlu sıkıştırma sonrasında nükleer BHA ölçer ile yapılan inceleme sonucunda rölatif kompaksiyonun %97,26, su muhtevasının %5,2 ve ıslak yoğunluğunun 19,07 kN/m<sup>3</sup> olduğu saptanmıştır. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı  $k_s$  116000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



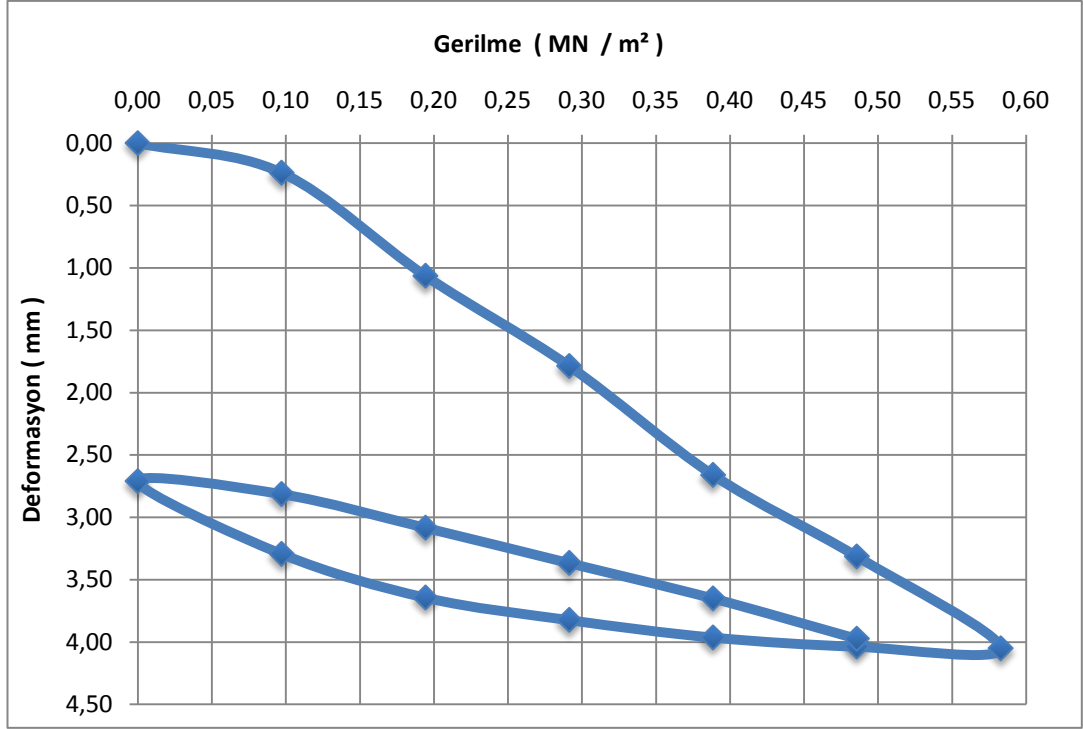
	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0.350	0.150	2.25	0.57	0.200	1.68
2	0.315	0.135	2.88	2.41	0.180	0.47

$E_v = 1,5 \times r \times (\Delta P / \Delta S)$		
$E_{v1} =$	26.8	MN/m <sup>2</sup>
$E_{v2} =$	86.2	MN/m <sup>2</sup>

$E_{v2} / E_{v1} =$	3.22
---------------------	------

Şekil 4.26: Granüler dolgu 13. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Granüler dolgu çalışmasında, 10.11.2008 tarihinde 13. tabakada ve N40.84541° ve E29.42208° koordinatlarında yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.26’ da gösterilmiştir. Dolgu çalışması sırasında vibrasyonlu sıkıştırma sonrasında nükleer BHA ölçer ile yapılan inceleme sonucunda rölatif kompaksiyonun %97.5, su muhtevasının %5.37 ve ıslak yoğunluğunun 19,20 kN/m<sup>3</sup> olduğu saptanmıştır. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı  $k_s$  180000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



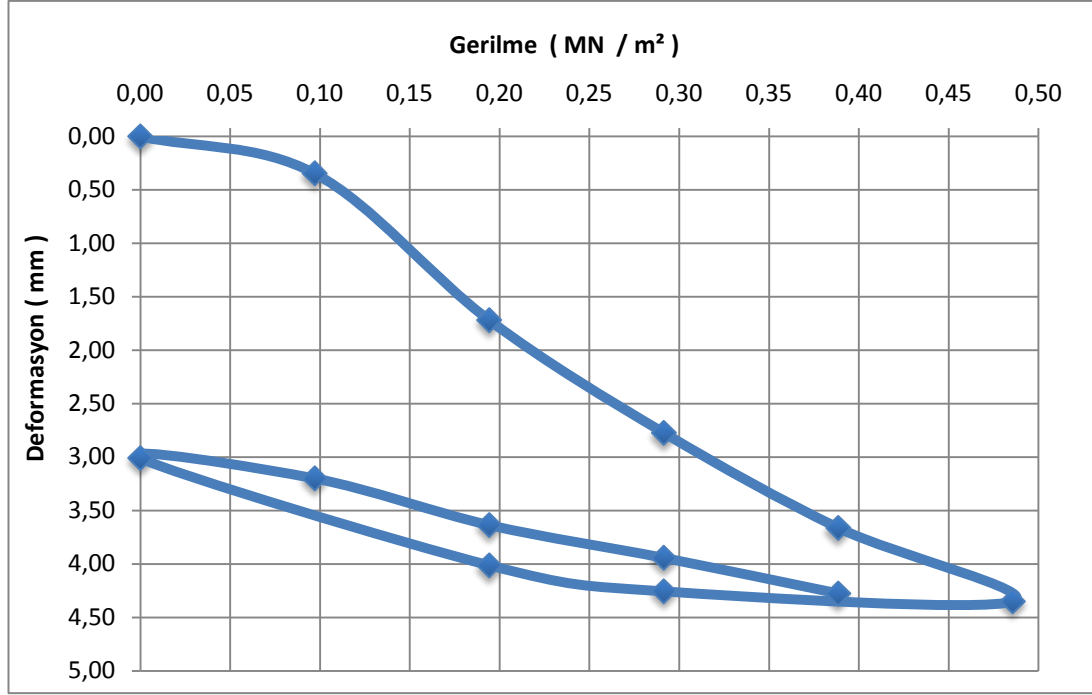
	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ (MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ (mm)
1	0.350	0.150	2.33	0.73	0.200	1.60
2	0.315	0.135	3.45	2.85	0.180	0.60

$E_v = 1.5 \times r \times (\Delta P / \Delta S)$		
$E_{v1} =$	28.2	MN/m <sup>2</sup>
$E_{v2} =$	67.5	MN/m <sup>2</sup>

$E_{v2} / E_{v1} =$	2.39
---------------------	------

Şekil 4.27: Granüler dolgu 13.tabaka üzerinde yapılan 2. plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Granüler dolgu çalışmasında, 10.11.2008 tarihinde 13. tabakada ve N40.84534° ve E29.42204° koordinatlarında yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.27’ de gösterilmiştir. Dolgu çalışması sırasında vibrasyonlu sıkıştırma sonrasında nükleer BHA ölçer ile yapılan inceleme sonucunda rölatif kompaksiyonun %97.5, su muhtevasının %5.3 ve ıslak yoğunluğunun 19,27 kN/m<sup>3</sup> olduğu saptanmıştır. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı  $k_s$  176000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



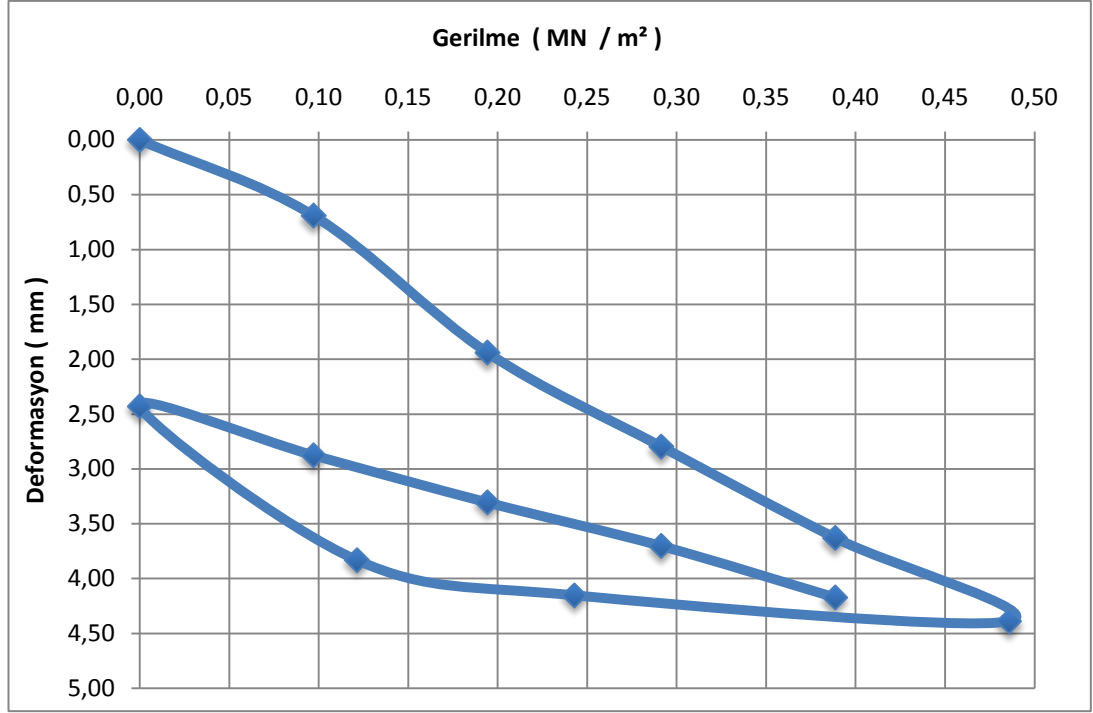
	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0.350	0.150	3.33	1.24	0.200	2.09
2	0.315	0.135	4.01	3.30	0.180	0.71

$E_v = 1.5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
$E_{v1} =$	21.5	MN/m <sup>2</sup>
$E_{v2} =$	57.0	MN/m <sup>2</sup>

$E_{v2} / E_{v1} =$	2.65
---------------------	------

Şekil 4.28: Granüler dolgu 14. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Granüler dolgu çalışmasında, 17.11.2008 tarihinde 14. tabakada ve N40.84538° ve E29.42209° koordinatlarında yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.28’ de gösterilmiştir. Dolgu çalışması sırasında vibrasyonlu sıkıştırma sonrasında nükleer BHA ölçer ile yapılan inceleme sonucunda rölatif kompaksiyonun %97.5, su muhtevasının %5.2 ve ıslak yoğunluğunun 19,17 kN/m<sup>3</sup> olduğu saptanmıştır. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı  $k_s$  128000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



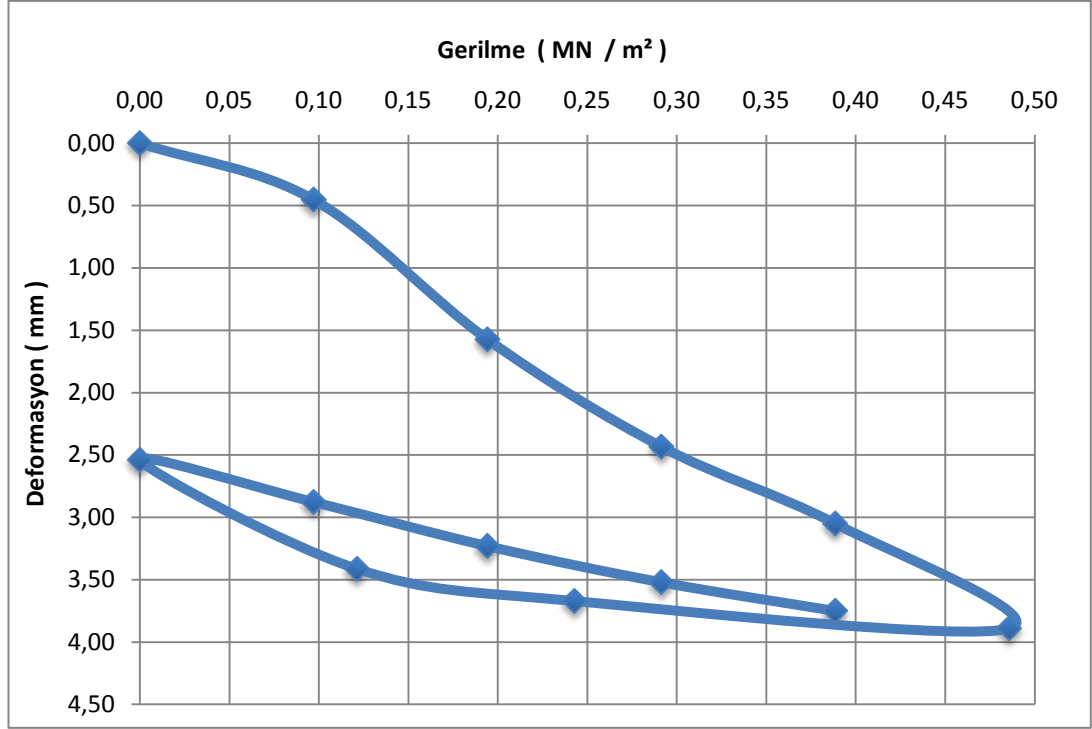
	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ (MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ (mm)
1	0.350	0.150	3.30	1.55	0.200	1.75
2	0.315	0.135	3.78	3.04	0.180	0.74

$E_v = 1.5 \times r \times (\Delta P / \Delta S)$		
$E_{v1} =$	25.7	MN/m <sup>2</sup>
$E_{v2} =$	54.7	MN/m <sup>2</sup>

$E_{v2} / E_{v1} =$	2.13
---------------------	------

Şekil 4.29: Granüler dolgu 18. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Granüler dolgu çalışmasında, 13.12.2008 tarihinde 18. tabakada ve N40.84458° ve E29.42372° koordinatlarında yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.29’ da gösterilmiştir. Dolgu çalışması sırasında vibrasyonlu sıkıştırma sonrasında nükleer BHA ölçer ile yapılan inceleme sonucunda rölatif kompaksiyonun %99, su muhtevasının %4,1 ve ıslak yoğunluğunun 19,16 kN/m<sup>3</sup> olduğu saptanmıştır. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı  $k_s$  108000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



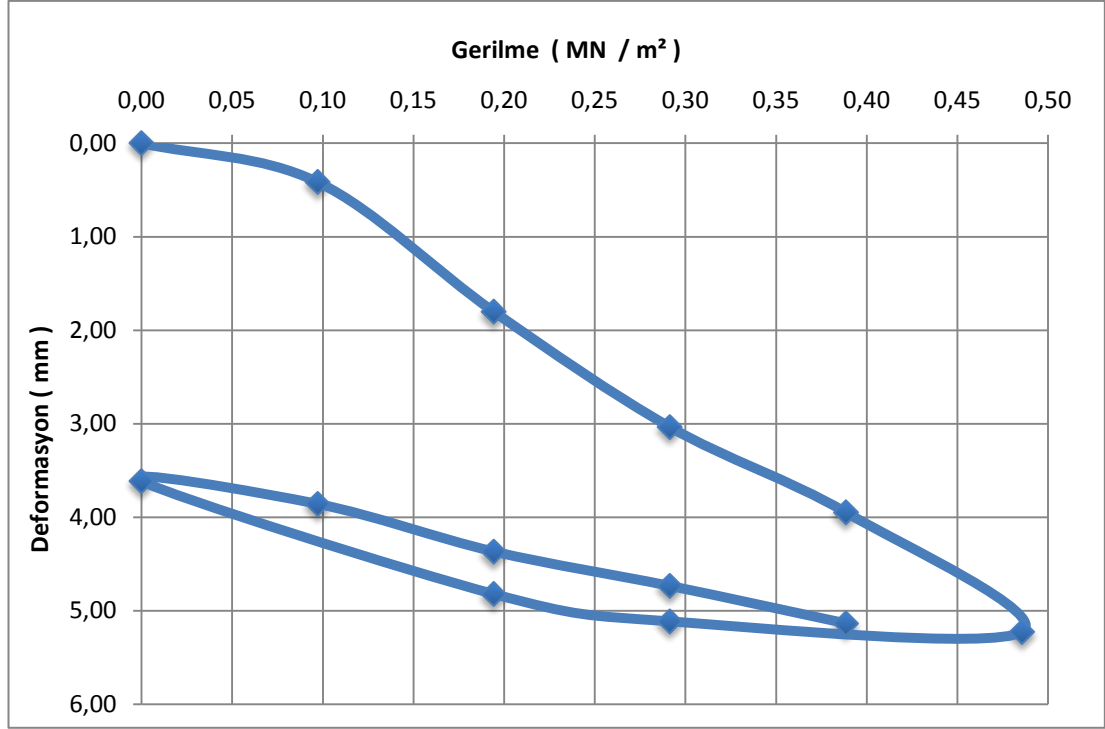
	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ (MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ (mm)
1	0.350	0.150	2.82	1.18	0.200	1.64
2	0.315	0.135	3.59	2.98	0.180	0.61

$E_v = 1.5 \times r \times (\Delta P / \Delta S)$		
$E_{v1} =$	27.5	MN/m <sup>2</sup>
$E_{v2} =$	66.4	MN/m <sup>2</sup>

$E_{v2} / E_{v1} =$	2.42
---------------------	------

Şekil 4.30: Granüler dolgu 19. tabaka üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Granüler dolgu çalışmasında, 26.12.2008 tarihinde 19. tabakada ve N40.84510° ve E29.42216° koordinatlarında yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.30’ da gösterilmiştir. Dolgu çalışması sırasında vibrasyonlu sıkıştırma sonrasında nükleer BHA ölçer ile yapılan inceleme sonucunda rölatif kompaksiyonun %97, su muhtevasının %5,5 ve ıslak yoğunluğunun 19,50 kN/m<sup>3</sup> olduğu saptanmıştır. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı  $k_s$  136000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



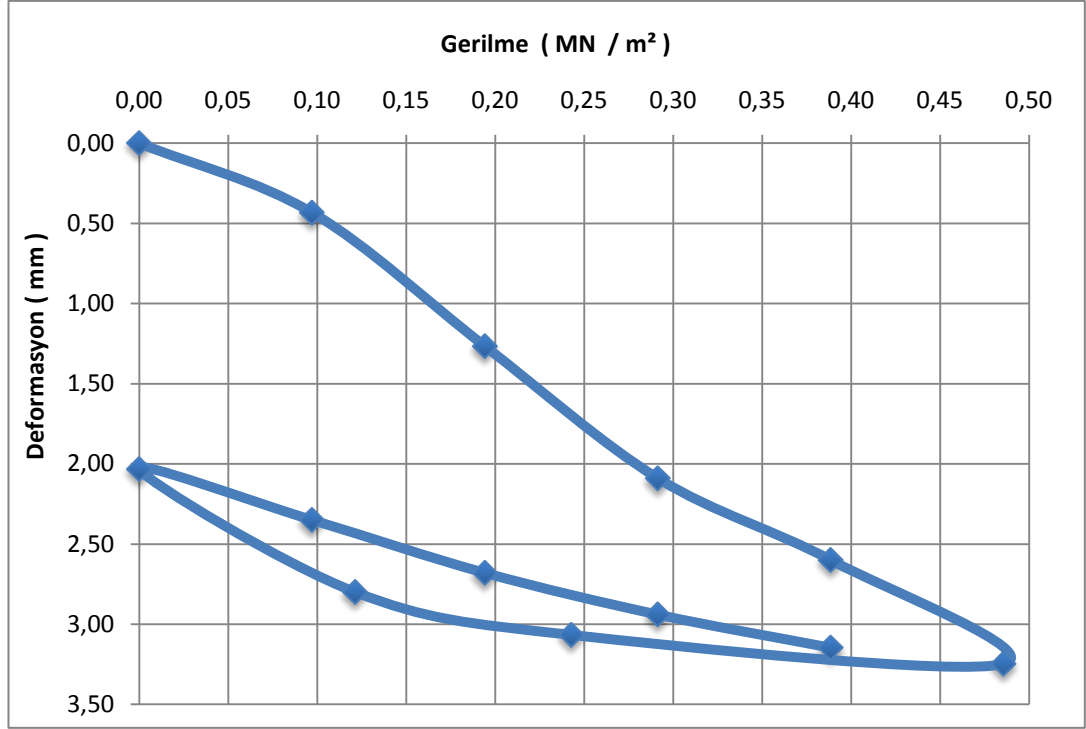
	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ (MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ (mm)
1	0,350	0,150	3,51	1,12	0,200	2,39
2	0,315	0,135	4,72	4,09	0,180	0,63

$E_v = 1,5 \times r \times (\Delta P / \Delta S)$		
Ev 1 =	18,80	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	64,30	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	3,41
---------------	------

Şekil 4.31: Granüler dolgu 19. tabaka üzerinde yapılan 2. plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Granüler dolgu çalışmasında, 26.12.2008 tarihinde 19. tabakada ve N40.84522° ve E29.42202° koordinatlarında yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.31’ de gösterilmiştir. Dolgu çalışması sırasında vibrasyonlu sıkıştırma sonrasında nükleer BHA ölçer ile yapılan inceleme sonucunda rölatif kompaksiyonun %97,8, su muhtevasının %8,6 ve ıslak yoğunluğunun 19,65 kN/m<sup>3</sup> olduğu saptanmıştır. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan Ev<sub>1</sub> ve Ev<sub>2</sub> deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı k<sub>s</sub> 124000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



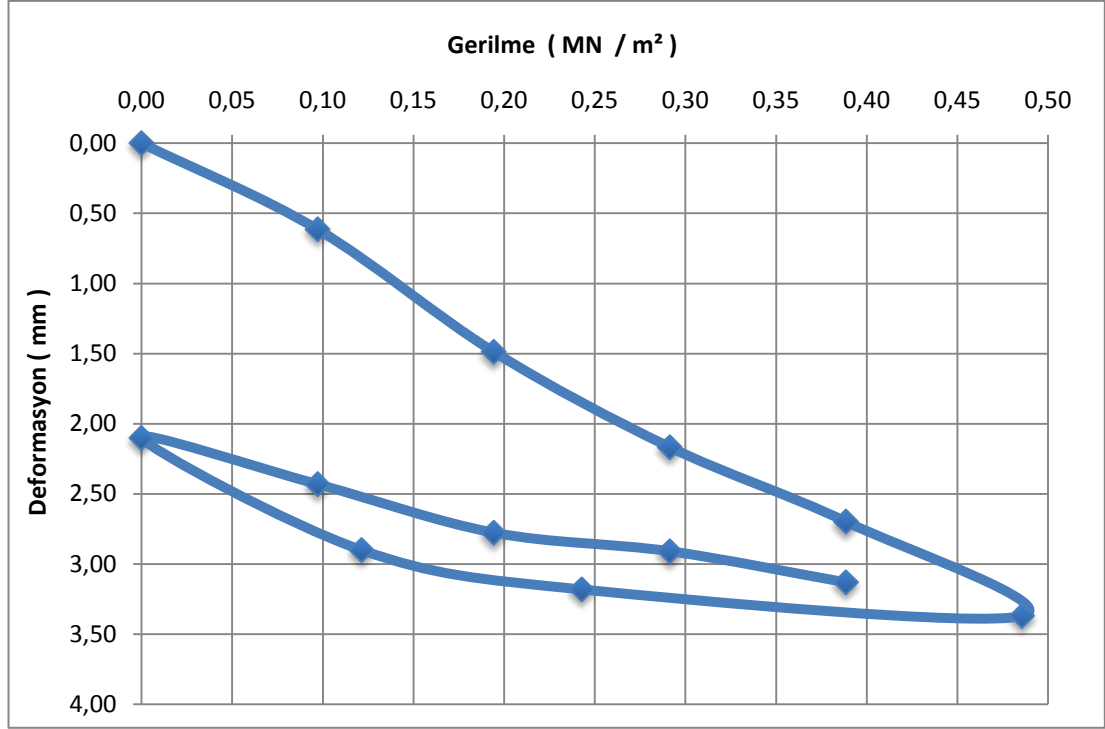
	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ (MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ (mm)
1	0.350	0.150	2.40	0.89	0.200	1.51
2	0.315	0.135	2.90	2.48	0.180	0.42

$E_v = 1.5 \times r \times (\Delta P / \Delta S)$		
$E_{v1} =$	29.8	MN/m <sup>2</sup>
$E_{v2} =$	96.4	MN/m <sup>2</sup>

$E_{v2} / E_{v1} =$	3.23
---------------------	------

Şekil 4.32: Tabii zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Tabii zemin üzerinde 12.12.2008 tarihinde N40.84458° ve E29.42372° koordinatlarında dolgu ile kıyaslamak amacıyla yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.32’ de gösterilmiştir. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı  $k_s$  152000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



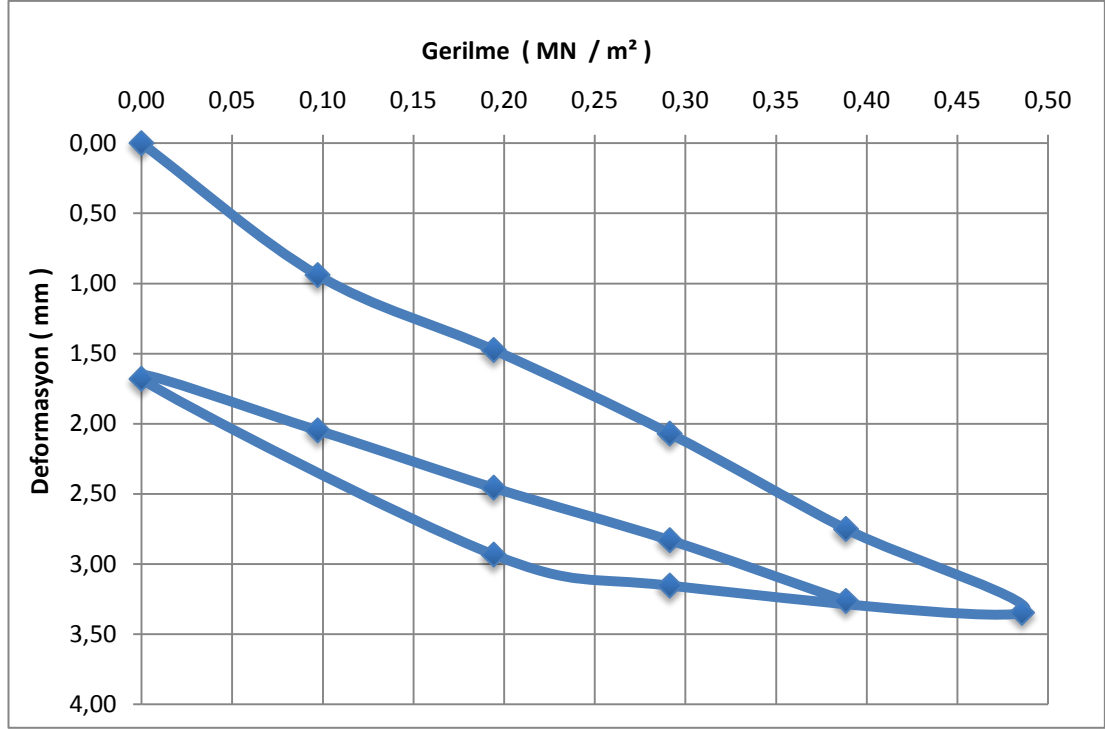
Kurve	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0,350	0,150	2,47	1,08	0,200	1,39
2	0,315	0,135	2,90	2,57	0,180	0,33

$E_v = 1,5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
Ev 1 =	32,4	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	122,7	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	3,79
---------------	------

Şekil 4.33: Tabii zemin üzerinde yapılan 2. plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Tabii zemin üzerinde 12.12.2008 tarihinde N40.84454° ve E29.42370° koordinatlarında dolgu ile kıyaslamak amacıyla yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.33’ de gösterilmiştir. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı  $k_s$  132000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.



Kurve	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0,350	0,150	2,48	1,20	0,200	1,28
2	0,315	0,135	2,88	2,16	0,180	0,72

$E_v = 1,5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
Ev 1 =	35,2	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	56,3	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	1,60
---------------	------

Şekil 4.34: Tabii zemin üzerinde yapılan 3 .plaka yükleme deneyi(DIN 18 134) gerilme deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Tabii zemin üzerinde 12.12.2008 tarihinde N40.84453° ve E29.42376° koordinatlarında dolgu ile kıyaslamak amacıyla yapılan plaka yükleme deneyine ait gerilme–deformasyon grafiği Şekil 4.34’ de gösterilmiştir. 30 cm çaplı plaka kullanılan deney DIN normlarına uygun olarak yapılmıştır deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekil ‘de gösterilmiştir. Yapılan deney sonucunda yatak katsayısı  $k_s$  126000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

Sıra No	Tarih	Tabaka No	w (%)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_a$ (kN/m <sup>3</sup> )	R (%)	$S_{max}$ (mm)	$S_{ult}$ (mm)	Ev1 (MN/m <sup>2</sup> )	Ev2 (MN/m <sup>2</sup> )	Ev2 / Ev1	$k_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	Max. Gerilme (MN/m <sup>2</sup> )
1	13.10.2008	7	5,20	19,20	18,25	97,92%	4,28	2,79	23,00	68,60	2,99	128000	0,486
2	13.10.2008	7	5,00	19,05	18,14	97,34%	5,06	3,30	20,60	47,10	2,28	118400	0,486
3	22.10.2008	8	5,30	19,51	18,53	99,40%	3,78	2,53	30,00	73,60	2,45	184000	0,583
4	22.10.2010	8	6,00	19,64	18,53	99,41%	3,75	2,55	23,80	66,40	2,79	144000	0,486
5	22.10.2008	8	6,00	19,05	17,97	96,42%	4,74	3,01	25,10	68,60	2,73	176800	0,583
6	24.10.2008	9	6,80	19,71	18,46	99,01%	3,50	2,29	28,00	64,30	2,30	152000	0,486
7	24.10.2008	10	5,50	19,10	18,10	97,13%	4,65	3,27	18,00	54,00	3,00	140000	0,486
8	24.10.2008	10	5,20	19,07	18,13	97,26%	4,72	2,64	21,40	51,90	2,42	116000	0,486
9	10.11.2008	13	5,37	19,20	18,22	97,50%	3,23	2,27	26,80	86,20	3,22	180000	0,486
10	10.11.2008	13	5,40	19,36	18,37	98,55%	3,70	2,60	22,50	81,00	3,60	172000	0,486
11	10.11.2008	13	5,39	19,27	18,28	97,50%	4,05	2,71	28,20	67,50	2,39	176000	0,583
12	17.11.2008	14	5,20	19,17	18,22	97,50%	4,35	3,01	21,50	57,00	2,65	128000	0,486
13	17.11.2008	14	5,40	19,10	18,12	97,22%	4,73	3,27	17,80	57,90	3,25	128000	0,486
14	13.12.2008	18	4,10	19,16	18,41	99,00%	4,39	2,43	25,70	54,70	2,13	108000	0,486
15	13.12.2008	18	8,10	19,75	18,27	98,02%	4,15	2,34	24,30	60,40	2,49	124000	0,486
16	26.12.2008	19	5,50	19,50	18,48	97,00%	3,89	2,54	27,50	66,40	2,42	136000	0,486
17	26.12.2008	19	8,60	19,65	18,09	97,08%	5,23	3,61	18,80	64,30	3,41	124000	0,486
18	26.12.2008	19	8,60	20,02	18,43	98,90%	4,78	2,59	22,20	46,00	2,08	104000	0,486
19	12.12.2009	D.Zemin	-	-	-	-	3,25	2,03	29,80	96,40	3,23	152000	0,486
20	12.12.2008	D.Zemin	-	-	-	-	3,37	2,10	32,40	122,70	3,79	132000	0,486
21	26.12.2008	D. Zemin	-	-	-	-	3,35	1,68	35,20	56,30	1,60	120000	0,486

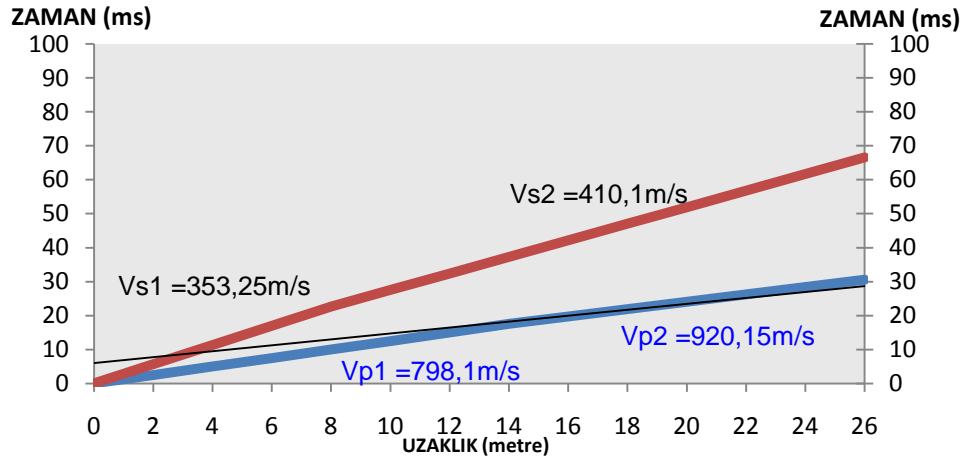
Tablo 4.14: Arazide yapılan plaka yükleme deneylerine ait veriler.

## 4.2.2. Dolgu çalışması sonrasında yapılan arazi deneyleri

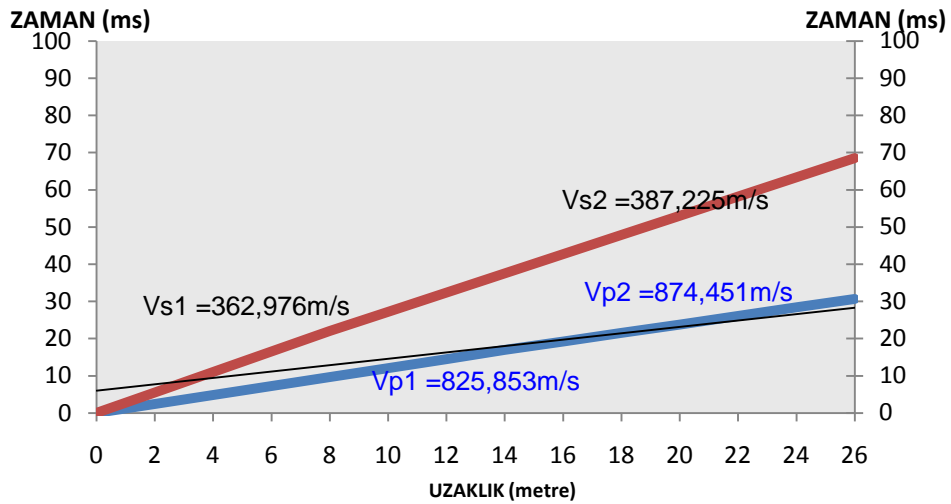
### 4.2.2.1. Sismik kırılma deneyi

Arazide yapılan dolgu çalışmasından sonra fabrika taban döşemesi altına gelen kısımda dolgu kalitesini ve dolgu tabakalarının son durumu görebilmek için dört serim sismik kırılma deneyi yapılmıştır.

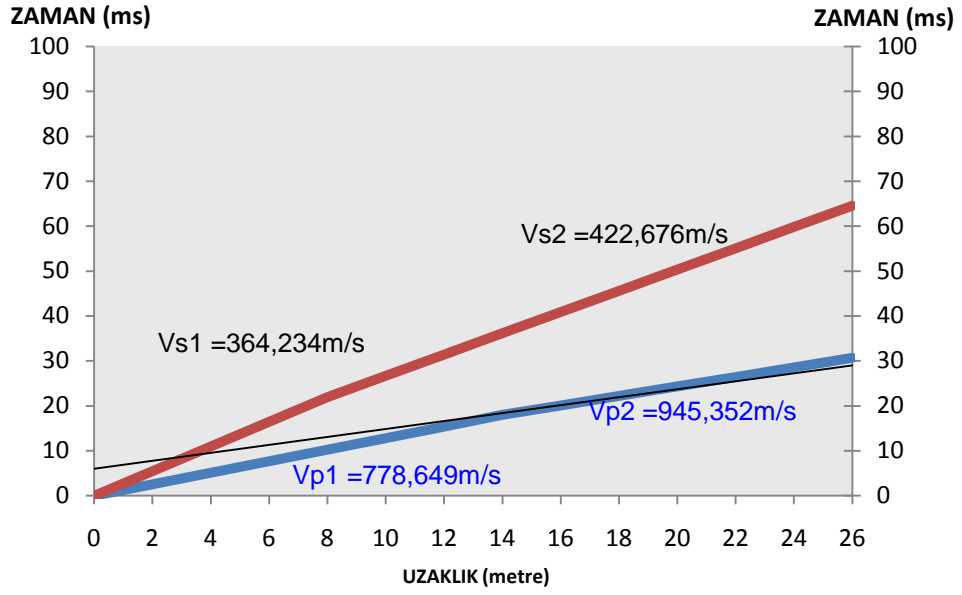
Dolgu sonrasında yapılan sismik kırılma deneylerine ait uzaklık – zaman grafikleri aşağıdaki gibi bulunmuştur.



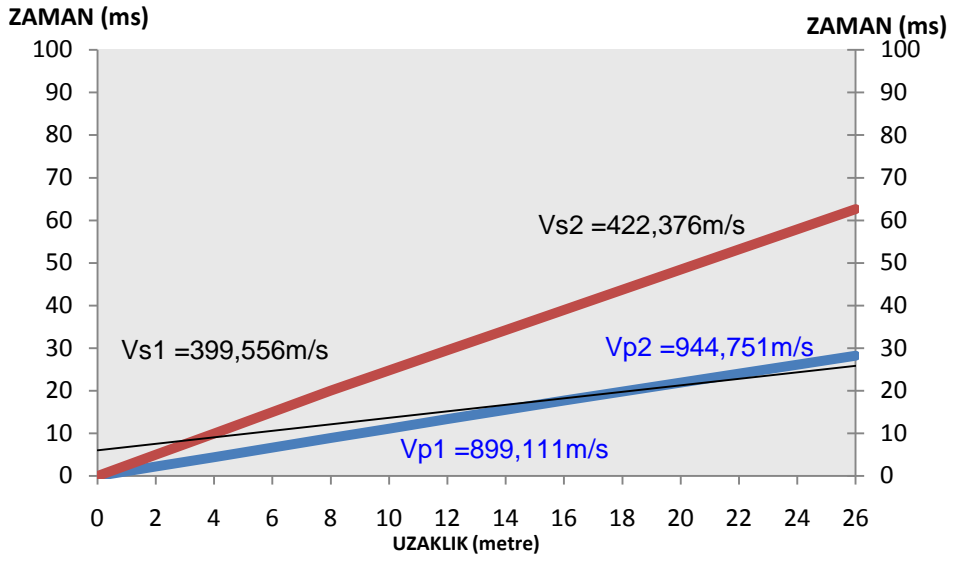
Şekil 4.35: Dolgu sonrası Sismik-1'e ait uzaklık – zaman grafiği



Şekil 4.36: Dolgu sonrası Sismik-2'ye ait uzaklık – zaman grafiği



Şekil 4.37: Dolgu sonrası Sismik-3'e ait uzaklık – zaman grafiği



Şekil 4.38: Dolgu sonrası Sismik-4'e ait uzaklık – zaman grafiği

Yapılan sismik kırılma deneyleri sonucunda uzaklık – zaman grafiklerinden elde edilen zemin parametreleri tablo 4.15' de özetlenmiştir.

	SİSMİK-1		SİSMİK-2		SİSMİK-3		SİSMİK-4	
	Tabaka-1	Tabaka-2	Tabaka-1	Tabaka-2	Tabaka-1	Tabaka-2	Tabaka-1	Tabaka-2
Boyuna Dalga Hızı $V_p$ (m/sn)	798,10	920,15	825,953	874,451	778,649	945,532	899,111	944,751
Kayma Dalgası Hızı $V_s$ (m/sn)	353,25	410,10	362,976	387,225	364,234	422,676	399,556	422,376
Katman Kalınlığı (m)	3,75	10,00	5,14	7,96	4,66	9,38	3,09	8,57
Yoğunluk ( $kN/m^3$ )	16,16	16,75	16,30	16,54	16,06	16,86	16,65	16,86
∞ Kayma Modülü $G$ ( $kN/m^2$ )	201701,61	281692,25	214795,59	247965,55	213121,42	301276,28	265851,64	300786,62
Elastisite Modülü $E$ ( $kN/m^2$ )	555962,85	775252,15	592974,60	683412,74	579667,49	828589,33	732134,47	827220,79
Poisson Oranı	0,38	0,38	0,38	0,38	0,36	0,38	0,38	0,38
Bulk Modülü $k$ ( $kN/m^2$ )	760643,46	1042529,15	825799,00	933927,88	689817,11	1105954,16	991734,45	1103806,55
Taşıma Gücü $q_u$ ( $kN/m^2$ )	570,99	686,89	591,76	640,37	585,12	712,78	665,37	712,13
Zemin Emniyet Gerilmesi ( $kN/m^2$ )	252,73	306,14	260,06	283,57	273,71	318,63	295,68	318,38

Tablo 4.15: Dolgu sonrası yapılan sismik kırılma deneyi sonuçlarına göre zemin parametreleri.

Yapılan dolgu çalışmasında dolgu yüksekliği yaklaşık 6m olarak tamamlanmıştır. Tablo 4.16' ya bakıldığında tabaka-1 kalınlığının ortalama değeri 4,16m olarak bulunmuştur. Yani tabaka-1 değerleri dolgu zeminine ait zemin değerleri olarak kabul edilebilir. Aynı şekilde tabaka-2 tabii zemin olarak kabul edilebilir.

Tablo 4.16: Dolgu sonrası yapılan sismik kırılma deneyi sonuçlarına göre zemin parametreleri ortalama değerleri.

	<b>Tabaka-1 (Ortalama)</b>	<b>Tabaka-2 (Ortalama)</b>
Boyuna Dalga Hızı $V_p$ (m/sn)	825,45	921,22
Kayma Dalgası Hızı $V_s$ (m/sn)	370,00	410,59
Katman Kalınlığı (m)	4,16	8,98
Yoğunluk ( $kN/m^3$ )	16,30	16,75
Kayma Modülü $G$ ( $kN/m^2$ )	223867,56	282930,17
Elastisite Modülü $E$ ( $kN/m^2$ )	615184,85	778618,76
Poisson Oranı	0,37	0,38
Bulk Modülü $k$ ( $kN/m^2$ )	816998,50	1046554,43
Taşıma Gücü $q_u$ ( $kN/m^2$ )	603,31	688,04
Zemin Emniyet Gerilmesi ( $kN/m^2$ )	270,54	306,68

Tablo 4.16' ya bakıldığında tabaka-1 için ortalama taşıma gücü  $603,31 kN/m^2$  iken tabaka için  $688,04 kN/m^2$  olarak bulunmuştur. Buna göre tabii zemin ve dolgu zemin taşıma güçleri arasında %12'lik bir fark olduğu görülmektedir.

#### 4.2.2.2. Plaka Yükleme Deneyleri

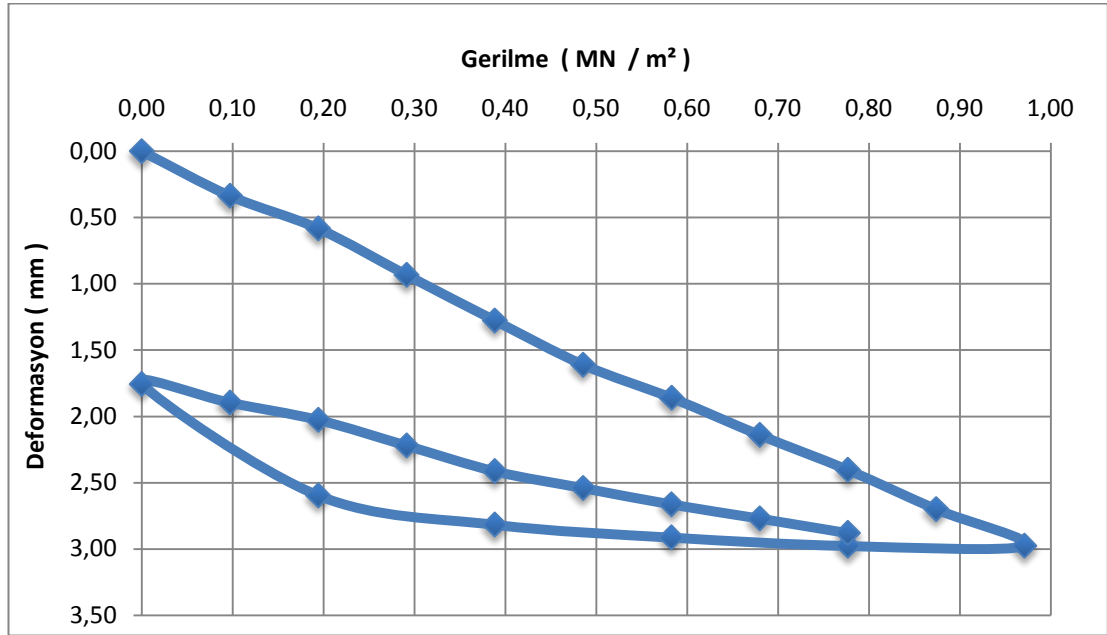
İnşası yapılan tesisin kullanım amacından kaynaklanan, taban döşemesi üzerinde yüksek tonajlı forklift dolaşacak olması ve imal edilen ürünlerin döşeme üzerinde depolanacağından döşeme altına denk gelen kısımlarda oturmaların minimum ve dayanımın yüksek olması amaçlanmıştır.

Saha kotunun granüler dolgu çalışması sonrasında proje kotuna getirilmesinden sonra, taban döşeme betonlarının dökülmesinden önce son dolgu tabakasında ve

doğal zemin üzerinde plaka yükleme deneyleri yapılmıştır. Son katman üzerinde plaka yükleme deneyi yapılırken uygulanacak maksimum gerilme, proje yüklerini karşılayacak şekilde seçilmiştir. Son katmanda yapılan plaka yükleme deneylerinde maksimum 0,971 MN/m<sup>2</sup>'lik bir gerilme uygulanmıştır. Bu gerilmeyi karşılamak amacı ile karşı yük olarak 25 tonluk ekskavatör kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada 7 adedi doğal zemin, 9 adedi dolgu zeminde olmak üzere toplam 16 adet plaka yükleme deneyi yapılmıştır.

Zeminde oluşacak oturmaların kontrolü amacıyla yapılan plaka yükleme deneyleri bu bölümde detaylı olarak gösterilmiştir.



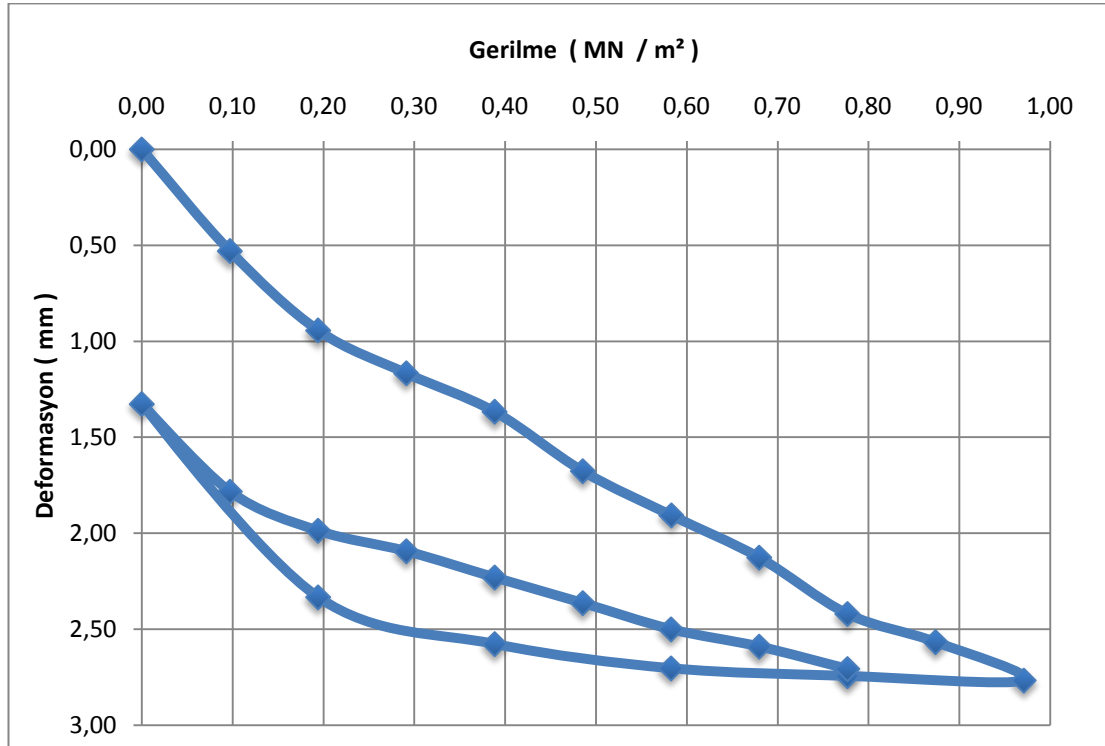
Kurve	P2	P1	S2	S1	ΔP ( MN/m <sup>2</sup> )	ΔS ( mm )
1	0,350	0,150	1,14	0,47	0,200	0,67
2	0,315	0,135	2,27	1,95	0,180	0,32

$E_v = 1,5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
Ev 1 =	67,2	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	126,7	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	1,89
---------------	------

Şekil 4.39: Dolgu sonrası döşeme altı tabi zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Şekil 4.39' da verilen deney 06.12.2009 tarihinde granüler dolgu çalışması sonrasında taban döşemesi altında tabi zeminde, B-25,B-26/ C-25,C-26 aksları arasında yapılmıştır. Deneyde maksimum gerilme olarak 0,971 MN/m<sup>2</sup> gerilme uygulanmıştır. Elek analizi sonuçlarına göre zeminin SW-SM (İyi derecelendirilmiş kum ve az silt) olduğu saptanmıştır. Deney sonuçlarında bulunan Ev<sub>1</sub> ve Ev<sub>2</sub> deformasyon modülleri şekilde gösterilmiştir.



Kurve	P2	P1	S2	S1	ΔP ( MN/m <sup>2</sup> )	ΔS ( mm )
1	0,350	0,150	1,29	0,76	0,200	0,53
2	0,315	0,135	2,13	1,86	0,180	0,26

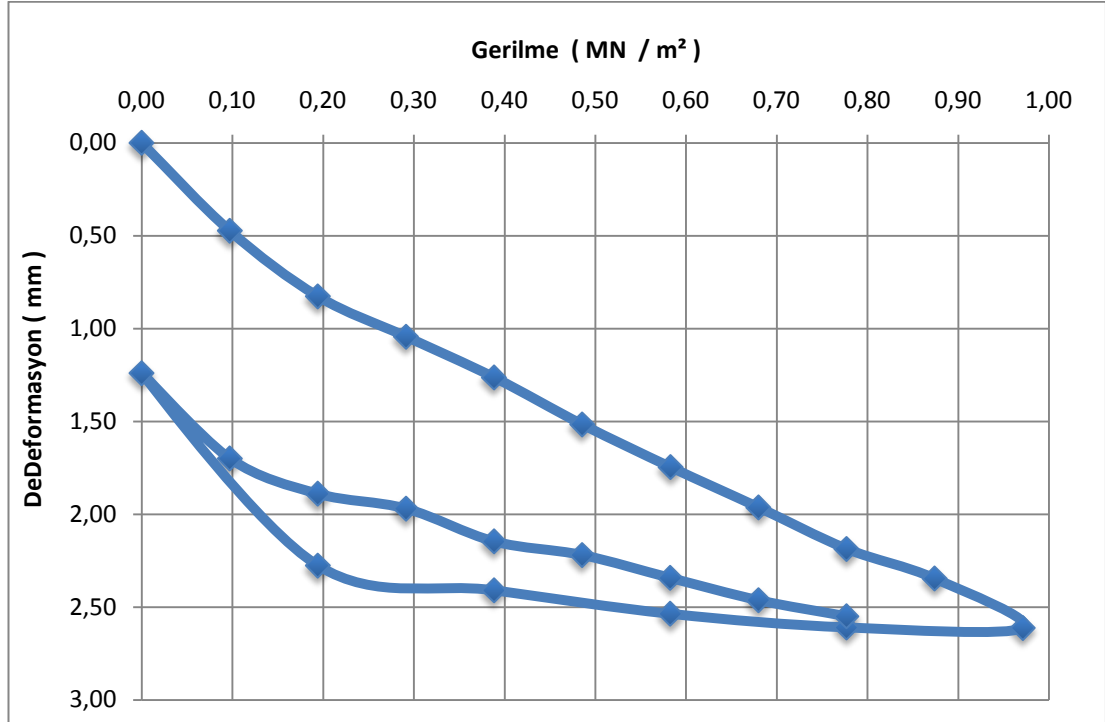
$E_v = 1,5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
Ev 1 =	84,5	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	153,4	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	1,82
---------------	------

Şekil 4.40: Dolgu sonrası döşeme altı tabi zemin üzerinde yapılan 2. plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Şekil 4.40' da verilen deney 06.12.2009 tarihinde granüler dolgu çalışması sonrasında taban döşemesi altında tabi zeminde, B-21,B-20/ C-21,C-20 aksları arasında yapılmıştır. Deneyde maksimum gerilme olarak 0,971 MN/m<sup>2</sup> gerilme

uygulanmıştır. Elek analizi sonuçlarına göre zeminin SW-SM (İyi derecelendirilmiş kum ve az silt) olduğu saptanmıştır. Deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekilde gösterilmiştir.



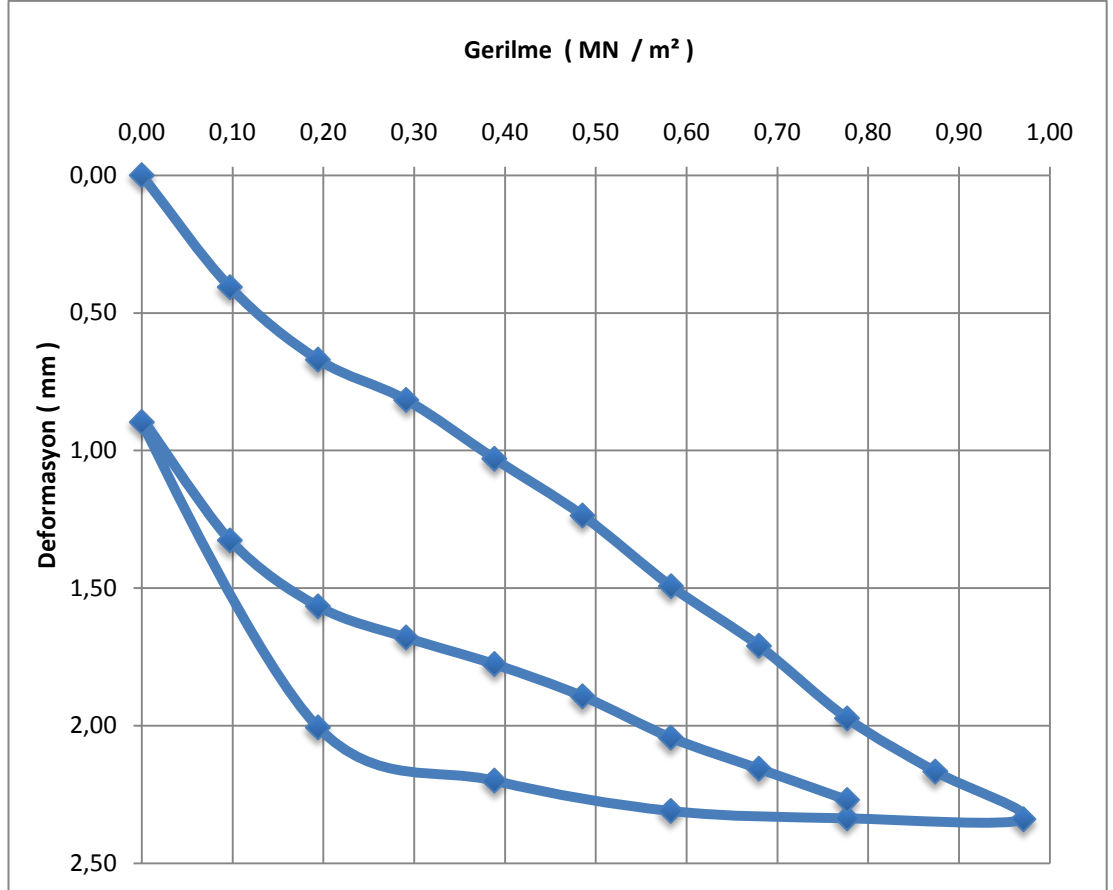
Kurve	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0,350	0,150	1,18	0,67	0,200	0,51
2	0,315	0,135	2,01	1,77	0,180	0,24

$E_v = 1,5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
Ev 1 =	88,2	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	169,5	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	1,92
---------------	------

Şekil 4.41: Dolgu sonrası döşeme altı tabi zemin üzerinde yapılan 3. plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Şekil 4.41' de verilen deney 18.12.2009 tarihinde granüler dolgu çalışması sonrasında taban döşemesi altında tabi zeminde, A-22,A-21/ B-22,C-21 aksları arasında yapılmıştır. Deneyde maksimum gerilme olarak 0,971 MN/m<sup>2</sup> gerilme uygulanmıştır. Elek analizi sonuçlarına göre zeminin SW-SM (İyi derecelendirilmiş kum ve az silt) olduğu saptanmıştır. Deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekilde gösterilmiştir.



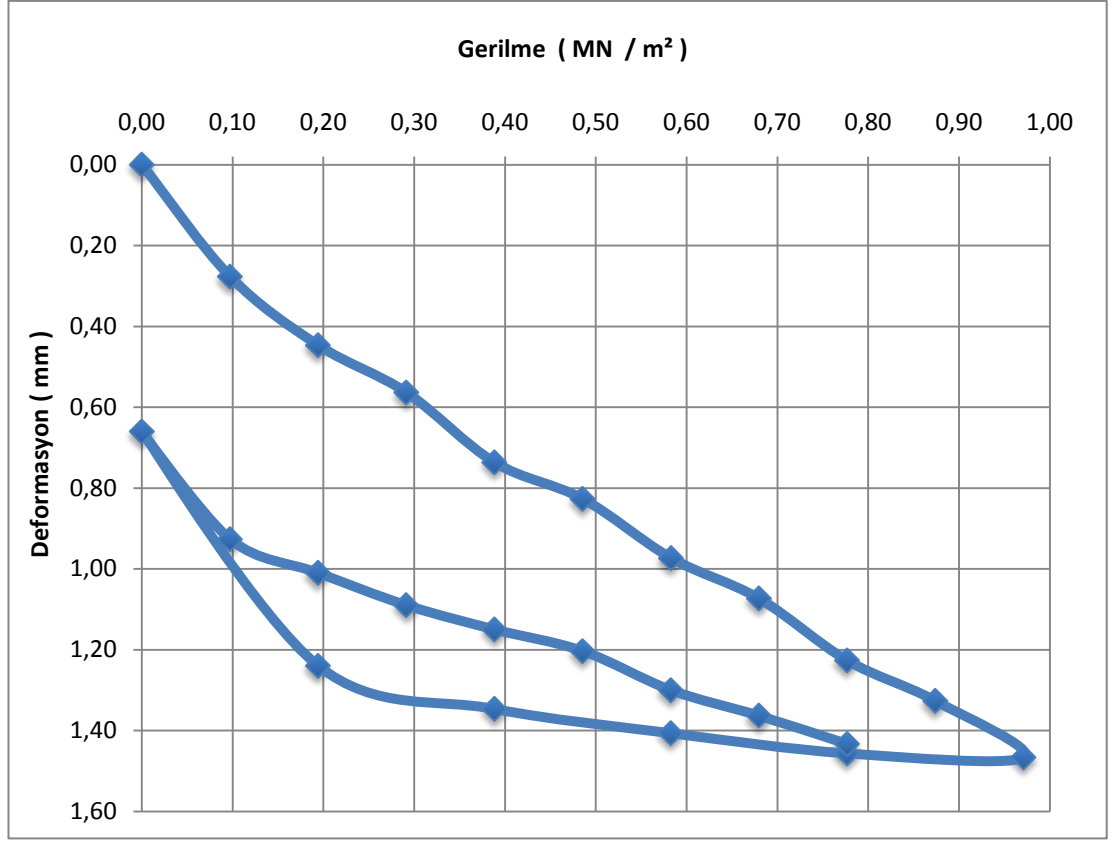
Kurve	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0,350	0,150	0,95	0,55	0,200	0,40
2	0,315	0,135	1,70	1,42	0,180	0,28

$E_v = 1,5 \times r \times (\Delta P / \Delta S)$		
Ev 1 =	113,8	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	143,0	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	1,26
---------------	------

Şekil 4.42: Dolgu sonrası döşeme altı tabi zemin üzerinde yapılan 4. plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Şekil 4.42' de verilen deney 07.01.2010 tarihinde granüler dolgu çalışması sonrasında taban döşemesi altında tabi zeminde, G-23,G-24/ K-23,K-24 aksları arasında yapılmıştır. Deneyde maksimum gerilme olarak 0,971 MN/m<sup>2</sup> gerilme uygulanmıştır. Elek analizi sonuçlarına göre zeminin SW-SM (İyi derecelendirilmiş kum ve az silt) olduğu saptanmıştır. Deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekilde gösterilmiştir.



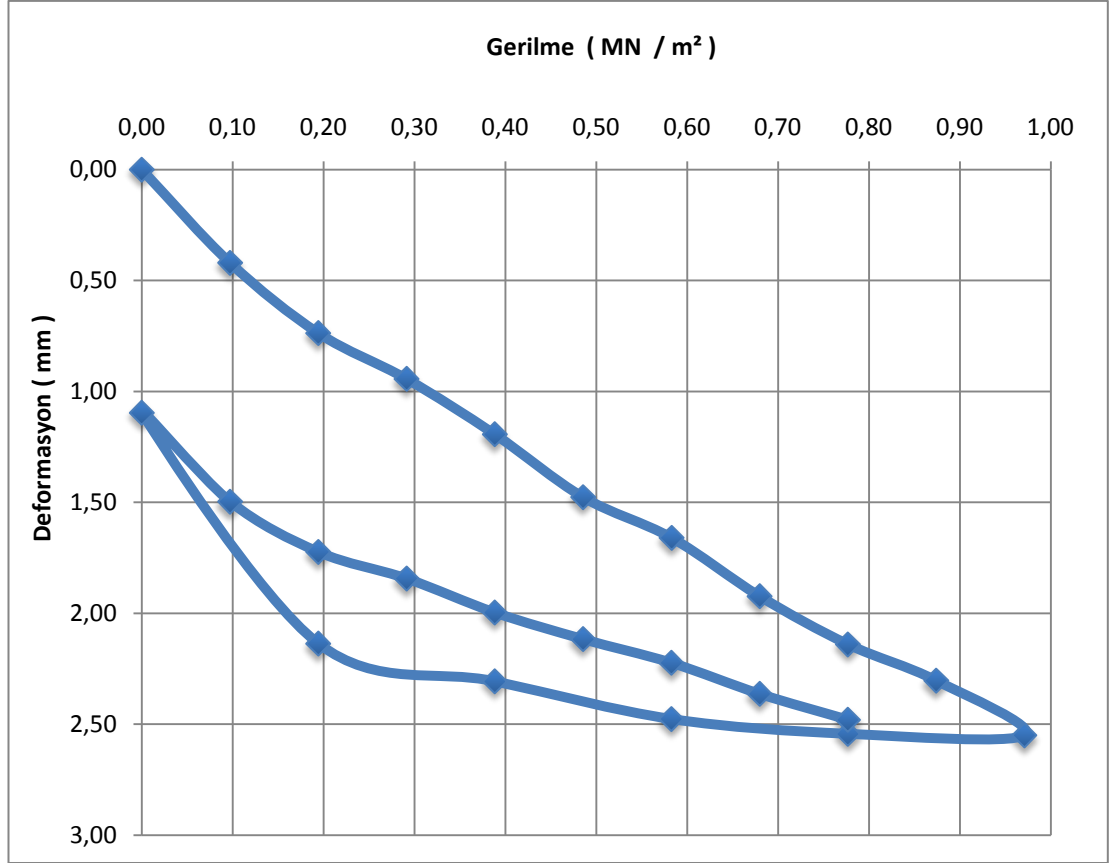
Kurve	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0,350	0,150	0,67	0,37	0,200	0,30
2	0,315	0,135	1,10	0,96	0,180	0,15

$E_v = 1,5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
Ev 1 =	150,6	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	278,5	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	1,85
---------------	------

Şekil 4.43: Dolgu sonrası döşeme altı dolgu zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Şekil 4.43' de verilen deney 06.12.2009 tarihinde granüler dolgu çalışması sonrasında taban döşemesi altında dolgu zeminde, B-14,B-15/ C-14,C-15 aksları arasında yapılmıştır. Deneyde maksimum gerilme olarak 0,971 MN/m<sup>2</sup> gerilme uygulanmıştır. Elek analizi sonuçlarına göre zeminin SW-SM (İyi derecelendirilmiş kum ve az silt) olduğu saptanmıştır. Deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekilde gösterilmiştir.



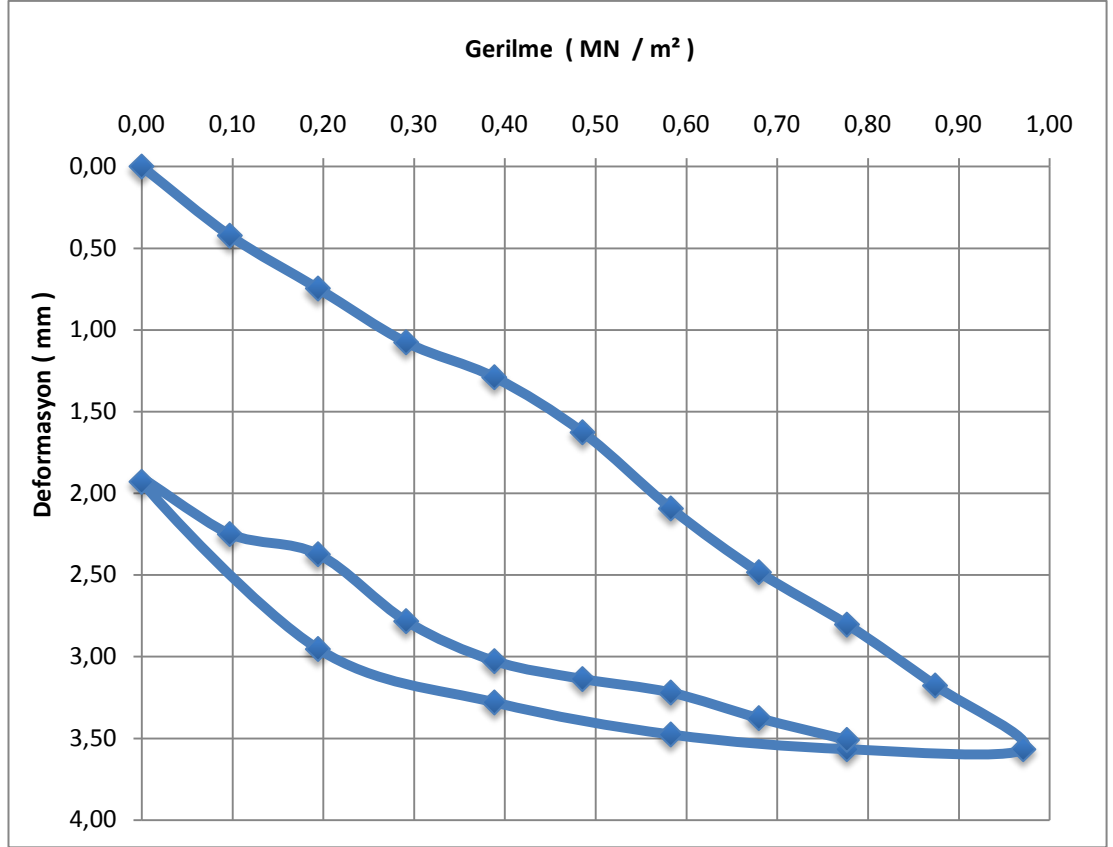
Kurve	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0,350	0,150	1,09	0,59	0,200	0,50
2	0,315	0,135	1,88	1,59	0,180	0,30

$E_v = 1,5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
Ev 1 =	89,7	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	137,0	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	1,53
---------------	------

Şekil 4.44: Dolgu sonrası döşeme altı dolgu zemin üzerinde yapılan 2. plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Şekil 4.44' de verilen deney 23.12.2009 tarihinde granüler dolgu çalışması sonrasında taban döşemesi altında dolgu zeminde, B-09,B-10/ C-09,C-10 aksları arasında yapılmıştır. Deneyde maksimum gerilme olarak 0,971 MN/m<sup>2</sup> gerilme uygulanmıştır. Elek analizi sonuçlarına göre zeminin SW-SM (İyi derecelendirilmiş kum ve az silt) olduğu saptanmıştır. Deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekilde gösterilmiştir.



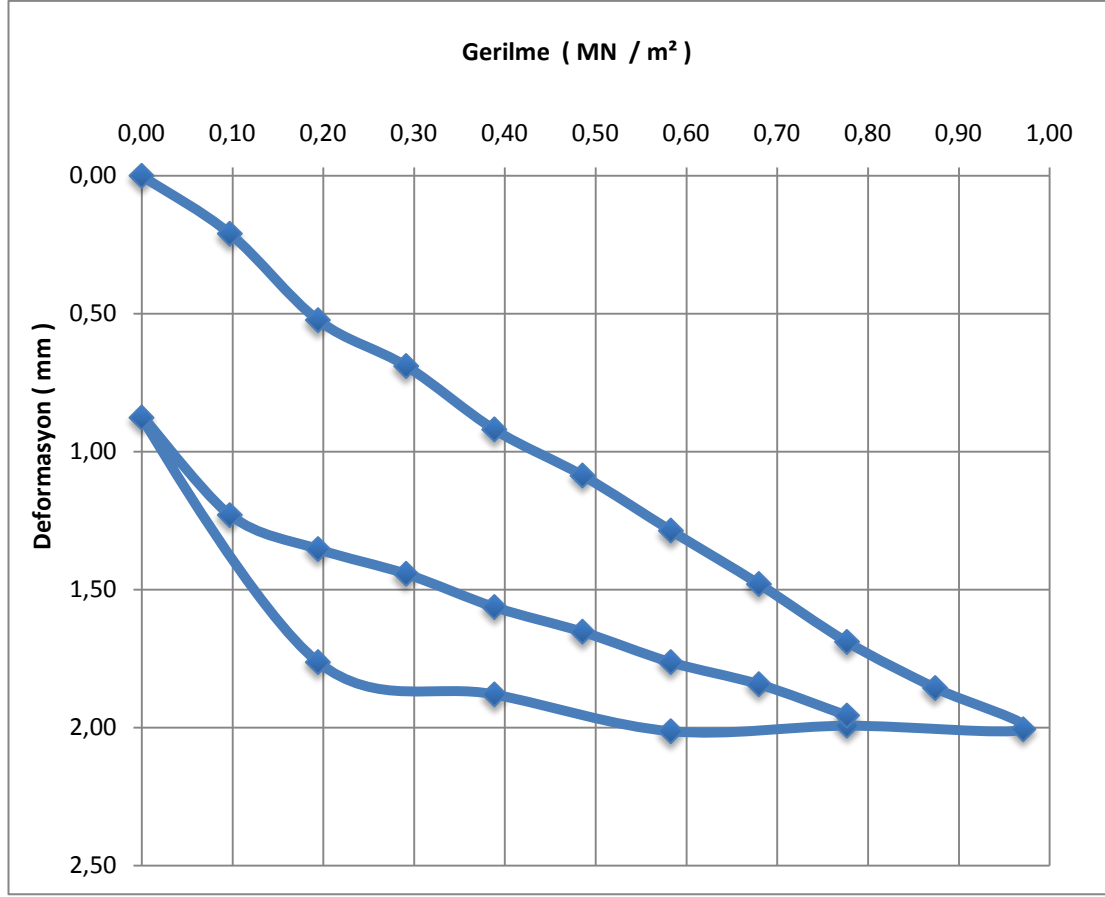
Kurve	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0,350	0,150	1,21	0,60	0,200	0,61
2	0,315	0,135	2,84	2,30	0,180	0,54

$E_v = 1,5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
Ev 1 =	74,2	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	74,4	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	1,00
---------------	------

Şekil 4.45: Dolgu sonrası döşeme altı dolgu zemin üzerinde yapılan 3. plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Şekil 4.45' te verilen deney 30.12.2009 tarihinde granüler dolgu çalışması sonrasında taban döşemesi altında dolgu zeminde, C-11,C-12/ G-11,G-12 aksları arasında yapılmıştır. Deneyde maksimum gerilme olarak 0,971 MN/m<sup>2</sup> gerilme uygulanmıştır. Elek analizi sonuçlarına göre zeminin SW-SM (İyi derecelendirilmiş kum ve az silt) olduğu saptanmıştır. Deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  deformasyon modülleri şekilde gösterilmiştir.



Kurve	P2	P1	S2	S1	$\Delta P$ ( MN/m <sup>2</sup> )	$\Delta S$ ( mm )
1	0,350	0,150	0,83	0,38	0,200	0,45
2	0,315	0,135	1,47	1,28	0,180	0,19

$E_v = 1,5 \times r \times ( \Delta P / \Delta S )$		
Ev 1 =	100,4	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	208,3	MN/m <sup>2</sup>

Ev 2 / Ev 1 =	2,07
---------------	------

Şekil 4.46: Dolgu sonrası döşeme altı dolgu zemin üzerinde yapılan 4. plaka yükleme deneyi gerilme- deformasyon ilişkisi ve deformasyon modülleri

Şekil 4.46' da verilen deney 04.01.2010 tarihinde granüler dolgu çalışması sonrasında taban döşemesi altında dolgu zeminde, G-13,G-14 / K-13,K-14 aksları arasında yapılmıştır. Deneyde maksimum gerilme olarak 0,971 MN/m<sup>2</sup> gerilme uygulanmıştır. Elek analizi sonuçlarına göre zeminin SW-SM (İyi derecelendirilmiş kum ve az silt) olduğu saptanmıştır. Deney sonuçlarında bulunan  $E_{v1}$  ve  $E_v$  deformasyon modülleri şekilde gösterilmiştir.

Tablo 4.17: Dolgu sonrasında taban dõşemesi altında yapılan plaka y¼kleme deneylerine ait veriler.

Sıra No	Tarih	Aks Aralđı	Zemin T¼r¼	$S_{max}$ (mm)	$S_{ult}$ (mm)	Ev1 (MN/m <sup>2</sup> )	Ev2 (MN/m <sup>2</sup> )	Ev2 / Ev1	Max. Gerilme (MN/m <sup>2</sup> )
1	06.12.2009	B-25,B-26 / C-25,C-26	Doğal-1	2,98	1,76	67,20	126,70	1,89	0,971
2	06.12.2009	B-21,B-20 / C-21,C-20	Doğal-2	2,77	1,33	84,50	153,40	1,82	0,971
3	06.12.2009	C-23,C-22 / G-23,G-22	Doğal-3	2,91	1,18	76,20	94,20	1,24	0,971
4	18.12.2009	A-22,A-21 / B-22,B-21	Doğal-4	2,61	1,24	88,20	169,50	1,92	0,971
5	18.12.2009	A-17,A-16 / B-17,B-16	Doğal-5	2,21	1,14	99,30	158,50	1,60	0,971
6	07.01.2010	G-18,G19 / K-18,K-19	Doğal-6	2,99	0,83	86,20	83,60	0,97	0,971
7	07.01.2010	G-23,G-24 / K-23,K-24	Doğal-7	2,34	0,90	113,80	143,00	1,26	0,971
8	06.12.2009	B-15,B-14 / C-15,C-14	Dolgu-1	1,47	0,66	150,60	278,50	1,85	0,971
9	18.12.2009	A-06,A-05 / B-06,B-05	Dolgu-2	4,23	2,29	51,10	101,50	1,99	0,971
10	23.12.2009	B-05,B-06 / C-05,C-06	Dolgu-3	3,32	1,74	60,80	130,30	2,14	0,971
11	23.12.2009	B-09,B-10 / C-09,C-10	Dolgu-4	2,55	1,10	89,70	137,00	1,53	0,971
12	30.12.2009	C-11,C-12 / G-11,G-12	Dolgu-5	3,57	1,93	74,20	74,40	1,00	0,971
13	30.12.2009	C-05,C06 / G-05,G-06	Dolgu-6	3,01	1,59	67,70	133,50	1,97	0,971
14	04.01.2010	G-05,G-06 / K-05,K-06	Dolgu-7	4,82	2,06	42,30	45,50	1,07	0,971
15	04.01.2010	G-09,G-10 / K-09,K-10	Dolgu-8	3,88	2,32	49,40	85,80	1,74	0,971
16	04.01.2010	G-13,G-14 / K-13,K-14	Dolgu-9	2,01	0,88	100,40	208,30	2,07	0,971



yayılı yük (Derinlik basıncı, şürşarj) etkilidir. Ayrıca temel yan yüzleri ile zemin arasındaki sürtünmeler ihmal edilebilir. Zeminin, genel bir zemin (c-Ø zemini) olduğu düşünülür.

ABC kamasının düşey dengesi yazılarak sürekli bir temel için aşağıdaki bağıntı elde edilir:

$$q_u (kN / m^2, t / m^2) = \frac{Q_u}{B \cdot L} = c \cdot N_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma + \gamma \cdot D_f \cdot N_q \quad (4.1)$$

$N_c, N_q, N_\gamma$ : Taşıma kapasitesi faktörleri (boyutsuz) olup, temel zeminin Ø içsel sürtünme açısının bir fonksiyonudurlar. Taşıma gücü katsayıları Tablo 4.18' de verilmiştir.

Tablo 4.18: Taşıma gücü faktörleri (Terzaghi, 1943)

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.7	1.0	0.0
2	6.2	1.2	0.2
4	6.7	1.5	0.4
6	7.5	1.8	0.7
8	8.6	2.3	0.9
10	9.6	2.7	1.2
12	11.0	3.3	1.7
14	12.3	4.0	2.2
16	13.8	4.9	2.9
18	15.6	6.1	3.8
20	17.6	7.4	5.0
22	20.4	9.2	6.5
24	23.6	11.4	8.5
26	27.2	14.0	11.0
28	31.2	17.0	15.5
30	37.2	23.0	20.0
32	44.0	28.0	27.0
34	52.5	36.0	36.0
36	64.0	47.0	51.0
38	80.0	64.0	74.0
40	96.0	82.0	101.0
42	118.0	114.0	148.0
44	153.0	155.0	222.0
45	172.0	173.0	296.0

Taşıma gücü formülünde yer alan üç terimin anlamı şu şekildedir Çinicioğlu (2005),

$c \cdot N_c$  : Temel zeminindeki kohezyonun taşıma gücüne katkısı. Eğer  $c = 0$  olursa, bu terim yok olur

$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$  : Temel zemininin içsel sürtünmesinin taşıma gücüne katkısı. Bu terimde yer alan  $N_\gamma$  içsel sürtünme açısı  $\phi$ 'nin fonksiyonudur.  $\gamma$  değeri temel tabanı altındaki zeminin birim hacim ağırlığıdır.

$\gamma \cdot D_f \cdot N_q$  : Temel tabanı üzerinde yer alan ve temeli çevreleyen sürşarj yükünün taşıma gücüne katkısı. Bu terimde yer alan  $\gamma$  değeri zemin taban seviyesi üzerinde yer alan zeminin birim hacim ağırlığıdır.

Temel tabanı altındaki zeminle temel tabanı üzerindeki zeminin  $\gamma$  değerleri farklı olabilir. Böyle bir durumda ikinci ve üçüncü terimlerde farklı  $\gamma$  değerleri kullanılacaktır.

Kare ve dairesel temeller için taşıma gücü denklemi aşağıda verilmiştir.

$$q_u = 1.3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0.4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (\text{Kare temel}) \quad (4.2)$$

$$q_u = 1.3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0.3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (\text{Dairesel temel}) \quad (4.3)$$

Araştırmada arazide yapılacak plaka yükleme deneyi ile taşıma gücü bulunacaktır. Taşıma gücü 4.3 'de verilen formüle göre hesaplandığında plaka yükleme deneyi yüzeyden yapılacağından ikinci kısım dikkate alınmayarak;

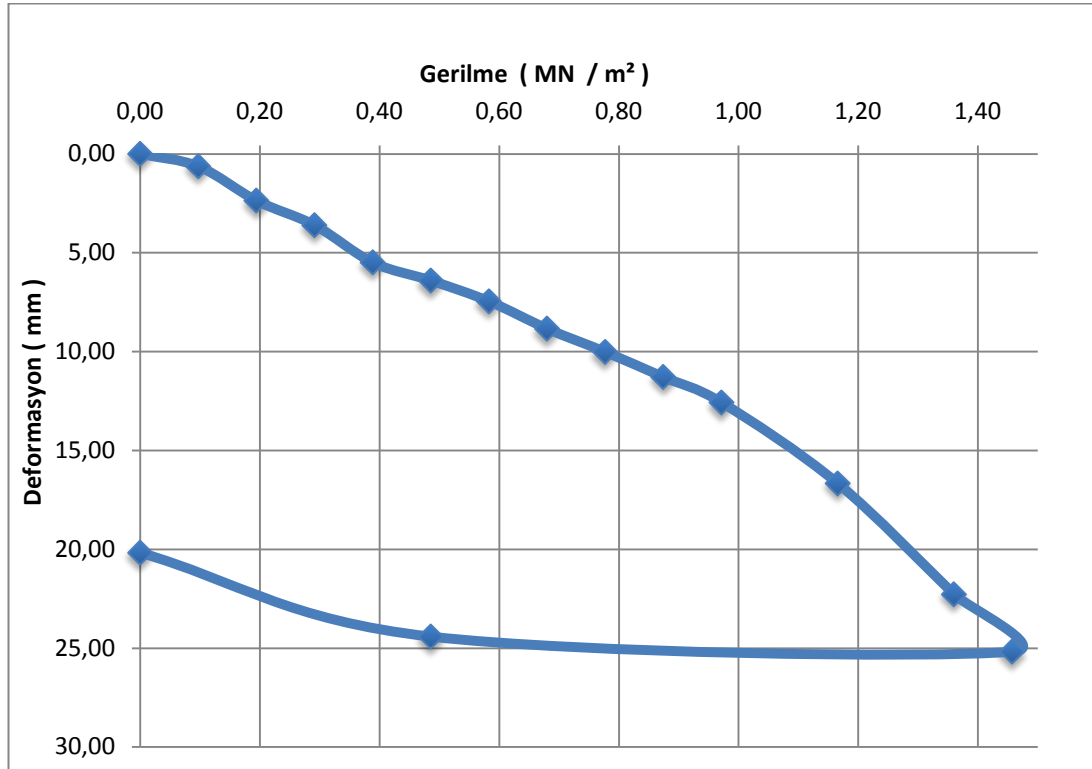
$$q_u = 1.3 \cdot 0.5 \cdot 172 + 0 + 0.3 \cdot 20.4 \cdot 0.3 \cdot 296 = 655.26 \text{ kN/m}^2 \text{ değeri elde edilmiştir.}$$

Emniyetli taşıma gücü değeri, emniyet katsayısı 3 alınarak ;

$$q_a = 655.26/3 = 218.42 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

#### 4.3.2. Plaka yükleme deney verileri ile zemin taşıma gücü tayini

Yapılan granüler dolgu çalışmasında, 03.11.2008 tarihinde 11. tabakada ve N40.84512° - E29.42196° koordinatlarında yapılan plaka yükleme deneğine ait grafik Şekil 4.48’ de gösterilmiştir. Dolgu çalışması sırasında vibrasyonlu sıkıştırma sonrasında nükleer BHA ölçer ile yapılan inceleme sonucunda rölatif kompaksiyonun %98 (Modifiye Proctor sonuçlarına kıyasla) ve su muhtevasının %5.12 olduğu saptanmıştır. Bölüm 2.2’ de da bahsedildiği üzere, 30 cm çaplı plaka kullanılan deneyde 25 mm deformasyon oturması oluşmasına karşın zeminde kırılma meydana gelmemiştir, bu nedenle yüklemeye son verilmiştir. Deney sonucuna göre güvenlik katsayısı (G.S.) 3 alınarak;



Şekil 4.48: Granüler dolgu tabakası üzerinde taşıma gücü tayini amaçlı yapılan plaka yükleme deneyi gerilme-deformasyon grafiği

$\sigma_{zem} = 1.46/3 = 0.486 \text{ MN/m}^2 = 486 \text{ kN/m}^2 = 49.54 \text{ t/m}^2$  olarak bulunmuştur.

Tablo 4.19’a göre ,

$\sigma_{zem}$  (Sıkı Kumlar için)  $> 30 \text{ t/m}^2$  olmalıdır (Uzuner, 1988)

Tablo 4.19: Taşıma gücü değerlerine göre zemin sınıflandırması (Uzuner, 1988)

<b>Zemin Cinsi</b>	<b><math>q_{emin}</math> (t/m<sup>2</sup>)</b>
Sağlam kayaç	> 100
Sıkı çakıl	> 60
Sıkı çakıl + kum	> 60
Orta sıkı çakıl	20 - 60
Orta sıkı çakıl + kum	20 - 60
Sıkı kum	> 30
Orta sıkı kum	10 - 30
Gevşek kum	< 10 sakıncalı
Çok sert taşlı kil	30 - 60
Sert kil	15 - 30
Orta sert kil	7,5 - 15
Yumuşak kil	< 7,5 sakıncalı

#### 4.3.3. SPT ile zemin taşıma gücü tayini

Dolgu çalışmasının tamamlanmasının ardından dolgu zemin üzerinde 2 adet sondaj kuyusu açılarak SPT deneyi yapılmıştır. Açılan kuyulardan birincisinde yüzeyden 9.00m derinliğe inilmiş ve her 1.50 m de bir SPT değerleri kaydedilmiştir. 2. Kuyuda 7.50m derinliğe inilmiş ve her 1.50m de bir SPT değerleri kaydedilmiştir. SPT deney verilerine ait değerler tablo 4.20' de özetlenmiştir.

Tablo 4.20: SPT-N<sub>30</sub> verileri

<b>Derinlik</b>	<b>SPT-N<sub>30</sub> Değerleri</b>		<b>N<sub>30</sub> ortalama</b>
	<b>Sondaj kuyusu-1</b>	<b>Sondaj kuyusu-2</b>	
1.50	21	26	23,50
3.00	21	22	21,50
4.50	21	23	22,00
6.00	21	25	23,00
7.50	23	21	22,00
9.00	25	-	25,00

Yukarıdaki tabloya bakıldığında SPT-N<sub>30</sub> değerlerinin dolgu tabakalarında neredeyse homojen olduğu görülmektedir. Elde edilen değerler içinden en düşük değer olan N<sub>30</sub>= 21 değeri taşıma gücü tayini için değerlendirilecektir.

SPT deneyinin uygulanmasındaki farklılıklar ve deneyde kullanılan ekipman sebebiyle bir çok faktörün etkisindedir. Dolayısıyla SPT' den elde edilen (SPT-N) değerleri üzerinde düzeltmeler yapılmalıdır. Bu deneyde ön görülen düzeltmeler denklem 4.4' de belirtilmiştir.

$$N_{60} = (C_E C_R C_B C_S C_A C_C) N_{30} \quad (4.4)$$

Burada sondaj kuyusu çapı 76 mm olduğundan  $C_B=1.00$  Skempton (1986), odun blok yastık kullanılmadığından  $C_C=1.00$  Decourt (1990), numune alıcı içi kılıfsız olduğundan  $C_S=1.20$  Skempton (1986), halka tipi tokmak ve kedi başlığı kullanıldığından  $C_A=0.85$  Tokimatsu (1988), halka tipi tokmak ve kedi başı 2 sarım bırakılma sistemine ait tokmaklar olduğundan  $C_E=0.75$  Clayton (1990) ve tij uzunluğu 7m olduğundan  $C_R=0.95$  Skempton (1986) alınmıştır.

Yukarıdaki düzeltmeler sonucunda ( $N_{60} = 0.727 N_{30}$ )  $N_{60}$  değeri 15 olarak bulunmuştur.

Terzaghi ve Peck (1967) oturmanın maksimum 25mm olduğu ve kumlu zeminlerde yer alan temeller için aşağıdaki bağıntı 4.5'i önermiştir.

$$q_a = N/0.05 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (4.5)$$

buradan;

$$q_a = 15/0.05 = 300 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Bowles (1988), Terzaghi ve Peck (1967) ye benzer olarak kumlu zeminlerde ve maksimum oturmanın 25mm olduğu durumda bağıntı 4.6 yı önermiştir.

$$q_a = 20N \times k_d \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (4.6)$$

Burada  $k_d = 1 + 0.33 \times (D/B) \leq 1.33$  olarak ifade edilmektedir. Dolgu zemin yüzeyinde izinverilebilir taşıma gücü değeri için  $D=0$  olarak alındığında  $q_a = 20N$  olarak hesaba alınmalıdır.

Buna göre ,

$q_a = 20 \times 15 = 300 \text{ kN/m}^2$  olarak bulunmuştur.

#### 4.3.4. Sismik kırılma yöntemi ile zemin taşıma gücü tayini

Arazide sismik kırılma deneyi ile elde edilen kayma dalgası hızları ile kayma modülüne bağlı olarak denklem 4.6 ile taşıma gücü değerleri bulunur.

$$q_u = \frac{G}{v_s} \quad (4.7)$$

Boyuna dalga hızı ve kayma modülüne bağlı olarak denklem 4.7 ile izin verilebilir taşıma gücü değeri elde edilir (Keçeli, 2000).

$$q_a = \frac{G}{v_p} \quad (4.8)$$

Dolgu çalışması sonrasında yapılan 4 adet sismik kırılma deneyi sonucunda elde edilen ortalama boyuna dalga hızı  $V_p$ , kayma dalgası hızı  $V_s$  ve kayma modülü  $G$  tablo 4.21 de gösterilmiştir.

Tablo 4.21: Sismik kırılma deneyi ile ortalama taşıma gücü değerlerinin bulunması

	SİSMİK-1	SİSMİK-2	SİSMİK-3	SİSMİK-4
Boyuna Dalga Hızı $V_p$ (m/sn)	798,1	825,953	778,649	899,111
Kayma Dalgası Hızı $V_s$ (m/sn)	353,25	362,976	364,234	399,556
Kayma Modülü $G$ (kN/m <sup>2</sup> )	201701,61	214795,59	213121,42	265851,64
Taşıma Gücü $q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	570,99	591,76	585,12	665,37
Zemin Emniyet Gerilmesi (kN/m <sup>2</sup> )	252,73	260,06	273,71	295,68

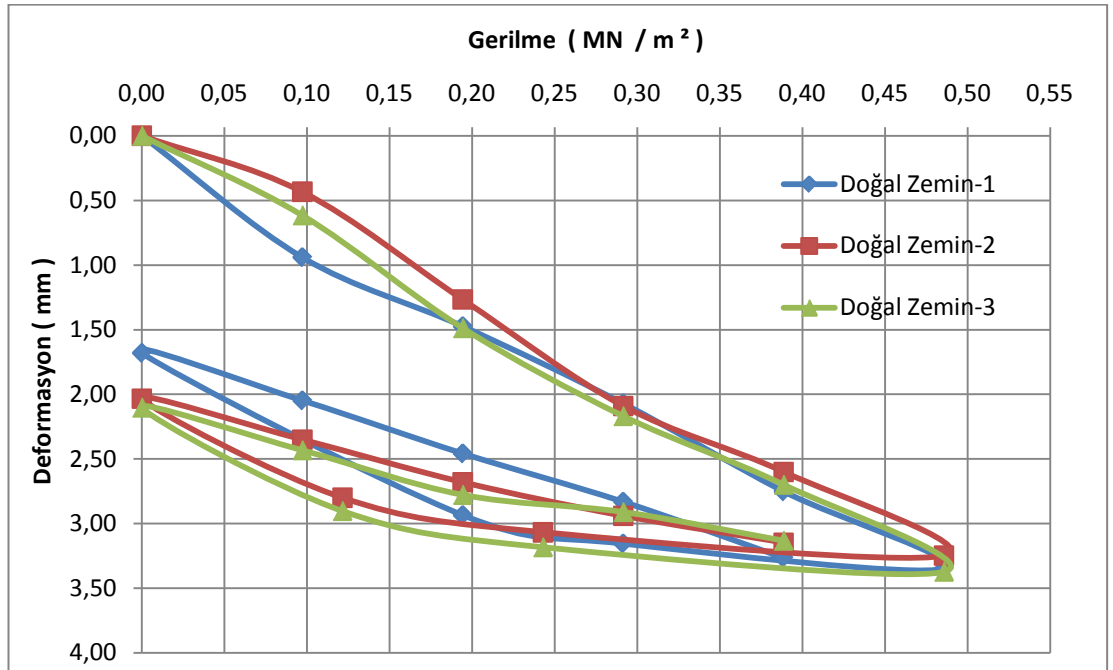
Buradan sismik kırılma deneği sonucunda dolgu zemine ait taşıma gücü değeri  $270,54 \text{ kN/m}^2$  olarak bulunmuştur.

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde arazide dolgu çalışması sırasında ve dolgu çalışmasından sonra tesisin taban döşemesi altında doğal zemin ve dolgu zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneyleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Dolgu çalışması öncesinde ve sonrasında yapılan sismik deneyler ve karşılaştırılarak incelenmiştir. Son olarak çeşitli yöntemler ile zemin taşıma gücü değerleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır.

### 5.1. Dolgu Çalışması Sırasında Yapılan Plaka Yükleme Deney Sonuçları ve Karşılaştırılması

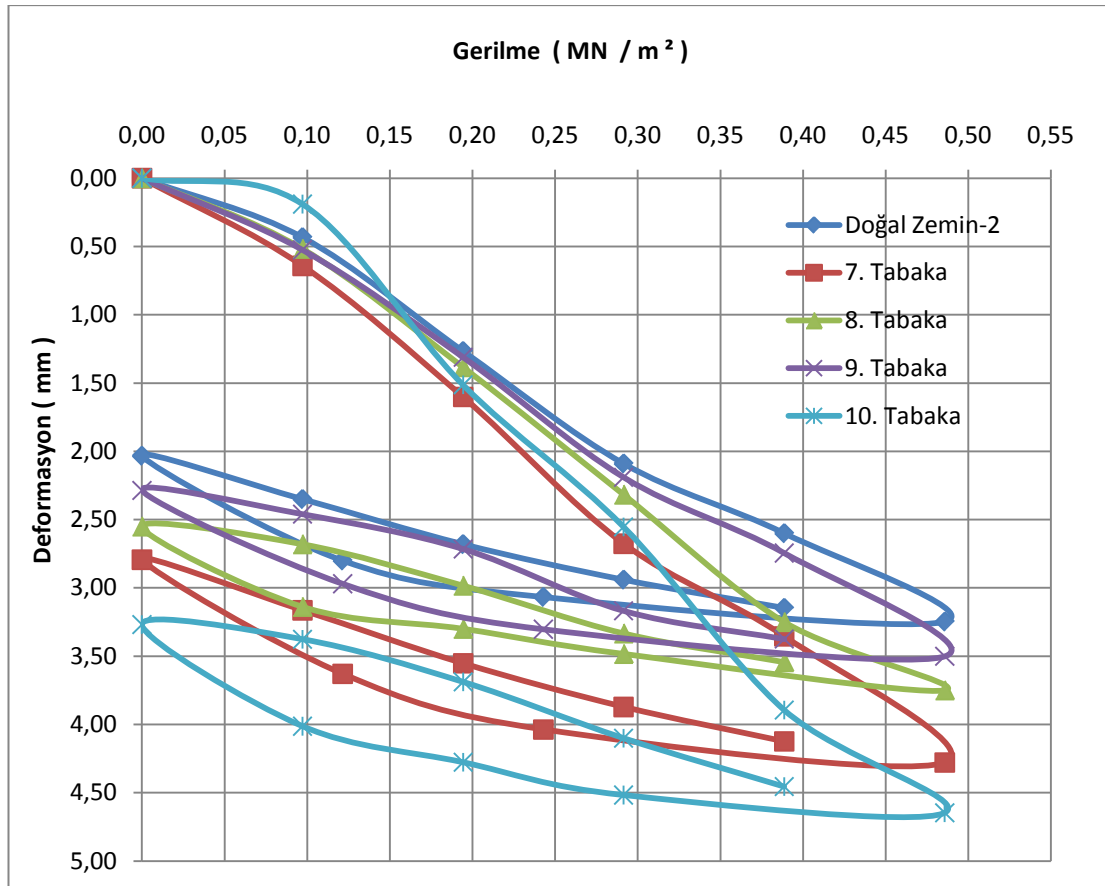
Arazide granüler dolgu çalışması sırasında, çeşitli dolgu tabakalarında ve tabii zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneyleri bu bölümde karşılaştırılmıştır. Yapılan deneyler Alman DIN 18134 standartlarına uygun olarak yapılmış ve veriler DIN 18134'e göre hesaplanmıştır.



Şekil 5.1: Doğal zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinin karşılaştırılması

Yukarıdaki şekilde doğal zemin üzerinde yapılmış olan 3 adet plaka yükleme deneyi karşılaştırılmıştır. Grafikten de görüleceği üzere doğal zemin üzerinde yapılan deneyler sonucunda aynı gerilmeler altında birbirine yakın deformasyonlar meydana gelmiştir. En yüksek kalıcı deformasyon doğal zemin-2' de olup 2,10 mm dir ve en düşük kalıcı deformasyon doğal zemin-1 de olup 1,68mm dir. 1. Yükleme sonunda maksimum oturmalara baktığımızda doğal zemin-1 3,35mm, doğal zemin-2 3,37mm ve doğal zemin-3 3,25mm olduğu görülmektedir. 1. Yükleme eğrisinden elde edilen  $E_{v1}$  deformasyon modülleri 29,8 MN/m<sup>2</sup> ile 36,8 MN/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Aynı şekilde 2. yükleme eğrisinden elde edilen  $E_{v2}$  deformasyon modülleri 56,30 MN/m<sup>2</sup> ile 96,40 MN/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir.

Tablo 4.7' den doğal zeminlerin yatak katsayılarını incelediğimiz zaman, doğal zemin için yatak katsayısı değerinin 120000 kN/m<sup>3</sup> ile 152000 kN/m<sup>3</sup> arasında değiştiği görülmektedir.

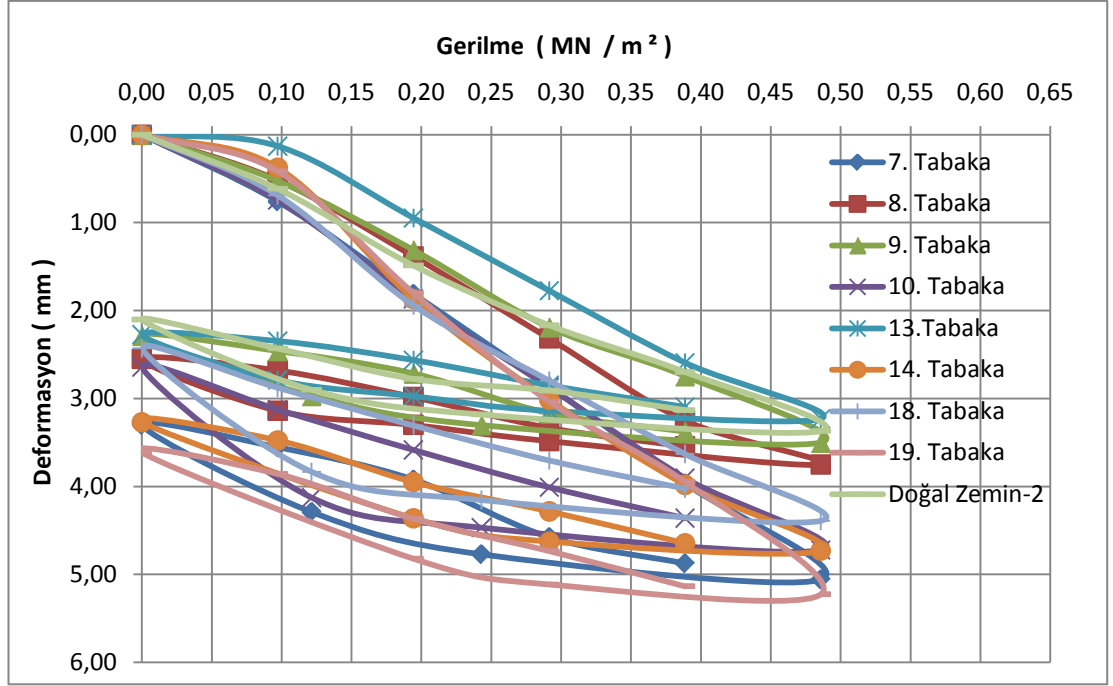


Şekil 5.2: Doğal zemin üzerinde ve farklı dolgu tabakalarında yapılan plaka yükleme deneylerinin karşılaştırılması

Şekil 5.2' de arazide farklı dolgu tabakalarında ve doğal zemin üzerinde yapılmış plaka yükleme deneyleri kıyaslanmıştır. Aynı gerilmeler altında dolgu tabakalarında ve doğal zeminde farklı kalıcı ve maksimum deformasyonlar gözlemlenmiştir. Şekilden de görüleceği üzere en düşük deformasyonlar 3,37 mm maksimum deformasyon ve 2,10 mm kalıcı deformasyon ile doğal zemin üzerinde gözlemlenmiştir. En büyük deformasyonlar ise 4,65 mm maksimum ve 3,27 mm kalıcı deformasyon ile 10. tabakada gözlemlenmiştir.

Yükleme eğrilerinden elde edilen  $E_{v1}$  ve  $E_{v2}$  incelendiğinde, 7 – 8 – 9 – 10 nolu dolgu tabakalarında  $E_{v1}$  değerinin 18,00 MN/m<sup>2</sup> ile 28,00 MN/m<sup>2</sup> arasında değiştiği ve tabii zeminde ise  $E_{v1}$  değeri 29,80 MN/m<sup>2</sup> olarak dolgu tabakaları içinde en büyük  $E_{v1}$  değerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Aynı şekilde  $E_{v2}$  değerine bakıldığında, dolgu tabakalarında 54,00 MN/m<sup>2</sup> ile 68,60 MN/m<sup>2</sup> arasında değişirken tabii zemin için  $E_{v2}$  değeri 96,40 MN/m<sup>2</sup> dir.

Plaka yükleme deneyleri grafiklerden elde edilen yatak katsayıları bakımından incelendiğinde, en yüksek değer 9. Tabakada 152000 kN/m<sup>3</sup> olduğu ve en düşük değer 128000 kN/m<sup>3</sup> ile tabii zeminde olduğu görülmüştür. Değerlerin değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre tabakalar arasında farklılık gösteren yatak katsayısı değeri dolgu yüksekliği ile doğru orantılı olarak değişmemiştir.



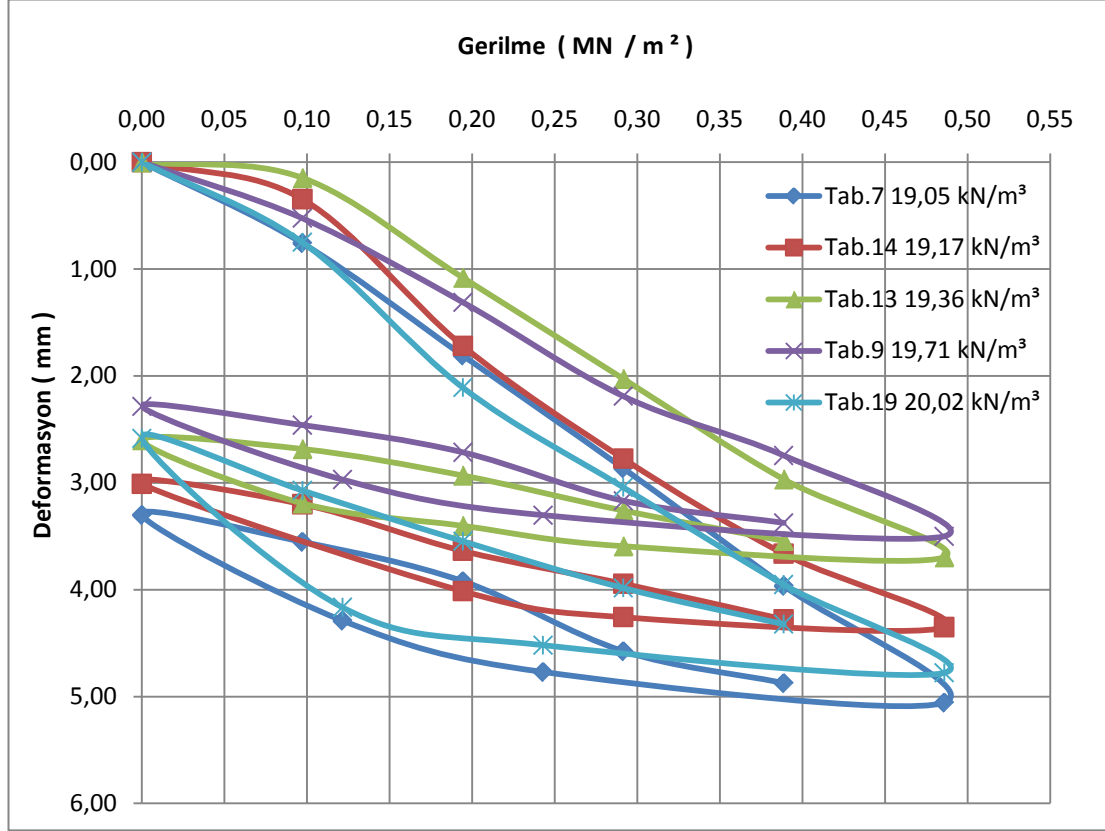
Şekil 5.3: Yapılan plaka yükleme deneylerinin karşılaştırılması

Şekil 5.3’ de arazide farklı dolgu tabakalarında ve doğal zemin üzerinde yapılmış plaka yükleme deneyleri kıyaslanmıştır. Aynı gerilmeler altında dolgu tabakalarında ve doğal zeminde farklı kalıcı ve maksimum deformasyonlar gözlenmiştir. Şekilden de görüleceği üzere en düşük deformasyon 3,23mm lik maksimum deformasyon ile tabaka 13 te gözlenmiştir. Bu değer doğal zemin-2 de gözlenen deformasyon değerinden 0,02mm daha küçüktür. Bunun yanında doğal zemin-2 de gözlenen deformasyon diğer tüm tabakalarda gözlenen deformasyondan daha küçük deformasyona sahiptir. En büyük deformasyon 5,23 mm ile 19. katmanda gözlenmiştir.

Tüm yapılan plaka yükleme deneyleri sonucunda, tablo 4.14 incelendiğinde en büyük deformasyonun 19. Tabakada görüldüğü, en düşük deformasyonun 13. Tabakada olduğu görülmüştür. Ancak doğal zeminde yapılan plaka yükleme deney sonuçları 13 tabakadan 0,02mm daha büyük olmasına karşın diğer tüm deneylerden daha iyi sonuç vermiştir.

Tablo 4.14’den, dolgu tabakaları için  $E_{v1}$  değeri 17,80 MN/m<sup>2</sup> ile 30,00 MN/m<sup>2</sup> arasında değişirken, doğal zemin için 29,80 MN/m<sup>2</sup> ile 35,20 MN/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Aynı şekilde, dolgu tabakaları için  $E_{v2}$  değeri 51,90 MN/m<sup>2</sup> ile 86,20

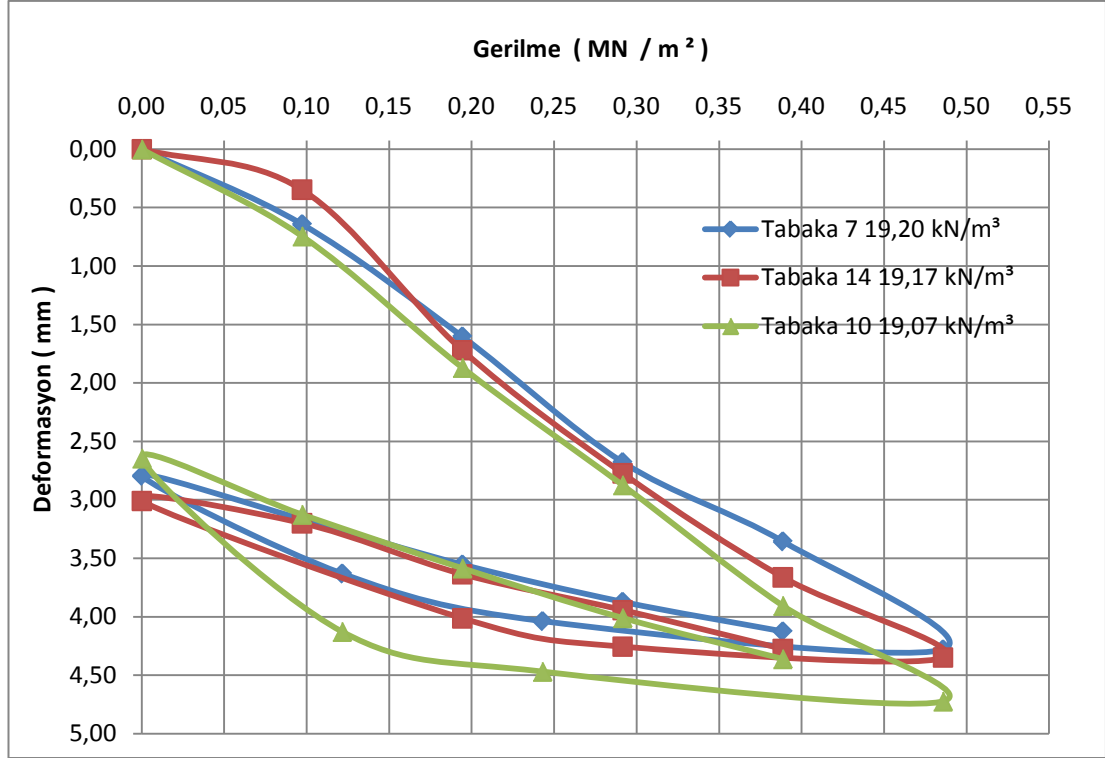
MN/m<sup>2</sup> arasında değişirken, doğal zeminde 56,30 MN/m<sup>2</sup> ile 122,70 MN/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir.



Şekil 5.4: Dolgu tabakaları arasında farklı BHA değerleri için gerilme – deformasyon grafiği

Şekil 5.4’de dolgu tabakaları arasında farklı BHA değerlerine sahip tabakaların maksimum deformasyonları karşılaştırılmıştır. Grafiğe göre en az deformasyon 3,50mm ile 9. Tabakada gözlenmiş ve en büyük deformasyon 4,78mm ile 19. Tabakada gözlenmiştir. Grafiğe bakıldığında tabaka no 7, 14, 13 ve 9’a bakıldığında BHA ile maksimum deformasyon arasında ters orantı olduğu görülmektedir. Ancak 19. Tabaka bu orantıyı bozmaktadır.

Grafikte gösterilen dolgu tabakalarının su muhtevası değerlerine bakıldığında, tabaka 7 için %5,00, tabaka 14 için %5,20, tabaka 13 için %5,40, tabaka 9 için %6,80 ve tabaka 19 için %8,60 olduğu görülmektedir. 7,14,13 ve 9 nolu tabakalar için su muhtevası değerleri, dolgu malzemesi üzerinde yapılan Standart Proctor deneğinde elde edilen optimum su muhtevası değeri olan %7,11 değerinin altındadır, fakat 19 nolu tabaka bu değerin üstündedir.



Şekil 5.5: Aynı su muhtevasına ait dolgu tabakaları arasında farklı BHA değerleri için gerilme – deformasyon grafiği

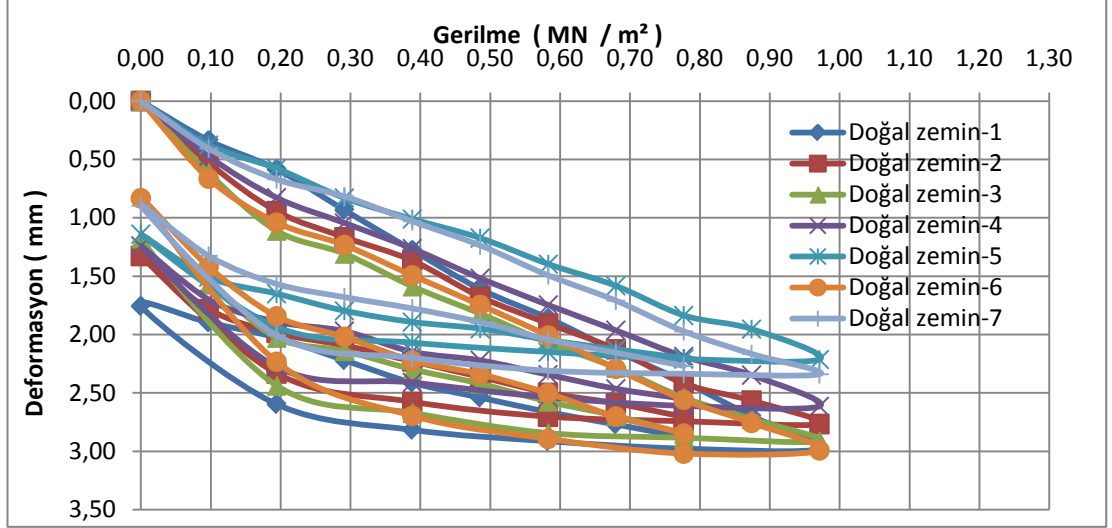
Şekil 5.5’de %5,20 su muhtevasına sahip farklı BHA değerlerine sahip dolgu tabakalarının gerilme – deformasyon değerleri kıyaslanmıştır. Buna göre en büyük deformasyon 4,72mm ile 19,07 kN/m<sup>3</sup> birim hacim ağırlığa sahip 10. Tabakada gözlenmiştir. En düşük deformasyon ise 4,28mm ile 19,20 kN/m<sup>3</sup> birim hacim ağırlığa sahip 7. Tabaka da gözlenmiştir.

Aynı şekilde tablo 4.7’ye bakıldığında %8,60 su muhtevasına sahip 19. Tabakada, birim hacim ağırlığı 19,65 kN/m<sup>3</sup> olan deneyde 5,23mm deformasyon gözlenirken, birim hacim ağırlığı 20,02 kN/m<sup>3</sup> olan deneyde 4,78mm deformasyon gözlenmiştir.

## 5.2. Dolgu Çalışması Sonrasında Yapılan Plaka Yükleme Deney Sonuçları ve Karşılaştırılması

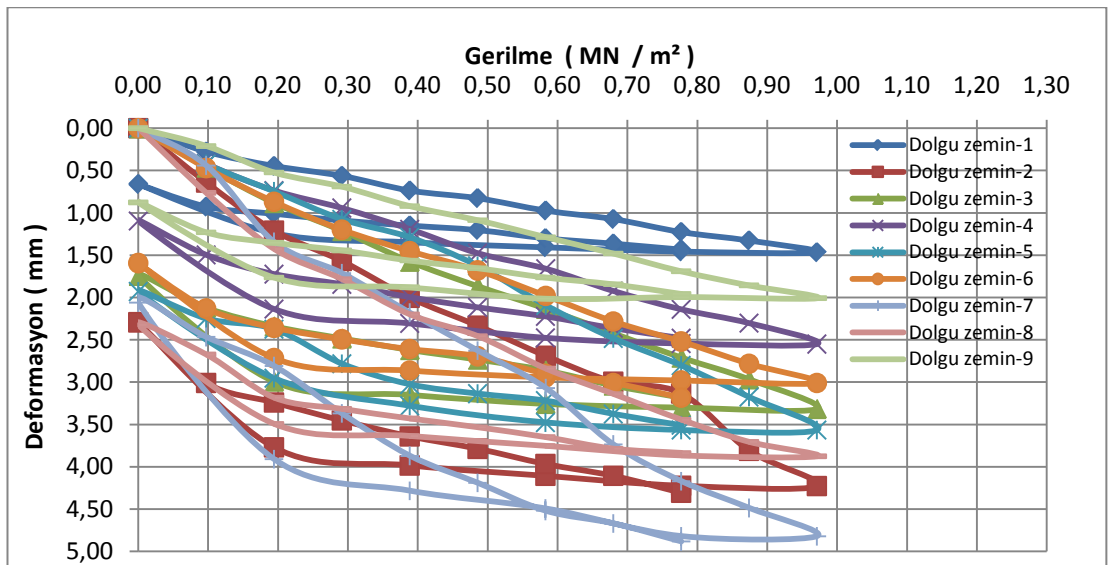
Arazide granüler dolgu çalışmasının tamamlanmasının ardından döşeme altına gelen kısımlarda son sıkıştırma işlemi yapılmıştır. Sıkıştırma işleminin ardından son dolgu katmanından ve tabii zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneyleri bu bölümde

karşılaştırılmıştır. Yapılan deneyler Alman DIN 18134 standartlarına uygun olarak yapılmış ve veriler DIN 18134'e göre hesaplanmıştır.



Şekil 5.6: Dolgu çalışması sonrasında doğal zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinin karşılaştırılması

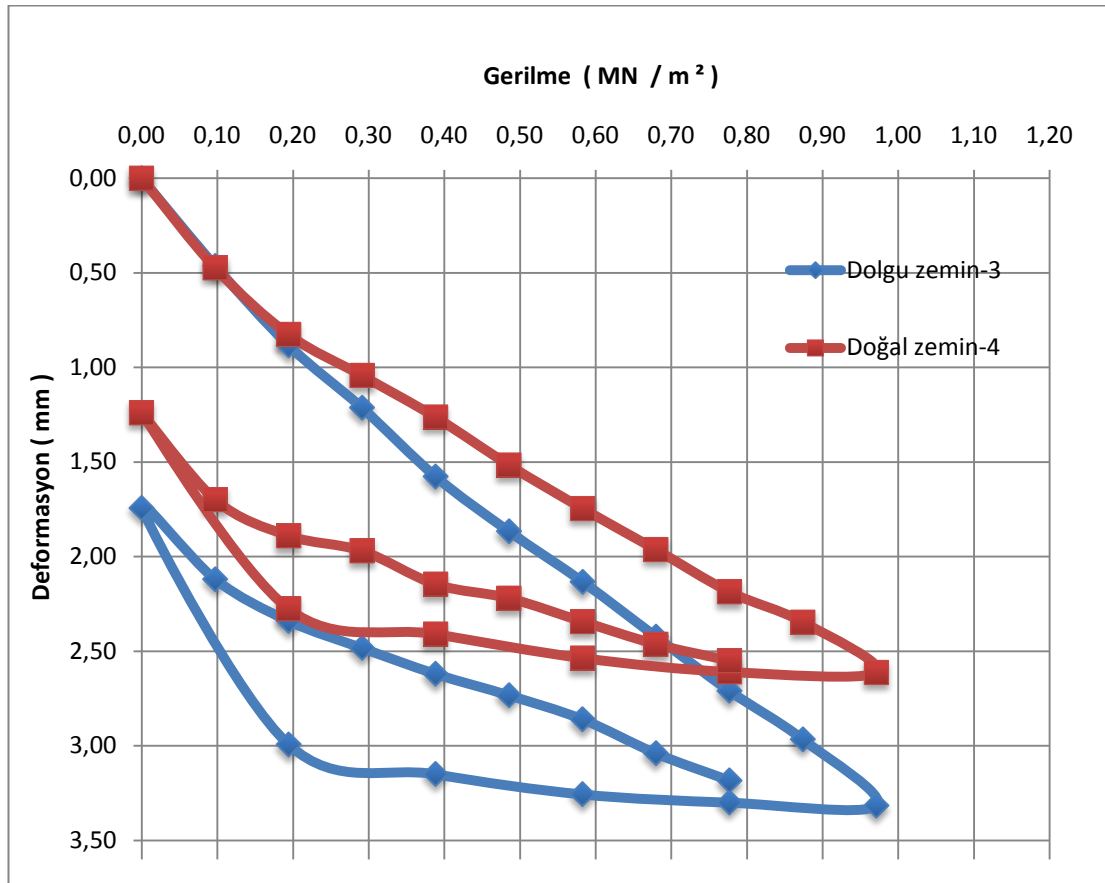
Şekil 5.6'da dolgu çalışması sonunda doğal zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneyleri karşılaştırılmıştır. Şekle baktığımızda uygulanan 0,971 MN/m<sup>2</sup>'lik yük karşısında doğal zemin üzerinde 2,21mm ile 2,98mm arasında değişen deformasyonlar meydana gelmiştir. Kalıcı deformasyonlara bakıldığında 0,83mm ile 1,76mm arasında değişen deformasyonlar gözlenmiştir.



Şekil 5.7: Dolgu çalışması sonrasında dolgu zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinin karşılaştırılması

Şekil 5.7’de dolgu çalışması sonunda dolgu zeminin son katmanı olan 19. Tabakası üzerinde yapılan plaka yükleme deneyleri karşılaştırılmıştır. Şekle baktığımızda uygulanan 0,971 MN/m<sup>2</sup>’lik yük karşısında dolgu zemin üzerinde 2,01mm ile 4,82mm arasında değişen deformasyonlar meydana gelmiştir. Kalıcı deformasyonlara bakıldığında 0,66mm ile 2,32mm arasında değişen deformasyonlar gözlenmiştir.

Dolgu zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinde 1. yükleme eğrisi üzerinden elde edilen  $E_{v1}$  değerinin 42,30 MN/m<sup>2</sup> ile 150,60 MN/m<sup>2</sup> arasında değiştiği görülmüştür. Aynı şekilde 2. yükleme eğrisi üzerinden elde edilen  $E_{v2}$  değerinin 45,50 MN/m<sup>2</sup> ile 278,50 MN/m<sup>2</sup> arasında değiştiği görülmüştür.



Dolgu zemin-3 plaka yükleme deney sonucu			Doğal zemin-4 plaka yükleme deney sonucu		
$E_v = 1,5 \times r \times (\Delta P / \Delta S)$			$E_v = 1,5 \times r \times (\Delta P / \Delta S)$		
Ev 1 =	60,8	MN/m <sup>2</sup>	Ev 1 =	88,20	MN/m <sup>2</sup>
Ev 2 =	130,3	MN/m <sup>2</sup>	Ev 2 =	88,20	MN/m <sup>2</sup>
Ev2 / Ev1 =		2,14	Ev2 / Ev1 =		1,92

Şekil 5.8: Dolgu çalışması sonrasında dolgu zemin ve doğal zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinin karşılaştırılması

Şekil 5.8’de doğal zeminde ve dolgu zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneyleri içinden deformasyon miktarlarına göre ortalamaya en yakın olan deneyler karşılaştırılmıştır. Doğal zemin üzerinde yapılan deneyde aynı gerilme altında ortalama 2,61mm deformasyon meydana gelirken, dolgu zeminde ortalama 3,32mm deformasyon meydana gelmiştir. 1. yükleme eğrisinden elde edilen ortalama  $E_{v1}$  deformasyon modülleri karşılaştırıldığında, dolgu zeminde 89,70 MN/m<sup>2</sup> değeri elde edilmiş olup doğal zemine ait olan 88,20 MN/m<sup>2</sup> değeri ile neredeyse eşit olduğu görülmüştür. Aynı şekilde 2. Yükleme eğrisinden elde edilen ortalama  $E_{v2}$  değerleri karşılaştırıldığında dolgu zemin için bulunan 137,00 MN/m<sup>2</sup> değeri, doğal zemin için elde edilen 169,50 MN/m<sup>2</sup> değeri ile arasında çok büyük farkların olmadığı görülmüştür.

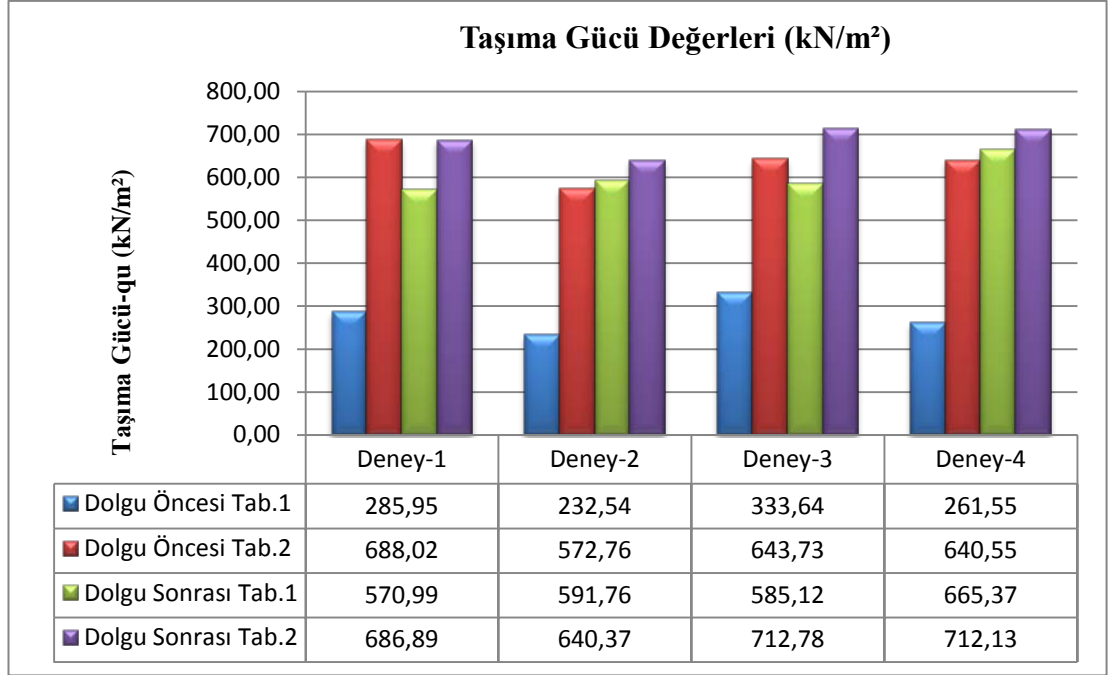
### 5.3. Sismik Verilerin Karşılaştırılması

Bu kısımda dolgu çalışması öncesinde tabi zemin üzerinde yapılan sismik deneyleri sonucunda elde edilen parametreler ile dolgu çalışması sonrasında dolgu zemin üzerinde yapılan sismik deneylerinden elde edilen parametreler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Şekil 5.9’ da uygulama yapılan araziye ait, dolgu çalışması öncesinde ve dolgu çalışması sonrasında zemin profili özetlenmiştir.

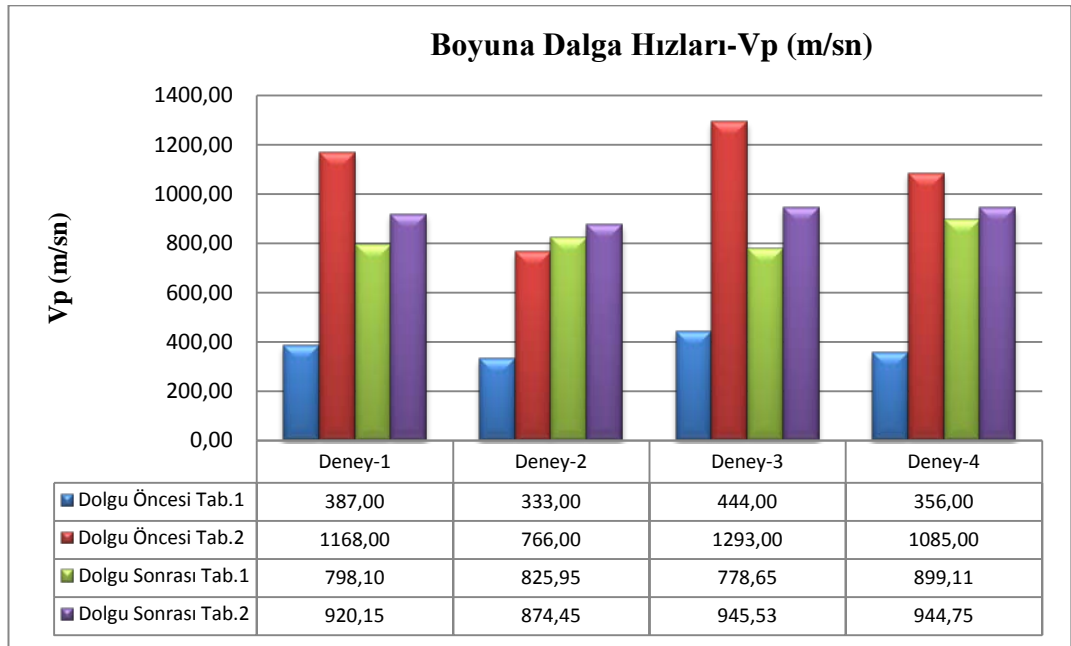


Şekil 5.9: Dolgu çalışması öncesinde ve sonrasında uygulama yapılan araziye ait zemin profili



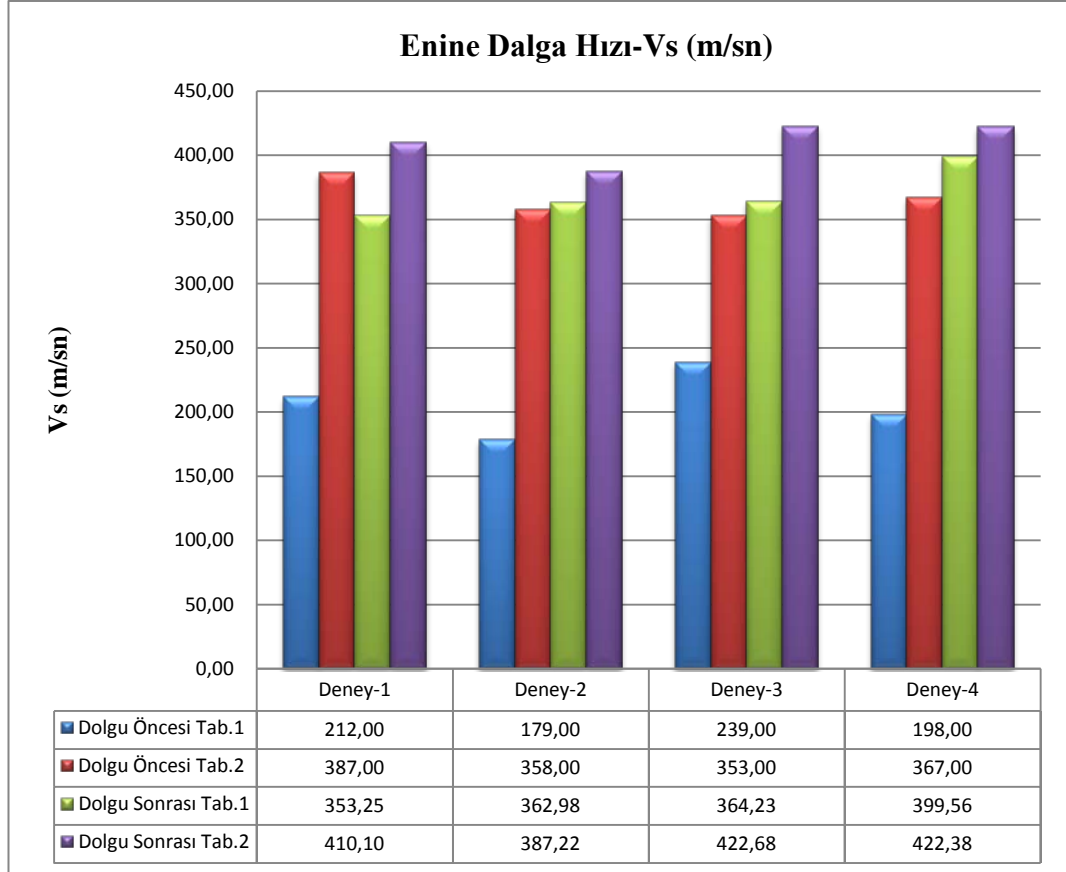
Şekil 5.10: Sismik kırılma deneyine göre dolgu öncesi ve sonrası taşıma gücü değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.10'a bakıldığında dolgu çalışması öncesinde tabi zemin taşıma gücü ortalama 636,27 kN/m<sup>2</sup> iken dolgu çalışması sonrasında 688,04 kN/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Dolgu çalışması sonrasında dolgu zemine ait katman için bulunan taşıma gücü değeri 603,31 kN/m<sup>2</sup> dir.



Şekil 5.11: Dolgu çalışması öncesi ve sonrasında boyuna dalga hızı V<sub>p</sub>' nin karşılaştırılması

Şekil 5.11' e bakıldığında dolgu çalışması öncesinde tabi zemin için  $V_p$  hızının ortalama değeri 1078 m/sn iken dolgu çalışması sonrasında 921,22 m/sn olarak bulunmuştur. Dolgu çalışması sonrasında dolgu zemine ait katman için ortalama  $V_p$  hızı 825,45 m/sn olarak bulunmuştur.

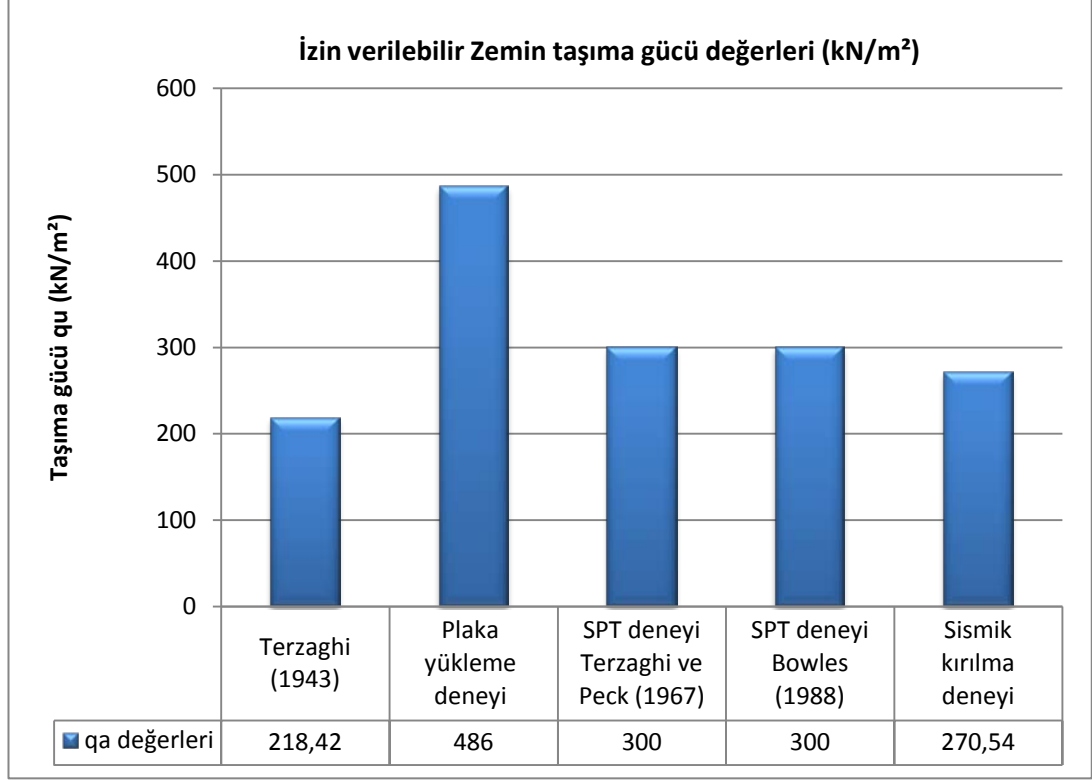


Şekil 5.12: Dolgu çalışması öncesi ve sonrasında enine dalga hızı  $V_s$ 'nin karşılaştırılması

Şekil 5.12'ye bakıldığında dolgu çalışması öncesinde tabi zemin için  $V_s$  hızının ortalama değeri 366,25 m/sn iken dolgu çalışması sonrasında 410,59 m/sn olarak bulunmuştur. Dolgu çalışması sonrasında dolgu zemine ait katman için ortalama  $V_s$  hızı 370,00 m/sn olarak bulunmuştur.

#### 5.4. Farklı Yöntemler İle Bulunan İzinverilebilir Zemin Taşıma Güçlerinin Karşılaştırılması

Yapılan dolgu çalışmasında 4 farklı yöntemle 4 farklı taşıma güçleri şekil 5.13'de gösterilmiştir.



Şekil 5.13: Farklı yöntemler ile hesaplanan dolgu zemine ait taşıma gücü değerlerinin karşılaştırılması

Terzaghi (1943) ile 218,42 kN/m<sup>2</sup>, plaka yükleme deneyi ile 486 kN/m<sup>2</sup>, standart penetrasyon deneyi ile 300 kN/m<sup>2</sup>, sismik kırılma deneyi ile 270,54 kN/m<sup>2</sup> değeri elde edilmiştir.

Plaka yükleme deneyi ile elde edilen izin verilebilir taşıma gücü değeri diğer yöntemler ile bulunan değerlerden daha büyük bulunmuştur.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tabi zemin topoğrafyası nispeten bozuk olan bir arazi üzerinde yapılan kazı ve dolgu çalışmaları için mevcut malzemenin değerlendirilmesi, kontrollü dolgu uygulamasının yapılabilmesi amacıyla laboratuvar ve arazi deneyleri yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Bu araştırmanın temel amacı yapılan dolgu çalışmasının kontrollü bir şekilde yapılmasını sağlamaktır.

Yapılan laboratuvar ve arazi deneyleri sonucunda;

- Sismik kırılma deneyleri sonucunda, tabi zemin için boyuna dalga hızı  $V_p$ 'nin 766 m/sn ile 1.293 m/sn arasında, enine dalga hızı  $V_s$ 'nin 353 m/sn ile 422 m/sn arasında değiştiği belirlenmiştir. Aynı şekilde, dolgu zemin için boyuna dalga hızı  $V_p$ 'nin 778,65 m/sn ile 899,11 m/sn arasında enine dalga hızı  $V_s$ 'nin ise 353,25 m/sn ile 399,56 m/sn arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu verilerden yola çıkılarak hesaplanan taşıma gücü değerleri, tabi zemin için 572,76 kN/m<sup>2</sup> ile 712,78 kN/m<sup>2</sup> arasında ve dolgu zemin için ise 570,99 kN/m<sup>2</sup> ile 665,37 kN/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir.
- Plaka yükleme deneyleri sonucunda; birinci deformasyon modülü Ev1 değerinin tabi zemin için 29800 kN/m<sup>2</sup> ile 35200 kN/m<sup>2</sup> arasında ve dolgu zemin için 17800 kN/m<sup>2</sup> ile 30000 kN/m<sup>2</sup> arasında değiştiği, ikinci deformasyon modülü Ev2 değerinin tabi zemin için 56300 kN/m<sup>2</sup> ile 122700 kN/m<sup>2</sup> arasında, dolgu zemin için 46000 kN/m<sup>2</sup> ile 86200 kN/m<sup>2</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. Doğal zemin için elde edilen deformasyon modüllerinin dolgu zemin için elde edilen değerlerden büyük olmasına rağmen, dolgu zemin için elde edilen deformasyon modülleri dolgu taşıma gücü ve deformasyonlar açısından yeterlidir.

- Araştırmada aynı su muhtevası ve farklı BHA değerlerine sahip dolgu zemin için deformasyon davranışları incelenmiştir. Deney yapılan zeminler %5,20 su muhtevasına sahip olup, BHA'ları 19,20 kN/m<sup>3</sup>, 19,17 kN/m<sup>3</sup> ve 19,07 kN/m<sup>3</sup> tür.
- Buna göre 19,20 kN/m<sup>3</sup> BHA değerinde elde edilen deformasyon 19,07 kN/m<sup>3</sup> BHA değerinde elde edilen deformasyona göre %9 daha küçük olarak elde edilmiştir.
- Aynı yük altında farklı BHA ve su muhtevası değerlerine sahip dolgu zemin için deformasyon davranışları incelenmiştir. Deney yapılan zeminlere ait BHA ve su muhtevası değerleri 19,05 kN/m<sup>3</sup> - %5,00, 19,17 kN/m<sup>3</sup> - %5,20, 19,36 kN/m<sup>3</sup> - %5,40, 19,71 kN/m<sup>3</sup> - %6,80 ve 20,02 kN/m<sup>3</sup> - %8,60'tır. Buna göre en düşük deformasyonun 20,02 kN/m<sup>3</sup> BHA ve %8,60 su muhtevasına sahip zeminde olması beklenirken en düşük deformasyon 19,71 kN/m<sup>3</sup> BHA ve %6,80 su muhtevası değerine sahip zeminde gözlenmiştir. Bunun sebebi en yüksek BHA değerine sahip zemin için su muhtevası değerinin %7,11 optimum su muhtevası değerinin üstünde bir değer olmasıdır.
- Aynı yük altında optimum su muhtevası değerinin üzerinde bir değer olan %8,60 su muhtevası değerine sahip farklı BHA ta iki dolgu zemin üzerinde deformasyon davranışı incelendiğinde BHA'lığı 20,02 kN/m<sup>3</sup> olan zeminde BHA'lığı 19,65 kN/m<sup>3</sup> olan zemine göre %8,6 daha az deformasyon gözlenmiştir.
- Dolgu zemin ve doğal zemin üzerinde yapılan plaka yükleme deneylerinden tabakalar için ayrı ayrı  $k_s$  değerleri bulunmuştur. Tablo 4.14'de verilen değerler incelendiğinde yatak katsayısı için en büyük değer dolgunun 8. Tabakasında 184000 kN/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. En küçük değer ise 104000 kN/m<sup>3</sup> ile dolgunun son tabakası olan 19. tabakada elde edilmiştir. Buna göre yatak katsayısı  $k_s$  değerinin dolgu yüksekliğine bağlı olmadığı söylenebilir.
- Tesisin kullanım amacına uygun olarak döşeme altına denk gelen kısımlarda yüksek gerilmeler altında minimum deformasyon amaçlanmıştır. Bunu test edebilmek amacıyla dolgu zemin ve doğal zemin üzerinde itinalı bir şekilde

sıkıştırma işlemi yapılmıştır. Sıkıştırma işlemi sonucunda 971 kN/m<sup>2</sup>'lik maksimum gerilme altında doğal zeminde 2,21 mm ile 2,99 mm arasında deformasyonlar meydana gelirken, dolgu zeminde ise 1,47 mm ile 4,82 mm arasında deformasyonlar gözlenmiştir.

- Araştırmada 30 cm çapında plaka ile plaka yükleme deneyi yapılmıştır. Bu deneylerin amacı dolgu çalışması sırasında dolgu katmanlarının homojen bir şekilde uygulanmasını kontrol etmektir. Plaka yükleme deneyi zemin taşıma gücü tayininde kullanılmaktadır. Fakat 30 cm çapında plakanın boyutları temel boyutları ile kıyaslandığında oldukça küçüktür. Yüklü bir alanın gerilmesinden etkilenen bölge, yüklü alanın kısa kenarının 1,5 – 2,0 katı civarındadır. Dolayısıyla, plaka gerçekte temelin etkileyeceği alanın oldukça az bir miktar için sonuç vermektedir. Zemin taşıma gücü tayini için yapılacak plaka yükleme deneyinde daha büyük çaplı plakaların kullanılması daha iyi olacaktır.
- Çalışma kapsamında elde edilen elek analizi verileri sonucunda sahanın geneline hakim olan zemin türünün None Likit ve None Plastik olarak bulunmuştur. Literatür taramasından elde edilen çalışmalarda kompaksiyon parametrelerinin tahminine dayanan bağıntıların bir çoğu plastik limit ve likit limit kavramlarına dayandığı için bu çalışma ile bağlantı kurulamamıştır. Tez çalışmasında kullanılan arazi geneline hakim olan zemin türü için, ileride bu bölgede yapılacak çalışmalarda kompaksiyon parametrelerinin tahmini için, hız ve ekonomik açıdan düşünüldüğünde istatistiksel çalışmaların yapılması olumlu olacaktır.
- Uygulama yapılan bozuk topoğrafyalı arazi üzerine yapılması düşünülen sanayi tesisi için izin verilebilir proje zemin taşıma gücü 250 kN/m<sup>2</sup> olarak hesaba alınmıştır. Üst yapının projelendirilmesi amacıyla çeşitli yöntemler ile izinverilebilir zemin taşıma gücü değerleri bulunmuş olup, Terzaghi (1943) ile 218,42 kN/m<sup>2</sup>, plaka yükleme deneyi ile 486 kN/m<sup>2</sup>, SPT deneyi ile 300 kN/m<sup>2</sup> ve sismik kırılma deneyi ile 270,54 kN/m<sup>2</sup> elde edilmiştir. Yapılan deneyler ve hesaplar sonucunda dolgu zemin için izin verilebilir taşıma gücü değeri ortalama 315 kN/m<sup>2</sup> olarak bulunmuş ve proje değerinin sağlanmış olduğu görülmüştür.

- Yapılan çalışma sonunda arazinin geneline hakim olan yüksek taşıma kapasiteli doğal zemin üzerinde gerekli kazı ve dolgu çalışmaları yapılarak tesisin yerleşebileceği düz bir zemin elde edilmiş oldu. Dolgu işlemi sırasında ve sonrasında yapılan plaka yükleme deneyleri, dolgu öncesinde ve sonrasında yapılan sismik kırılma deneyleri ve sondaj kuyularında yapılan SPT deneyleri neticesinde dolgu ile elde edilen zemin için zemin taşıma gücü değerleri ve yapılan dolgu çalışmasının kontrolü yapılmış ve yapılan tüm bu deneyler sonucunda elde edilen veriler ışığında proje zemin emniyet gerilmesinin sağlandığı ve dolgu çalışmasının tabii zeminin sahip olduğu taşıma gücü kapasitesine yakın bir değer elde edilerek homojen bir şekilde yapıldığı görülmüştür.

## KAYNAKLAR

Altun, S., Göktepe, B., A., and Sezer, A., “Investigation of parameters of compaction testing”, *Turkish journal of engineering and environmental science*, Vol-32, 201-209. (2008)

Blotz, R.L, Benson, H., and Boutwell, “P. Estimating optimum water content and maximum dry unit weight for compacted clays” *ASCE, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 124(9), 907-912. (1998).

Clayton, C. R. I., “SPT Energy Transmission:Theory, Measurement and Significance”, *Ground Engineering*, 23, 10, 35-43. (1990).

Çağlarer, B., “Yol Yapım Tekniği”, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara, 197,198, 202-214, 220 (1986).

Çinicioğlu, S., F., “Zeminlerde Statik ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Anlayışı ve Hesabı”, *İMO İstanbul*, (2005).

Çobanoğlu, İ., Çelik, S., B., “Standart penetrasyon testinde (SPT) uygulama kaynaklı hataların zemin araştırma sonuçlarına etkisi”, *DSİ Teknik bülten*, Sayı:103, 31-39, (2008)

DIN Deutsches Institut Fur Normung, “ Determining the deformation and strenght characteristics of soil by plate loading test”, *German Standarts, DIN 18134*, 1-13, (2001).

Ercan, A., R., “Yeraraştırma yöntemleri”, *Alkım Yayınevi*, 152-179, (2001).

Ersoy, S., “Yapı Makineleri”, Cilt.2, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 199-13, 223-231 (1966).

Ersoy, S., “Makine Bilgisi ve Yapı Makinaları” *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 150-159 (1987).

Holtz, R. D and Kovacs, W.D., “An introduction to geotechnical engineering”, *Prentice-Hall*, USA, 180-182, (1981).

Hvorslev, M.J., “Subsurface Exploration and Sompling of Soils for Civil Engineering Purposes”, U.S. *Army Engineer Waterways Experimant Station*, Vicksburg, Mississippi, 521 pp; reprinted by the Engineering Foundation, (1949).

Jeng, Y.S. and Strohm W.E., “Prediction of the shear strength and compaction characteristics of compacted fine-grained cohesive soils, Final report” *U.S Army engineer Waterways Experiment Station, soils and Pavement Laboratory*, Vicksburg. (1976).

Johnson, A., W., Sallberg J.R., “Factors influencing compaction results”, *Highway Research Board Bulletin*, No. 319, 125, (1962).

Johnson, A.W., and Sallberg, J.R., “Factor that influence compaction of soils” *Highway Research Board, No. 272, National Academy of Sciences*, Washington, D.C.

Joslin, J.C., “Ohio’s typical moisture-density Curves”, *ASTM STP 239*, 111-118, (1976).

Keçeli, A., “Sismik yöntemler ile kabul edilebilir veya güvenli taşıma kapasitesi saptanması”, *JFMO Jeofizik Dergisi*, Sayı:14, 1-2, Ankara, (2000).

Keçetepen, H., “Dolguların sıkıştırılmasında zemin cins ve özelliklerine uygun sıkıştırıcının seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2007)

Kocaman, M., “Zemin etütlerinde geoteknik ve jeofizik yöntemlerin kullanılmasında dikkat edilmesi gereken hususlar”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya,14-16, (2008)

Korfiatis, G.P. and Manikopoulos, C.N., “Corelation of maximum dry density and grain size” *ASCE*. (1982).

Laman, M., Keskin, M., S., “Kumlu zeminlere oturan kare temeller altında düşey gerilme analizi.”, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 431,53-57, (2004).

Laman, M., Keskin, M., S., , Yıldız A., A., “Farklı Sıklıktaki Kumlu Zeminlere Oturan Dairesel Temeller Altında Gerilme Analizi”, *Türkiye İnşaat Mühendisliği XVII. Teknik Kongre ve Sergisi*, 400-402, (2008).

McRae, J.L., “Index of compaction characteristic. *ASTM STP 239*, 119-27. (1958).

Moayed, R., Z., Janbaz M., “Foundation Size Effect on Modulus of Subgrade Reaction in Clayey Soil”, *Ejge*, 13, 1-8, (2008).

Nagaraj, T.S., “Analysis and prediction of compaction characteristics of soils”, *Unpublished work*. (1994).

Ölmez, A., “Regresyon yaklaşımlarla kompaksiyon parametrelerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde, 29, (2007).

Özaydın, K., “Zemin mekaniği”, *Birsen Yayın Evi*, 85-86, (1995).

Pierre, H., “An Outline Of Soil And Rock Mechanics”, *Cu*, Cambridge, 50 (1982).

Skempton, A. W., “Standard Penetration Test Procedures and the Effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Aging and verconsolidation”, *Geotechnique*, 36, 3, 425-447. (1986).

Sonuç, T., “Karayolu Tekniği”, Cilt.2, *Sermet*, İstanbul 81,83,85 (1976).

Sridharan, A., Nagaraj, H., B., “Plastic limit and compaction characteristics of fine-grained soils”, *Thomas Telford Ltd.*, 9, No.1, 17-22, (2005).

Sivrikaya, O., “Standart penetrasyon deneyi ile zemin özelliklerinin belirlenmesi ve Türkiye’deki uygulaması”, *İTÜ Fen bilimleri enstitüsü*, İstanbul (2007).

Sivrikaya, O., Toğrol, E., “İnce daneli zeminlerde SPT sonuçlarının düzeltilmesi üzerine bir çalışma”, *İTÜ dergisi*, Cilt:2, Sayı:6, 59-67, (2003).

Sivrikaya,O., “Standart Penetrasyon Deneyi ile zemin özelliklerinin belirlenmesi ve Türkiye’deki uygulaması, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 63-65, (2003).

Terzaghi, K., “Theoretical soil mechanics”, *Willey*, Newyork, (1943).

Terzaghi, K. And Peck, R. B., “Soil mechanics in foundation engineering practise”, *Willey*, Newyork, (1948,1967).

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, “Karayolu Teknik Şartnamesi”, *Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası*, Ankara, Yayın No.267, (2006).

Toprak Şefliği Araştırma Fen Heyeti, “Toprak Mühendisliği Bilgileri ve Deneyleri”, *Karayolları Genel Müdürlüğü*, Ankara, 112, 115-120 (1967).

Tunç, A., “Yol Malzemeleri ve Uygulamaları”, *Atlas Yayın Dağıtım*, İstanbul, 511-512, 521-523, 528-531 (2001).

Tunç, A.,“Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları”, *Atlas Yayın Dağıtım*, İstanbul, 187-217 (2002).

Uzuner, B., A., “Plaka yükleme deneyi üzerine” *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 340, 15-21, (1988).

Uzuner, B.A., “Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekanigi”, *Teknik Yayınevi*, Ankara, 376-378, (2000).

Uzuner, B., A., ve Özmen , F., “Zeminin emniyetli taşıma gücünün belirlenmesi”, *İnşaat Mühendisliğinde Zemin Sempozyumu, İMO İzmir*, 15-16 Kasım , 167-182, (1991).

Wang, M.C and Huang, C.C., “Soil compaction and permeability prediction models” *J. Environ. Engrg. ASCE*, Vol110.6: 1063-1083. (1984).

Yayla, N., “Karayolu Mühendisliği”, *Birsen Yayın Evi*, İstanbul, 239-240, (2002).

Yetimoğlu, T., “Bearing capacity of footings on vibratory compacted sand” , *Teknik Dergi*, 9, 1587-1600, (1998).

## EKLER

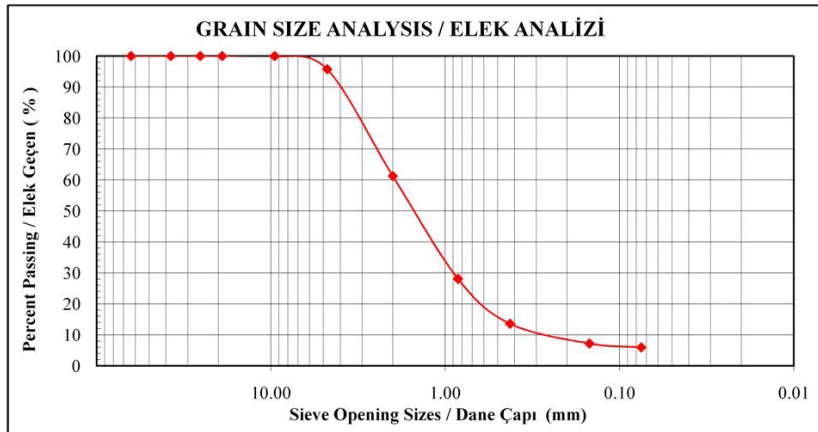
### Ek A- Dolgu Malzemesi Analizleri

#### GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

PROJECT / PROJE : \_\_\_\_\_  
LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : \_\_\_\_\_  
CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : \_\_\_\_\_  
CONTROL / KONTROL : \_\_\_\_\_ Job. No / Deney No : **EA - 013**  
Description of Soil / Zeminin Cinsi : \_\_\_\_\_ Coord. / Koordinat : \_\_\_\_\_  
Test Performed By / Deneyi Yapan : \_\_\_\_\_ Date of T. / Deney Tar. : **02.10.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı 235.00  
Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı 221.00  
Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık 14.00  
**Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı ( % )** **5.96**

Sieve Num. Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63.500	235.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	235.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	235.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	235.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	235.00	0.00	0.00	100.00
No 4	4.760	225.00	10.00	4.26	95.74
No 10	2.000	144.00	91.00	38.72	61.28
No 20	0.845	66.00	169.00	71.91	28.09
No 40	0.425	32.00	203.00	86.38	13.62
No 100	0.149	17.00	218.00	92.77	7.23
No 200	0.075	14.00	221.00	94.04	5.96
PAN			14.00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			235.00		



$D_{60} =$	1.935	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	8.25	PL ( % )	N.P
$D_{30} =$	0.888	$C_c = ( D_{30} / D_{60} * D_{10} ) =$	1.74	LL ( % )	N.L
$D_{10} =$	0.235			PI ( % )	N.P

USCS Class / USCS Smf : **SW-SM**

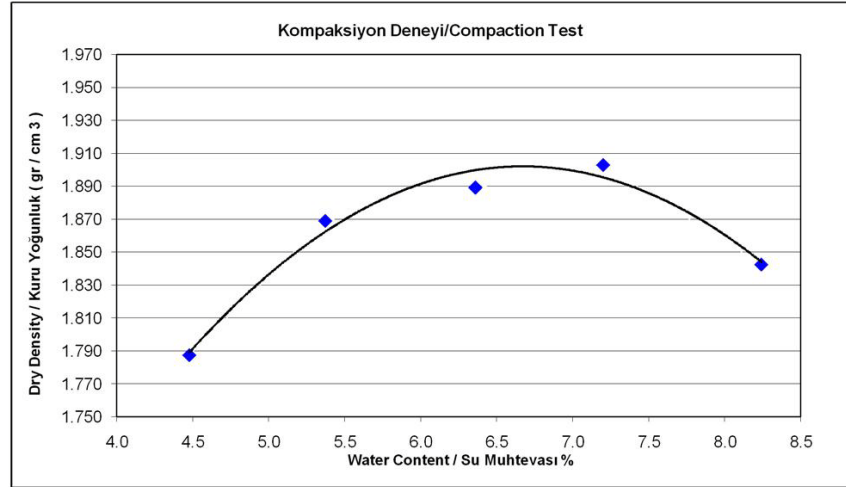
## MODIFIED COMPACTION TEST MODİFİYE KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deney No:	PR -001
LOC.OF PROJECT / PROJE YERİ:		Coor./Koor.:	
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deney Tar. :	02.10.2008
Control/ Kontrol:			
Description of Soil / Zeminin Cinsi:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By / Deneyi yapan :		Diam/Çap cm:	15.2
Blows/layer: Vuruş/Tabaka:	56	Ht./Yüks.cm:	11.65
No of layers / Tabaka sayısı :	5	Vol / Hacim:	2130

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	47.88	48.98	63.14	51.40	53.30	64.21	48.65	53.14	47.68	76.04
M.wet soil+can / Islak Z.+Kap g	176.02	188.64	192.53	197.26	187.14	201.38	174.39	182.57	172.94	146.28
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	170.80	182.36	186.24	189.48	179.42	192.89	165.94	173.88	163.57	140.84
Mass of water / Su ağırlığı gr.	5.22	6.28	6.29	7.78	7.72	8.49	8.45	8.69	9.37	5.44
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	122.92	133.38	123.10	138.08	126.12	128.68	117.29	120.74	115.89	64.80
Water c. w % / Su muht. w % gr.	4.25	4.71	5.11	5.63	6.12	6.60	7.20	7.20	8.09	8.40

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	4	5	6	7	8
Water c. w % / Su muht. w % gr.	4.48	5.37	6.36	7.20	8.24
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	9298	9515	9600	9665	9568
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	5320	5320	5320	5320	5320
Mass of soil / Zemin gr. Mws	3978	4195	4280	4345	4248
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1.87	1.97	2.01	2.04	1.99
Dry unit wgt / Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1.79	1.87	1.89	1.90	1.84



Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	6.60
Dry density gr./cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr./cm <sup>3</sup> :	1.90

**CALIFORNIA BEARING RATIO TEST ( CBR )  
KALİFORNİYA TAŞIMA ORANI TESTİ ( CBR )**

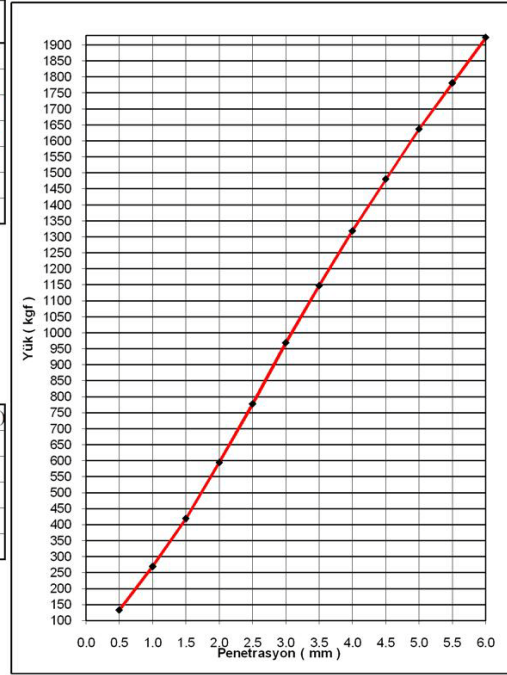
CONSULTANT / İŞ VEREN : \_\_\_\_\_ Job. No/ Deney No: **CBR - 001**  
 LOC. OF PROJECT / PROJE YERİ: \_\_\_\_\_ Coor./Koor.: \_\_\_\_\_  
 Contractor / MÜTEAHHİT : \_\_\_\_\_ Date of T. / Deney Tar. : **06.10.2008**  
 Control / Kontrol : \_\_\_\_\_  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : \_\_\_\_\_ Mold Dim/Kalıp Boyutları: \_\_\_\_\_  
 Test Performed By / Deneyi yapan : \_\_\_\_\_ Diam/Çap cm: **15.2**  
 Blows/layer: Vuruş/Tabaka: **61** Ht./Yüks.cm: **11.58**  
 No of layers / Tabaka Sayısı: **5** Vol / Hacim: **2100**

	Dry / Kuru	Wet / Islak
Moisture can no. / Kap no	1	2
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	48.95	76.04
M.wet soil+can / Islak Z.+Kap g	195.23	184.57
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	184.89	172.46
Mass of water / Su ağırlığı gr.	10.34	12.11
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	135.94	96.42
Water c. w % / Su muht. w % gr.	7.61	12.56

Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	12080
Mass of mold / Kalıp ağırl. gr.	7625
Mass of soil / Zemin gr. Mws	4455
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm3 g	2.121
Dry unit wgt./ Kuru gr/cm3 g kuru	1.971

Date / Tarih	Time / Saat	Swell / Şişme ( mm )
02.10.2008	0	0
03.10.2008	24	0.15
04.10.2008	48	0.26
05.10.2008	72	0.3
06.10.2008	96	0.42

Penetration / Penetrasyon ( mm )	Loading / Düz Yükleme ( kgf )
0	0
0.50	133
1.00	269
1.50	419
2.00	594
2.50	778
3.00	969
3.50	1148
4.00	1319
4.50	1481
5.00	1638
5.50	1782
6.00	1924



Penet. / Penetrasyon ( mm )	Load / Düz Yükleme	
	2.50	5.00
Standart Load / Stan. Yük	1360	2040
Load / Yük ( kgf )	778	1638
CBR Value / Değerleri ( % )	57.21	80.29

Swell / Şişme ( % )	0.36
---------------------	------

Project CBR Value / Proje CBR Değeri ( % )	80.29
--	-------

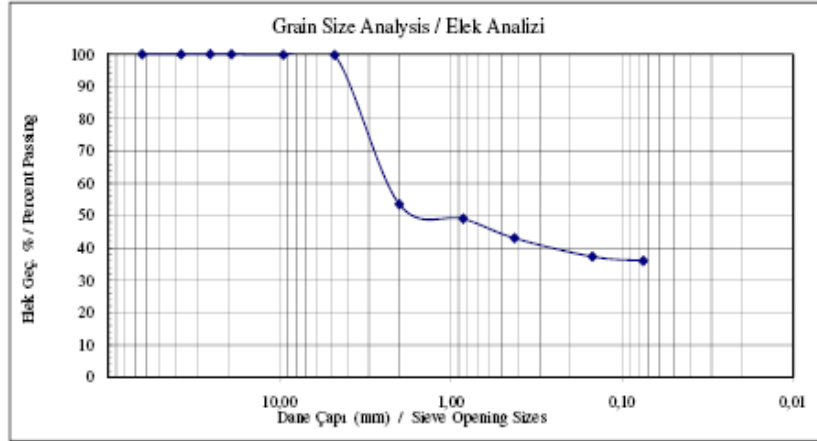
## Ek B – Araştırma Çukurları

### GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT/ İŞ VEREN : \_\_\_\_\_  
LOCATION of PROJECT/ PROJE YERİ: \_\_\_\_\_  
Contractor / MÜTEAHHİT : \_\_\_\_\_  
Control / Kontrol : \_\_\_\_\_ Job. No/ Deney No: **EA - 001**  
Description of Soil / Zeminin Cinsi : \_\_\_\_\_ Coord/Koor.: **AÇ-01**  
Test Performed By / Deneyi yapan : \_\_\_\_\_ Date of T. / Deney Tar.: **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 5542,00  
Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 3543,00  
Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 1999,00  
Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%): **36,07**

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan gr	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	5542,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	5542,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	5542,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	5542,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	5532,00	10,00	0,18	99,82
No 4	4,760	5528,00	14,00	0,25	99,75
No 10	2,000	2968,00	2574,00	46,45	53,55
No 20	0,845	2718,00	2824,00	50,96	49,04
No 40	0,425	2388,00	3154,00	56,91	43,09
No 100	0,149	2070,00	3472,00	62,65	37,35
No 200	0,075	1999,00	3543,00	63,93	36,07
TOTAL / TOPLAM			5542,00		



$D_{60}$ =	2,257	$C_u = D_{60}/D_{10}$	=	35087052,83	PL (%)	9,79
$D_{30}$ =	0,003	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} + D_{10})$	=	57,95	LL (%)	16,53
$D_{10}$ =	0,000				PI (%)	6,73

USCS Class. / USCS Sınıf: **GC**

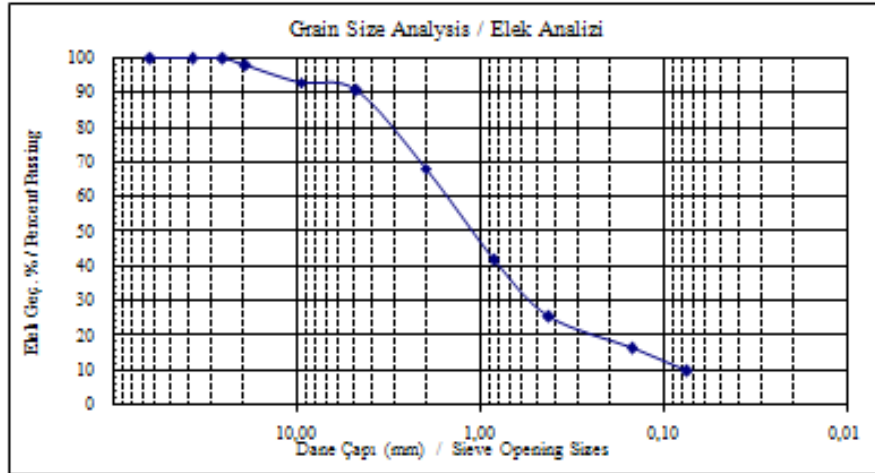
## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : .....  
 LOCATION of PROJECT/ PROJE YERİ: .....  
 Contractor / MÜTEAHHİT : .....  
 Control / Kontrol : .....  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : .....  
 Test Performed By / Deneyi yapan : .....

Job. No/ Deney No: **EA - 002**  
 Coord./Koor.: **AÇ-02**  
 Date of T. / Deney Tar. **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı 1225,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı 1105,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık 120,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%) **9,80**

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan g	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	1225,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1225,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1225,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1199,00	26,00	2,12	97,88
3/8"	9,53	1140,00	85,00	6,94	93,06
No 4	4,760	1111,00	114,00	9,31	90,69
No 10	2,000	838,00	387,00	31,59	68,41
No 20	0,845	514,00	711,00	58,04	41,96
No 40	0,425	314,00	911,00	74,37	25,63
No 100	0,149	200,00	1025,00	83,67	16,33
No 200	0,075	120,00	1105,00	90,20	9,80
PAN			120,00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			1225,00		



$D_{60}$	1,521	$C_u = D_{60}/D_{10} = 19,85$	PL (%)	NP
$D_{30}$	0,511	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} * D_{10}) = 2,24$	LL (%)	NL
$D_{10}$	0,077		PI (%)	NP

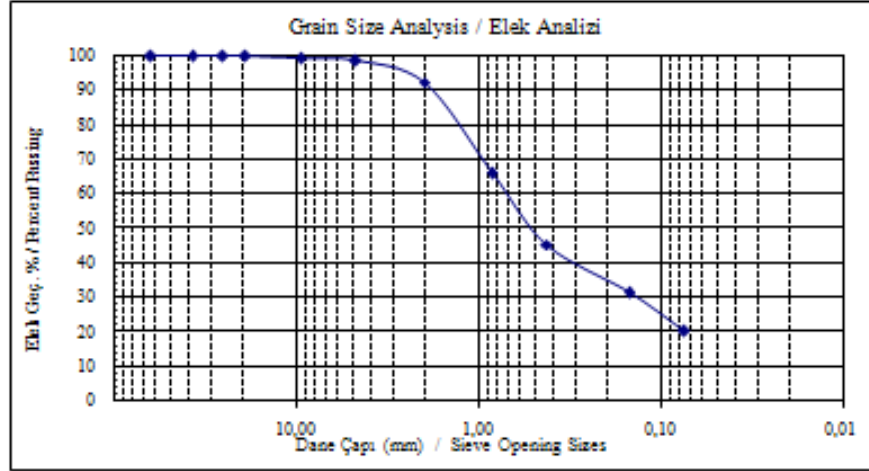
USCS Class. / USCS Sınıf: **SW-SM**

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : .....  
 LOCATION of PROJECT/ PROJE YERİ: .....  
 Contractor / MÜTEAHHİT : .....  
 Control / Kontrol : ..... Job. No/ Deney No: **EA - 003**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor./Koor.: **AÇ-03**  
 Test Performed By / Deneyi yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı 1583,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı 1261,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık 322,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%) **20,34**

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan g	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	1583,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1583,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1583,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1583,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	1570,00	13,00	0,82	99,18
No 4	4,760	1563,00	20,00	1,26	98,74
No 10	2,000	1460,00	123,00	7,77	92,23
No 20	0,845	1045,00	538,00	33,99	66,01
No 40	0,425	719,00	864,00	54,58	45,42
No 100	0,149	498,00	1085,00	68,54	31,46
No 200	0,075	322,00	1261,00	79,66	20,34
PAN			322,00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			1583,00		



$D_{60}$ =	0,691	$C_u = D_{60}/D_{10}$	= 17,46	PL (%)	NP
$D_{30}$ =	0,136	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} * D_{10})$	= 0,68	LL (%)	NL
$D_{10}$ =	0,040			PI (%)	NP

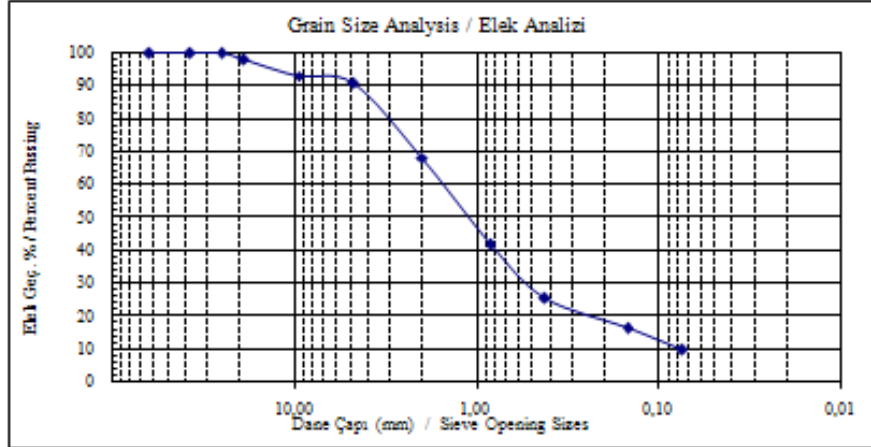
USCS Class. / USCS Sınıf: **SM**

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ: .....  
 Contractor / MÜTEAHHİT : .....  
 Control / Kontrol : ..... Job No/ Deney No: **EA - 004**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor./Koor.: **AÇ-04**  
 Test Performed By / Deneyi yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. **25.03.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı:	1225,00
Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı:	1105,00
Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık:	120,00
Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%):	9,80

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan gr	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	1225,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1225,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1225,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1199,00	26,00	2,12	97,88
3/8"	9,53	1140,00	85,00	6,94	93,06
No 4	4,760	1111,00	114,00	9,31	90,69
No 10	2,000	838,00	387,00	31,59	68,41
No 20	0,843	514,00	711,00	58,04	41,96
No 40	0,425	314,00	911,00	74,37	25,63
No 100	0,149	200,00	1025,00	83,67	16,33
No 200	0,075	120,00	1105,00	90,20	9,80
PAN			120,00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			<b>1225,00</b>		



$D_{60} =$ 1,521	$C_u = D_{60}/D_{10} =$ 19,85	PL (%)	9,84
$D_{30} =$ 0,511	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} * D_{10}) =$ 2,24	LL (%)	17,53
$D_{10} =$ 0,077		PI (%)	7,69

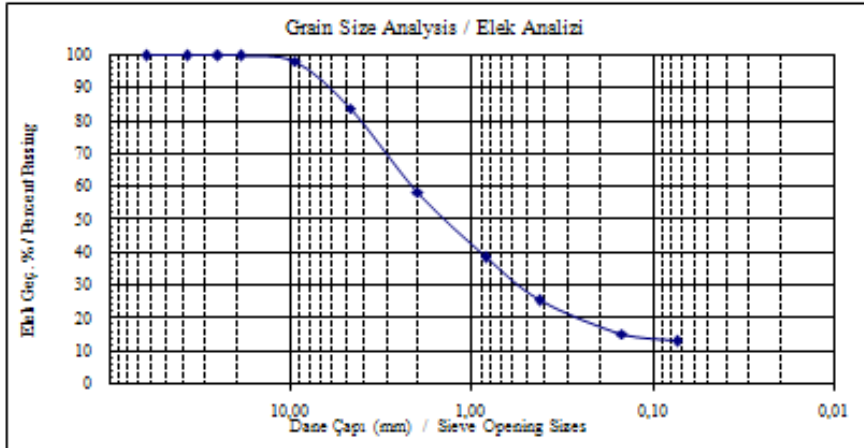
USCS Class. / USCS Sınıf: **SW-SC**

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : .....  
 LOCATION of PROJECT/ PROJE YERİ: .....  
 Contractor / MÜTEAHHİT : .....  
 Control / Kontrol : ..... Job No/ Deney No: **EA - 005**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor./Koor.: **AÇ-05**  
 Test Performed By / Deneyi yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 1154,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 1003,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 151,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%): **13,08**

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan gr	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	1154,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1154,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1154,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1154,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	1134,00	20,00	1,73	98,27
No 4	4,760	970,00	184,00	15,94	84,06
No 10	2,000	676,00	478,00	41,42	58,58
No 20	0,845	444,00	710,00	61,53	38,47
No 40	0,425	296,00	858,00	74,35	25,65
No 100	0,149	180,00	974,00	84,40	15,60
No 200	0,075	151,00	1003,00	86,92	13,08
PAN			151,00		
TOTAL / TOPLAM			1154,00		



$D_{60}$ =	2,099	$C_u = D_{60}/D_{10}$	= 65,01	PL (%)	NP
$D_{30}$ =	0,537	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} * D_{10})$	= 4,25	LL (%)	NL
$D_{10}$ =	0,032			PI (%)	NP

USCS Class. / USCS Sınıf: **SM**

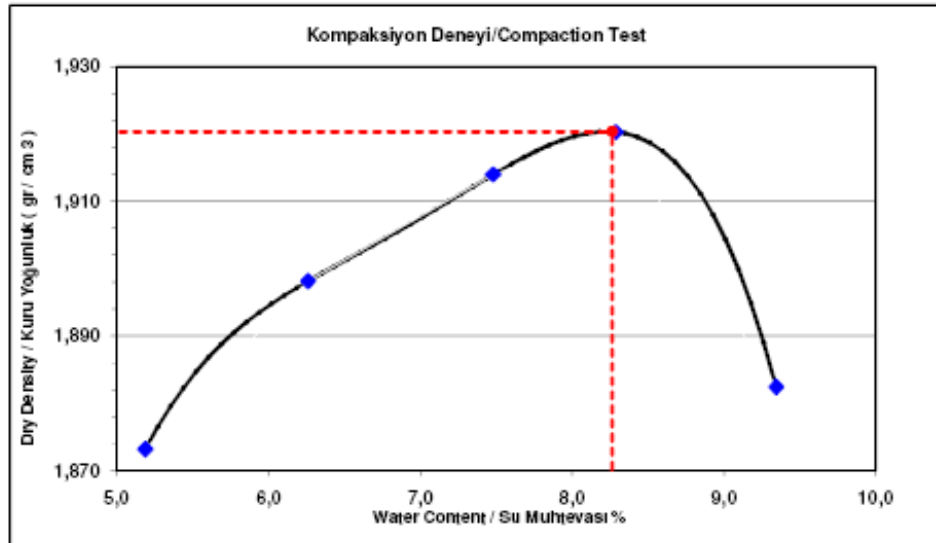
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deneý No:	SP - 005
LOC OF PROJECT / PROJE YERİ :		Coor./Koor.:	AÇ-05
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deneý Tar. :	25.08.2008
Control/ Kontrol :			
Description of Soil/ Zeminin Cinsi :		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By / Deneýi yapan :		Diam/Çap cm:	10,16
Blows/layer Vuruş/Tabaka :	25	Ht/Yüks.cm:	11,64
No of layers / Tabaka sayısı :	3	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	49,98	53,20	76,04	53,30	54,12	66,47	54,32	53,62	47,94	48,52
M. wet soil+can / İlak Z.+Kap g	181,56	178,69	141,38	168,19	106,29	126,48	120,43	112,27	123,58	164,72
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g	175,14	172,43	137,64	161,23	102,81	122,13	115,43	107,73	117,30	154,51
Mass of water / Su ağırlığı gr.	6,42	6,26	3,74	6,96	3,48	4,35	5,00	4,54	6,28	10,21
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	125,16	119,23	61,60	107,93	48,69	55,66	61,11	54,11	69,36	105,99
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5,13	5,25	6,07	6,45	7,15	7,82	8,18	8,39	9,05	9,63

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	5	6	7	8	9
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5,19	6,26	7,48	8,29	9,34
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5110	5154	5192	5213	5193
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3250	3250	3250	3250	3250
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1860	1904	1942	1963	1943
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1,97	2,02	2,06	2,08	2,06
Dry unit wgt / Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1,87	1,90	1,91	1,92	1,88



Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	8,26
Dry density gr/cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr/cm <sup>3</sup> :	1,920

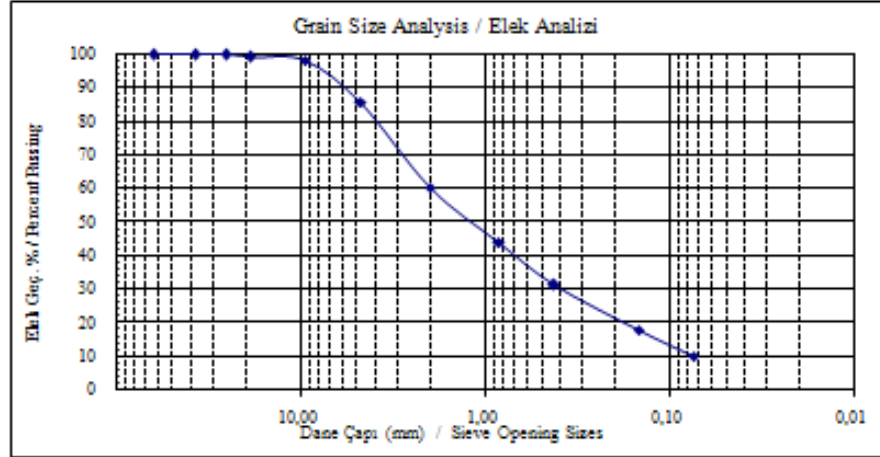
## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ: .....  
 Contractor / MÜTEAHHİT : .....  
 Control / Kontrol : .....  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : .....  
 Test Performed By / Deneyi yapan : .....

Job. No/ Deney No: **EA - 005**  
 Coord./Koor.: **AÇ-05.1**  
 Date of T. / Deney Tar. **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 1249,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 1120,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 129,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%): **10,33**

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan gr	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	1249,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1249,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1249,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1238,00	11,00	0,88	99,12
3/8"	9,53	1227,00	22,00	1,76	98,24
No 4	4,760	1071,00	178,00	14,25	85,75
No 10	2,000	753,00	496,00	39,71	60,29
No 20	0,845	553,00	696,00	55,72	44,28
No 40	0,425	393,00	856,00	68,33	31,67
No 100	0,149	226,00	1023,00	81,91	18,09
No 200	0,075	129,00	1120,00	89,67	10,33
PAN			129,00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			1249,00		



$D_{60} =$	1,969	$C_u = D_{60}/D_{10} =$	27,03	PL (%)	N.P
$D_{30} =$	0,379	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} * D_{10}) =$	1,00	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,073			PI (%)	N.P

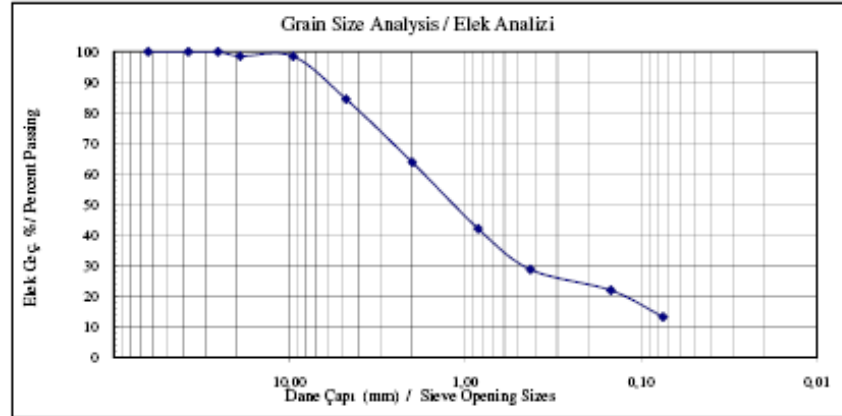
USCS Class. / USCS Sınıf: **SW-SM**

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : \_\_\_\_\_  
 LOCATION of PROJECT/ PROJE YERİ: \_\_\_\_\_  
 Contractor / MÜTEAHHİT : \_\_\_\_\_  
 Control / Kontrol : \_\_\_\_\_ Job. No/ Deney No: **EA - 007**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : \_\_\_\_\_ Coord/Koor.: **AÇ-06.1**  
 Test Performed By / Deneyi yapan : \_\_\_\_\_ Date of T. / Deney Tar. : **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 1266,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 1098,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 168,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oran (%): 13,27

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kolan gr	% Retained % Kolan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	1266,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1266,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1266,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1248,00	18,00	1,42	98,58
3/8"	9,53	1247,00	19,00	1,50	98,50
No 4	4,760	1070,00	196,00	15,48	84,52
No 10	2,000	808,00	458,00	36,18	63,82
No 20	0,845	533,00	733,00	57,90	42,10
No 40	0,425	364,00	902,00	71,25	28,75
No 100	0,149	278,00	988,00	78,04	21,96
No 200	0,075	168,00	1098,00	86,73	13,27
	PAN		168,00		
TOTAL / TOPLAM			1266,00		



$D_{90}$	1,719	$C_u = D_{90}/D_{10}$	= 29,67	PL (%)	N.P
$D_{30}$	0,453	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} \cdot D_{10})$	= 2,06	LL (%)	N.L
$D_{10}$	0,058			PI (%)	N.P

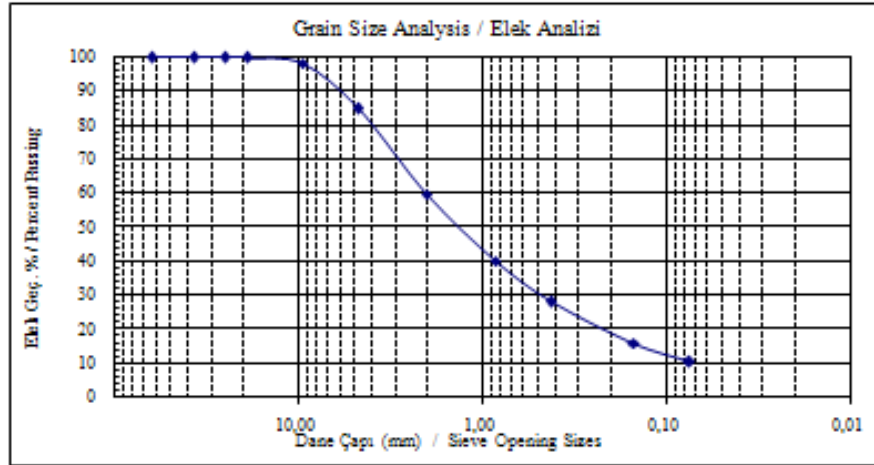
USCS Class. / USCS Sınıfı: **SM**

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : .....  
 LOCATION of PROJECT/ PROJE YERİ: .....  
 Contractor / MÜTEAHHİT : .....  
 Control / Kontrol : ..... Job. No/ Deney No: **EA - 008**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor./Koor.: **AÇ-06**  
 Test Performed By / Deneyi yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 1151,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 1028,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 123,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%): **10,69**

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan gr	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	1151,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1151,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1151,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1151,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	1133,00	18,00	1,56	98,44
No 4	4,760	977,00	174,00	15,12	84,88
No 10	2,000	688,00	463,00	40,23	59,77
No 20	0,845	464,00	687,00	59,69	40,31
No 40	0,425	325,00	826,00	71,76	28,24
No 100	0,149	184,00	967,00	84,01	15,99
No 200	0,075	123,00	1028,00	89,31	10,69
PAN			123,00		
TOTAL / TOPLAM			1151,00		



$D_{60} =$	2,016	$C_u = D_{60}/D_{10} =$	29,37	PL (%)	NP
$D_{30} =$	0,470	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} * D_{10}) =$	1,60	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,069			PI (%)	NP

USCS Class. / USCS Sınıf: **SW-SM**

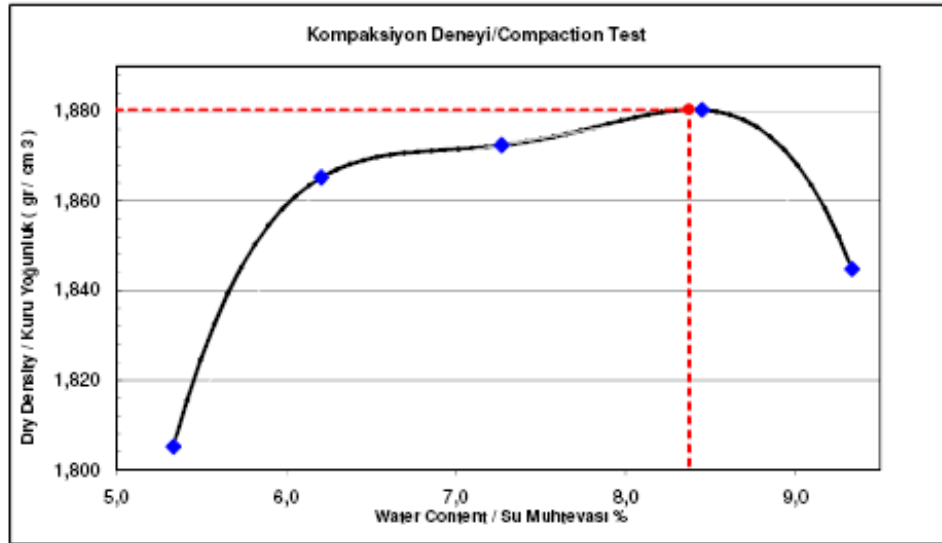
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :	Job. No/ Deneş No	SP - 006
LOC. OF PROJECT / PROJE YERİ :	Coor./Koor.:	AÇ-06
Contractor / MÜTEAHHİT :	Date of T. / Deneş Tar. :	25.08.2008
Control / Kontrol :		
Description of Soil/ Zeminin Cinsi :	Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By / Deneşı yapan :	Diam/Çap cm:	10,16
Blows/layer/ Vuruş/Tabaka :	HT/Yüks.cm:	11,64
No of layers / Tabaka sayısı :	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	48,98	53,12	53,14	53,30	58,76	48,44	56,88	48,48	53,16	47,64
M. wet soil+can / İslak Z.+Kap g	176,31	189,67	114,83	132,84	105,97	114,68	120,36	110,36	123,64	164,23
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	170,24	182,35	111,29	128,11	102,83	110,11	115,64	105,32	117,78	154,02
Mass of water / Su ağırlığı gr.	6,07	7,32	3,54	4,73	3,14	4,57	4,72	5,04	5,86	10,21
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	121,26	129,23	58,15	74,81	44,07	61,67	58,76	56,84	64,62	106,38
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5,01	5,66	6,09	6,32	7,13	7,41	8,03	8,87	9,07	9,60

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	5	6	7	8	9
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5,34	6,21	7,27	8,45	9,33
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5326	5401	5427	5456	5435
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3531	3531	3531	3531	3531
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1795	1870	1896	1925	1904
Wet unit wt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1,90	1,98	2,01	2,04	2,02
Dry unit wt / Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1,81	1,87	1,87	1,88	1,84



Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	8,37
Dry density gr/cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr/cm <sup>3</sup> :	1,880

**CALIFORNIA BEARING RATIO TEST ( CBR )**  
**KALİFORNİYA TAŞIMA ORANI TESTİ ( CBR )**

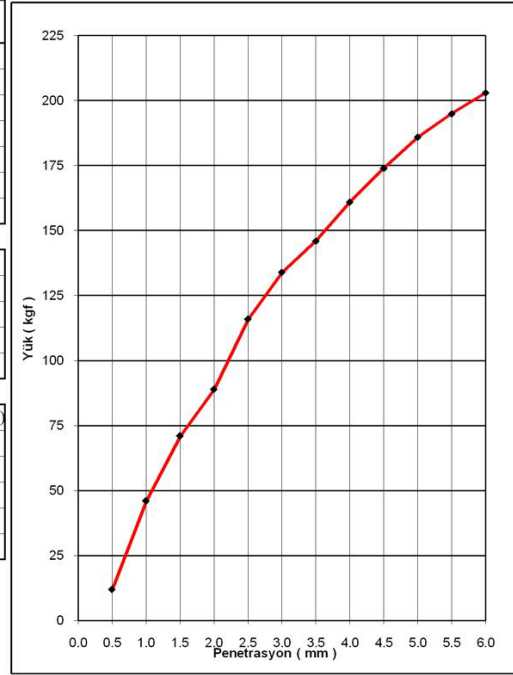
CONSULTANT / İŞ VEREN : \_\_\_\_\_ Job. No/ Deneý No: CBR - 006  
 LOC. OF PROJECT / PROJE YERİ: \_\_\_\_\_ Coord./Koor.: A.Ç.-06  
 Contractor / MÜTEAHHİT : \_\_\_\_\_ Date of T. / Deneý Tar. : 26.08.2008  
 Control / Kontrol : \_\_\_\_\_  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : \_\_\_\_\_ Mold Dim/Kalıp Boyutları: \_\_\_\_\_  
 Test Performed By / Deneý yapan : \_\_\_\_\_ Diam/Çap cm: 15.2  
 Blows/layer: Vuruş/Tabaka: 61 Ht./Yüks.cm: 11.58  
 No of layers / Tabaka Sayısı: 5 Vol / Hacim: 2100

	Dry / Kuru	Wet / Islak
Moisture can no. / Kap no	1	2
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	51.40	53.32
M.wet soil+can / Islak Z.+Kap g	141.68	152.83
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	137.43	144.86
Mass of water / Su ağırlığı gr.	4.25	7.97
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	86.03	91.54
Water c. w % / Su muht. w % gr.	4.94	8.71

Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	11463	11689
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	7960	7960
Mass of soil / Zemin gr. Mws	3503	3729
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1.668	1.776
Dry unit wgt./ Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1.589	1.633

Date / Tarih	Time / Saat	Swell / Şişme ( mm )
22.08.2008	0	0
23.08.2008	24	0.01
24.08.2008	48	0.01
25.08.2008	72	0.02
26.08.2008	96	0.04

Penetration / Penetrasyon ( mm )	Loading / Düz Yükleme ( kgf )
0	0
0.50	12
1.00	46
1.50	71
2.00	89
2.50	116
3.00	134
3.50	146
4.00	161
4.50	174
5.00	186
5.50	195
6.00	203



Penet. / Penetrasyon ( mm )	Load / Düz Yükleme	
	2.50	5.00
Standart Load / Stan. Yük	1360	2040
Load / Yük ( kgf )	116	186
CBR Value / Değerleri ( % )	8.53	9.12

Swell / Şişme ( mm )	0.03
----------------------	------

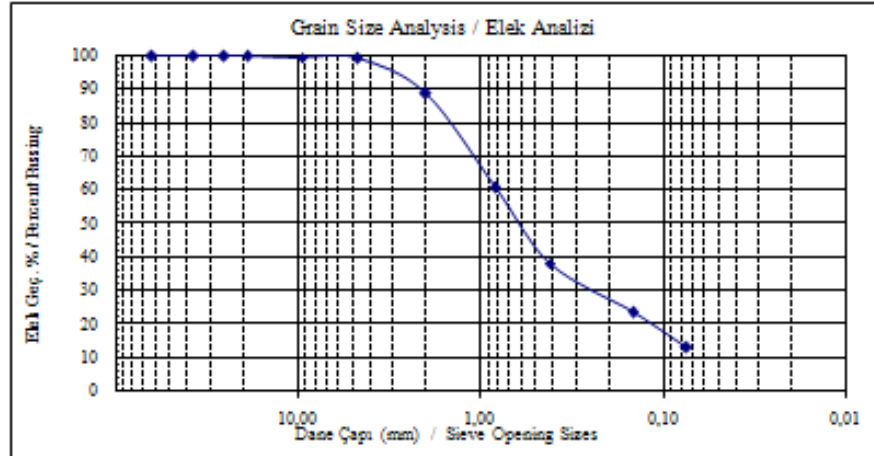
Project CBR Value / Proje CBR Değeri ( % )	9.12
--	------

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 Contractor / MÜTEAHHİT : .....  
 Control / Kontrol : ..... Job. No/ Deney No: **EA - 009**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor./Koor.: **AÇ-07**  
 Test Performed By / Deneyi yapan : ..... Date of T. / Deney Tar: **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 1174,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 1020,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 154,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%): **13,12**

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan gr	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	1174,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1174,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1174,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1174,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	1169,00	5,00	0,43	99,57
No 4	4,760	1166,00	8,00	0,68	99,32
No 10	2,000	1043,00	131,00	11,16	88,84
No 20	0,845	715,00	459,00	39,10	60,90
No 40	0,425	450,00	724,00	61,67	38,33
No 100	0,149	278,00	896,00	76,32	23,68
No 200	0,075	154,00	1020,00	86,88	13,12
PAN			154,00		
TOTAL / TOPLAM			1174,00		



$D_{60} =$	0,822	$C_u = D_{60}/D_{10} =$	13,42	PL (%)	NP
$D_{30} =$	0,234	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} * D_{10}) =$	1,09	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,061			PI (%)	NP

USCS Class. / USCS Sınıf: **SM**

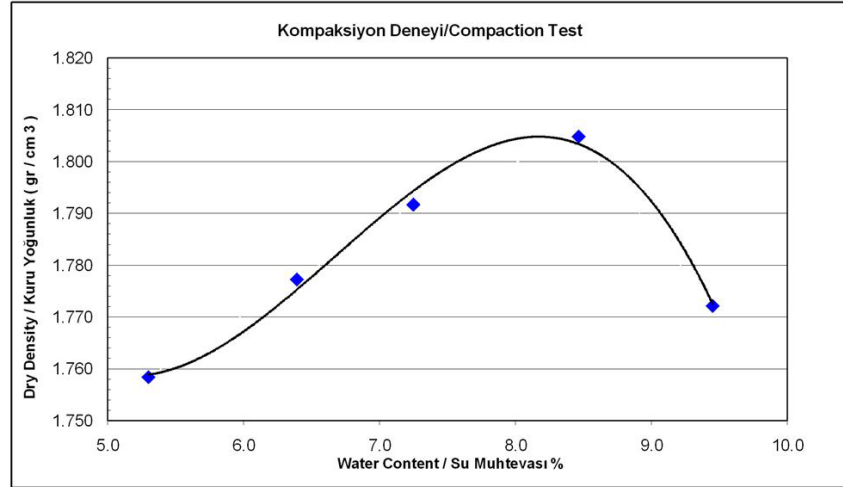
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deney No:	SP - 007
LOC.OF PROJECT / PROJE YERİ:		Coor./Koor.:	AÇ-07
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deney Tar. :	25.08.2008
Control / Kontrol :			
Description of Soil / Zeminin Cinsi:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By / Deneyi yapan :		Diam/Çap cm:	10.16
Blows/layer: Vuruş/Tabaka:	25	Ht./Yüks.cm:	11.64
No of layers / Tabaka sayısı :	3	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	62.73	56.25	58.61	57.15	59.41	53.30	52.64	48.48	54.12	74.02
M.wet soil+can / Islak Z.+Kap g	192.29	201.78	145.87	185.32	107.26	174.28	169.38	124.75	159.62	148.94
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	186.01	194.18	140.92	177.19	104.11	165.89	160.62	118.57	150.84	142.24
Mass of water / Su ağırlığı gr.	6.28	7.60	4.95	8.13	3.15	8.39	8.76	6.18	8.78	6.70
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	123.28	137.93	82.31	120.04	44.70	112.59	107.98	70.09	96.72	68.22
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5.09	5.51	6.01	6.77	7.05	7.45	8.11	8.82	9.08	9.82

Ass. Water con./Tahm. Su muh. %	5	6	7	8	9
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5.30	6.39	7.25	8.46	9.45
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	4998	5035	5064	5098	5081
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3250	3250	3250	3250	3250
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1748	1785	1814	1848	1831
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1.85	1.89	1.92	1.96	1.94
Dry unit wgt / Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1.76	1.78	1.79	1.80	1.77



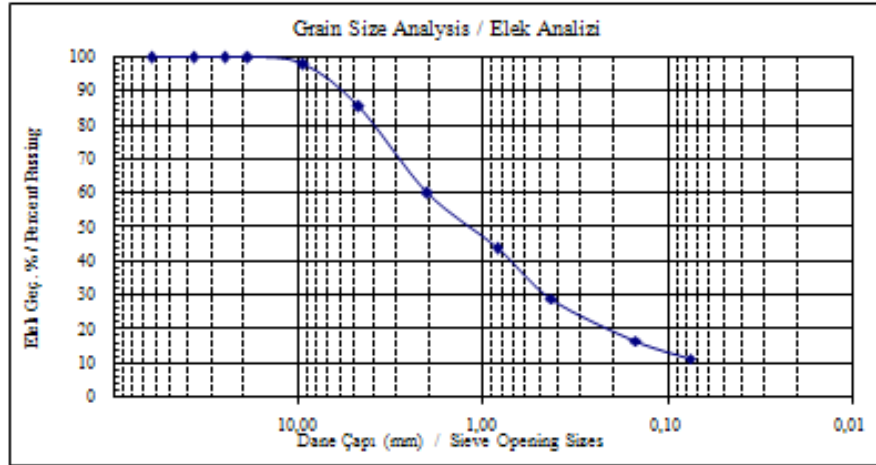
Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	8.37
Dry density gr./cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr./cm <sup>3</sup> :	1.805

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ: .....  
 Contractor / MÜTEAHHİT : .....  
 Control / Kontrol : ..... Job. No/ Deney No: **EA - 010**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coord./Koor.: **AÇ-08**  
 Test Performed By / Deneyi yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 1170,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 1036,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 134,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%): **11,45**

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan gr	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	1170,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1170,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1170,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1170,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	1147,00	23,00	1,97	98,03
No 4	4,760	1001,00	169,00	14,44	85,56
No 10	2,000	702,00	468,00	40,00	60,00
No 20	0,845	511,00	659,00	56,32	43,68
No 40	0,425	339,00	831,00	71,03	28,97
No 100	0,149	198,00	972,00	83,08	16,92
No 200	0,075	134,00	1036,00	88,55	11,45
PAN			134,00		
TOTAL / TOPLAM			1170,00		



$D_{60} =$	2,000	$C_u = D_{60}/D_{10} =$	32,00	PL (%)	NP
$D_{30} =$	0,446	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} * D_{10}) =$	1,59	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,062			PI (%)	NP

USCS Class. / USCS Sınıf: **SW-SM**

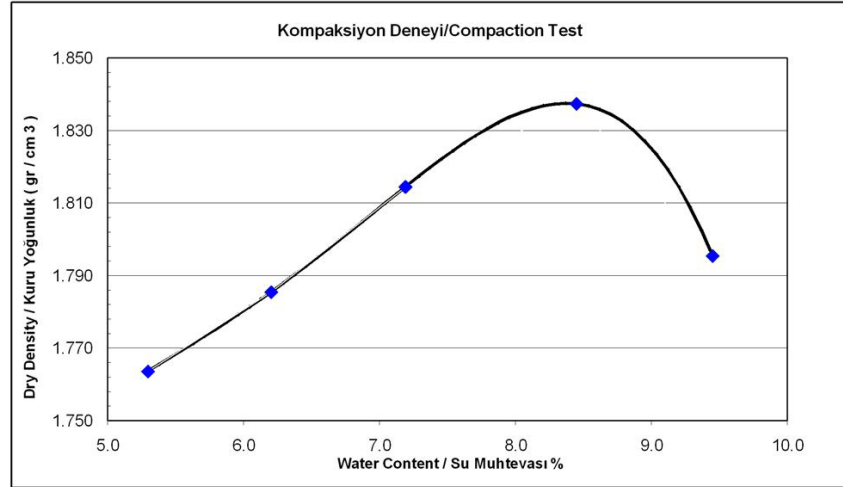
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deney No:	SP - 008
LOC.OF PROJECT / PROJE YERİ:		Coor./Koor.:	AÇ-08
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deney Tar. :	25.08.2008
Control / Kontrol :			
Description of Soil / Zeminin Cinsi:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By / Deneyi yapan :		Diam/Çap cm:	10.16
Blows/layer: Vuruş/Tabaka:	25	Ht./Yüks.cm:	11.64
No of layers / Tabaka sayısı :	3	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	76.16	62.37	54.32	51.40	71.12	48.98	53.30	48.48	54.12	74.02
M.wet soil+can / Islak Z.+Kap g	192.34	201.64	144.38	186.43	108.68	162.74	131.69	124.75	159.62	148.94
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	186.81	194.26	139.21	178.41	106.21	154.96	125.83	118.57	150.84	142.24
Mass of water / Su ağırlığı gr.	5.53	7.38	5.17	8.02	2.47	7.78	5.86	6.18	8.78	6.70
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	110.65	131.89	84.89	127.01	35.09	105.98	72.53	70.09	96.72	68.22
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5.00	5.60	6.09	6.31	7.04	7.34	8.08	8.82	9.08	9.82

Ass. Water con./Tahm. Su muh. %	5	6	7	8	9
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5.30	6.20	7.19	8.45	9.45
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5284	5321	5367	5412	5386
Mass of mold / Kalıp ağır gr.	3531	3531	3531	3531	3531
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1753	1790	1836	1881	1855
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1.86	1.90	1.94	1.99	1.97
Dry unit wgt/ Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1.76	1.79	1.81	1.84	1.80



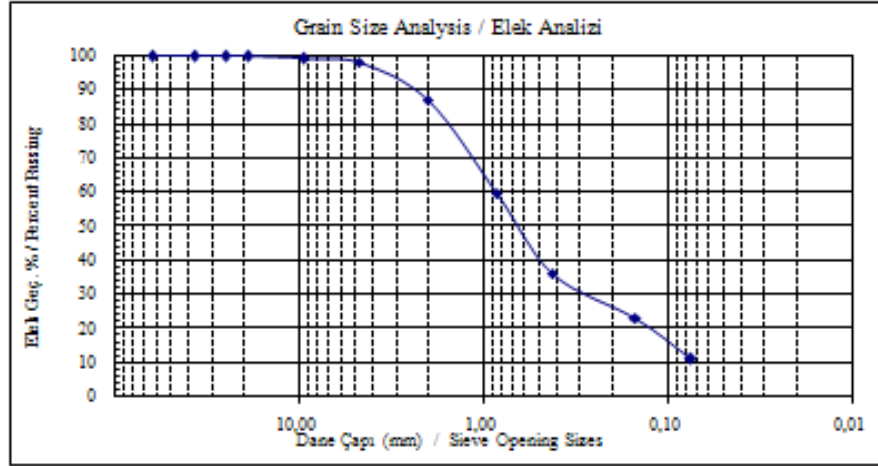
Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	8.37
Dry density gr./cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr./cm <sup>3</sup> :	1.838

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : .....  
 LOCATION of PROJECT/ PROJE YERİ: .....  
 Contractor / MÜTEAHHİT : .....  
 Control / Kontrol : ..... Job. No/ Deney No: **EA - 011**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor./Koor.: **AÇ-09**  
 Test Performed By / Deneyi yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 1179,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 1047,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 132,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%): **11,20**

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan gr	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,50	1179,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1179,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1179,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1179,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	1170,00	9,00	0,76	99,24
No 4	4,76	1158,00	21,00	1,78	98,22
No 10	2,00	1027,00	152,00	12,89	87,11
No 20	0,845	707,00	472,00	40,03	59,97
No 40	0,425	428,00	751,00	63,70	36,30
No 100	0,149	276,00	903,00	76,59	23,41
No 200	0,075	132,00	1047,00	88,80	11,20
PAN			132,00		
TOTAL / TOPLAM			1179,00		



$D_{60}$ =	0,846	$C_u = D_{60}/D_{10}$	= 12,06	PL (%)	NP
$D_{30}$ =	0,255	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} \cdot D_{10})$	= 1,09	LL (%)	NL
$D_{10}$ =	0,070			PI (%)	NP

USCS Class. / USCS Sınıf: **SW-SM**

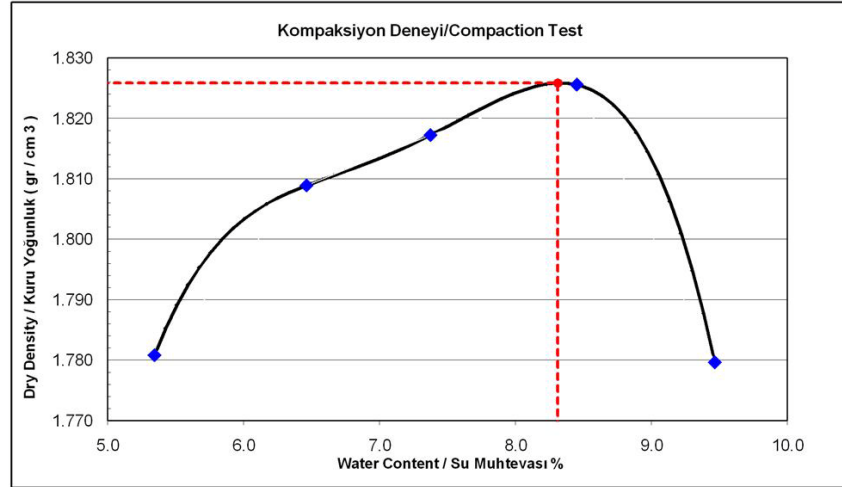
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deney No:	SP - 009
LOC.OF PROJECT / PROJE YERİ:		Coor./Koor.:	AÇ-09
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deney Tar. :	25.08.2008
Control / Kontrol :			
Description of Soil / Zeminin Cinsi:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By / Deneyi yapan :		Diam/Çap cm:	10.16
Blows/layer: Vuruş/Tabaka:	25	Ht./Yüks.cm:	11.64
No of layers / Tabaka sayısı :	3	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	54.10	51.26	61.32	61.48	52.10	63.30	55.12	49.98	52.68	76.04
M.wet soil+can / Islak Z.+Kap g	204.12	195.67	176.53	199.87	169.43	186.47	182.17	189.42	168.97	132.68
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	196.94	187.93	169.82	191.13	161.69	177.68	172.64	179.62	159.21	127.64
Mass of water / Su ağırlığı gr.	7.18	7.74	6.71	8.74	7.74	8.79	9.53	9.80	9.76	5.04
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	142.84	136.67	108.50	129.65	109.59	114.38	117.52	111.46	106.53	51.60
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5.03	5.66	6.18	6.74	7.06	7.68	8.11	8.79	9.16	9.77

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	5	6	7	8	9
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5.34	6.46	7.37	8.45	9.46
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5021	5068	5092	5119	5089
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3250	3250	3250	3250	3250
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1771	1818	1842	1869	1839
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1.88	1.93	1.95	1.98	1.95
Dry unit wgt / Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1.78	1.81	1.82	1.83	1.78



Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	8.31
Dry density gr./cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr./cm <sup>3</sup> :	1.826

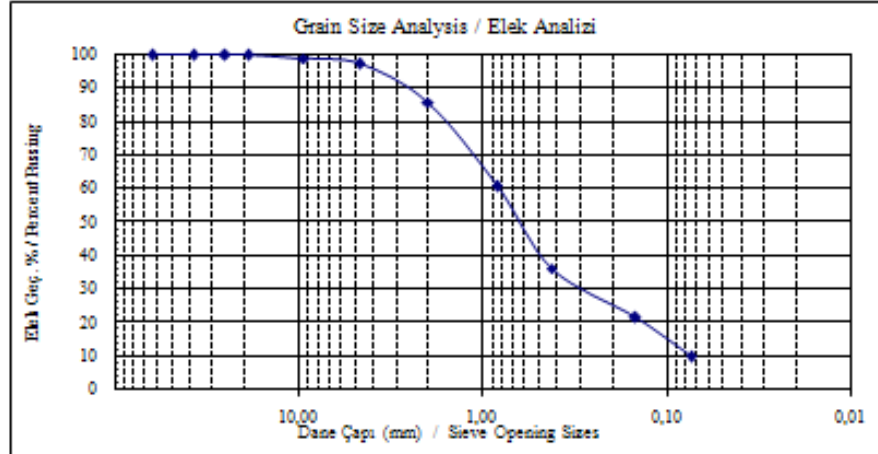
## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ: .....  
 Contractor / MÜTEAHHİT : .....  
 Control / Kontrol : .....  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : .....  
 Test Performed By / Deneyi yapan : .....

Job. No/ Deney No: **EA - 012**  
 Coor./Koor.: **AÇ-10**  
 Date of T. / Deney Tar. **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı:	1165,00
Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı:	1051,00
Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık:	114,00
Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%)	<b>9,79</b>

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan gr	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	1165,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1165,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1165,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1165,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	1153,00	12,00	1,03	98,97
No 4	4,760	1133,00	32,00	2,75	97,25
No 10	2,000	1002,00	163,00	13,99	86,01
No 20	0,845	708,00	457,00	39,23	60,77
No 40	0,425	422,00	743,00	63,78	36,22
No 100	0,149	251,00	914,00	78,45	21,55
No 200	0,075	114,00	1051,00	90,21	9,79
PAN			114,00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			1165,00		



$D_{60} =$	0.827	$C_u = D_{60}/D_{10} =$	10.89	PL (%)	NP
$D_{30} =$	0.273	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} * D_{10}) =$	1.18	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0.076			PI (%)	NP

USCS Class. / USCS Sınıf: **SW-SM**

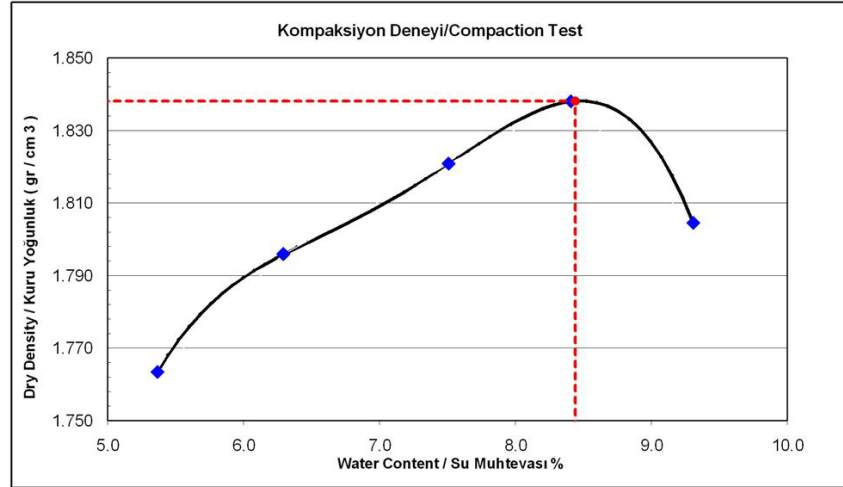
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deney No:	SP - 010
LOC.OF PROJECT / PROJE YERİ:		Coor./Koor.:	AÇ-10
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deney Tar. :	25.08.2008
Control / Kontrol :			
Description of Soil / Zeminin Cinsi:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By / Deneyi yapan :		Diam/Çap cm:	10.16
Blows/layer: Vuruş/Tabaka:	25	Ht./Yüks.cm:	11.64
No of layers / Tabaka sayısı :	3	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	56.76	51.40	61.14	62.22	52.10	61.42	56.78	48.98	54.10	74.12
M.wet soil+can / Islak Z.+Kap g	205.63	196.47	175.49	201.47	188.49	174.61	171.48	194.83	168.45	132.54
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	198.45	188.69	168.94	192.96	179.48	166.28	162.89	185.11	158.96	127.44
Mass of water / Su ağırlığı gr.	7.18	7.78	6.55	8.51	9.01	8.33	8.59	9.72	9.49	5.10
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	141.69	137.29	107.80	130.74	127.38	104.86	106.11	111.46	104.86	53.32
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5.07	5.67	6.08	6.51	7.07	7.94	8.10	8.72	9.05	9.56

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	5	6	8	8	9
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5.37	6.29	7.51	8.41	9.31
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5004	5052	5098	5131	5112
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3250	3250	3250	3250	3250
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1754	1802	1848	1881	1862
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1.86	1.91	1.96	1.99	1.97
Dry unit wgt / Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1.76	1.80	1.82	1.84	1.80



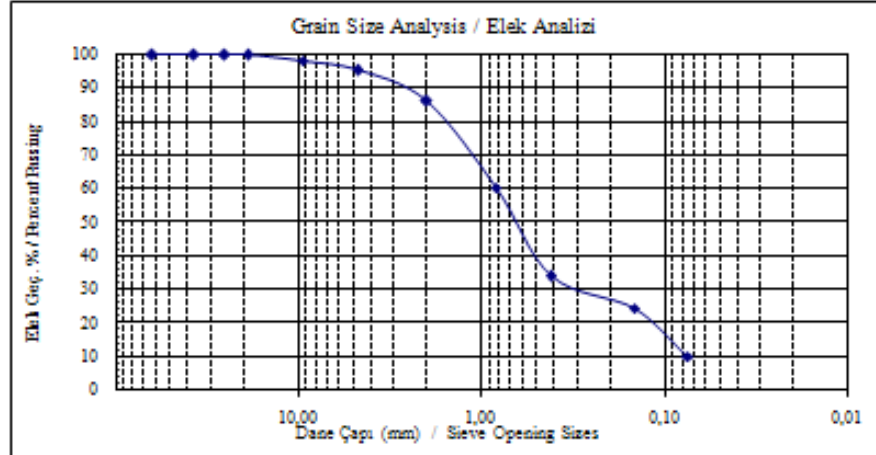
Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	8.44
Dry density gr./cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr./cm <sup>3</sup> :	1.838

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ: .....  
 Contractor / MÜTEAHHİT : .....  
 Control / Kontrol : ..... Job. No/ Deney No: **EA - 013**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coord./Koor.: **AÇ-11**  
 Test Performed By / Deneyi yapan : ..... Date of T. / Deney Tar: **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 1241,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 1113,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 128,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%): **10,31**

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan gr	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	1241,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1241,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1241,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1241,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	1219,00	22,00	1,77	98,23
No 4	4,760	1185,00	56,00	4,51	95,49
No 10	2,000	1068,00	173,00	13,94	86,06
No 20	0,845	749,00	492,00	39,65	60,35
No 40	0,425	421,00	820,00	66,08	33,92
No 100	0,149	305,00	936,00	75,42	24,58
No 200	0,075	128,00	1113,00	89,69	10,31
	PAN		128,00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			1241,00		



$D_{60} =$	0,837	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	11,33	PL (%)	NP
$D_{30} =$	0,274	$C_c = (D_{30}^2 / D_{60} * D_{10}) =$	1,21	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,074			PI (%)	NP

USCS Class. / USCS Sınıf: **SW-SM**

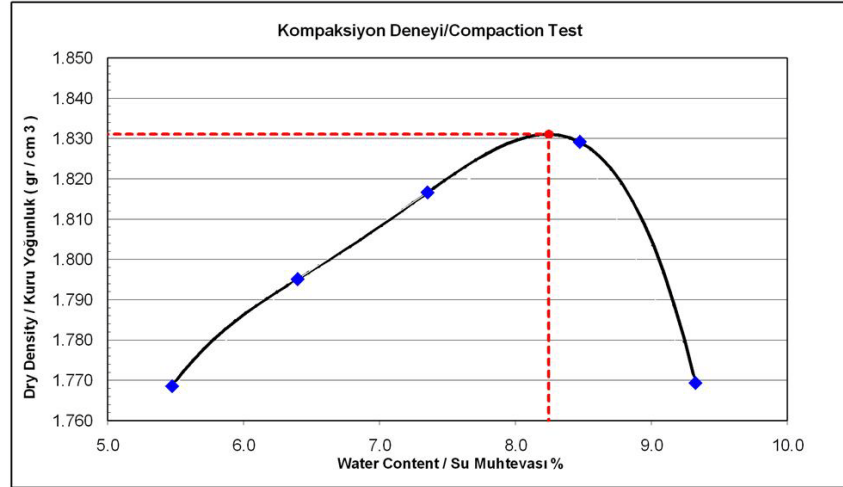
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deney No:	SP - 011
LOC.OF PROJECT / PROJE YERİ:		Coor./Koor.:	AÇ-11
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deney Tar. :	25.08.2008
Control / Kontrol :			
Description of Soil / Zeminin Cinsi:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By / Deneyi yapan :		Diam/Çap cm:	10.16
Blows/layer: Vuruş/Tabaka:	25	Ht./Yüks.cm:	11.64
No of layers / Tabaka sayısı :	3	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	53.30	52.38	64.52	53.18	54.83	62.61	48.98	51.42	55.62	75.34
M.wet soil+can / Islak Z.+Kap g	203.16	189.27	181.76	201.47	187.26	203.46	165.73	174.69	172.94	133.45
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	195.97	181.63	175.04	192.14	178.56	193.42	156.85	164.98	163.21	128.36
Mass of water / Su ağırlığı gr.	7.19	7.64	6.72	9.33	8.70	10.04	8.88	9.71	9.73	5.09
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	142.67	129.25	110.52	138.96	123.73	130.81	107.87	111.46	107.59	53.02
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5.04	5.91	6.08	6.71	7.03	7.68	8.23	8.71	9.04	9.60

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	5	6	7	8	9
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5.48	6.40	7.35	8.47	9.32
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5011	5053	5091	5123	5076
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3250	3250	3250	3250	3250
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1761	1803	1841	1873	1826
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1.87	1.91	1.95	1.98	1.93
Dry unit wgt / Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1.77	1.80	1.82	1.83	1.77



Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	8.24
Dry density gr./cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr./cm <sup>3</sup> :	1.831

**CALIFORNIA BEARING RATIO TEST ( CBR )**  
**KALİFORNİYA TAŞIMA ORANI TESTİ ( CBR )**

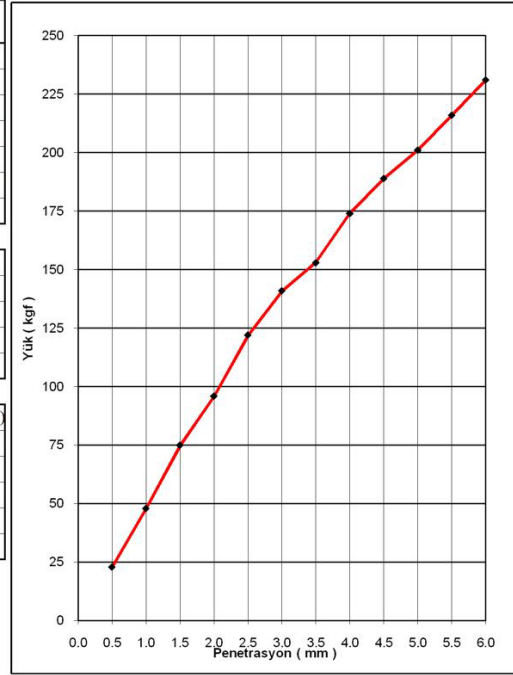
CONSULTANT / İŞ VEREN : \_\_\_\_\_ Job. No/ Deney No: CBR - 011  
 LOC. OF PROJECT / PROJE YERİ: \_\_\_\_\_ Coord./Koor.: A.Ç.-11  
 Contractor / MÜTEAHHİT : \_\_\_\_\_ Date of T. / Deney Tar. : 26.08.2008  
 Control / Kontrol : \_\_\_\_\_  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : \_\_\_\_\_ Mold Dim/Kalıp Boyutları: \_\_\_\_\_  
 Test Performed By / Deneyi yapan : \_\_\_\_\_ Diam/Çap cm: 15.2  
 Blows/layer: Vuruş/Tabaka: 61 Ht./Yüks.cm: 11.58  
 No of layers / Tabaka Sayısı: 5 Vol / Hacim: 2100

	Dry / Kuru	Wet / Islak
Moisture can no. / Kap no	1	2
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	48.98	76.04
M. wet soil+can / Islak Z.+Kap g	189.47	192.54
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	183.72	183.14
Mass of water / Su ağırlığı gr.	5.75	9.40
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	134.74	107.10
Water c. w % / Su muht. w % gr.	4.27	8.78

Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	11348	11429
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	7620	7620
Mass of soil / Zemin gr. Mws	3728	3809
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1.775	1.814
Dry unit wgt./ Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1.702	1.667

Date / Tarih	Time / Saat	Swell / Şişme ( mm )
22.08.2008	0	0
23.08.2008	24	0.01
24.08.2008	48	0.01
25.08.2008	72	0.02
26.08.2008	96	0.04

Penetration / Penetrasyon ( mm )	Loading / Düz Yükleme ( kgf )
0	0
0.50	23
1.00	48
1.50	75
2.00	96
2.50	122
3.00	141
3.50	153
4.00	174
4.50	189
5.00	201
5.50	216
6.00	231



Penet. / Penetrasyon ( mm )	Load / Düz Yükleme	
	2.50	5.00
Standart Load / Stan. Yük	1360	2040
Load / Yük ( kgf )	122	201
CBR Value / Değerleri ( % )	8.97	9.85

Swell / Şişme ( mm )	0.03
----------------------	------

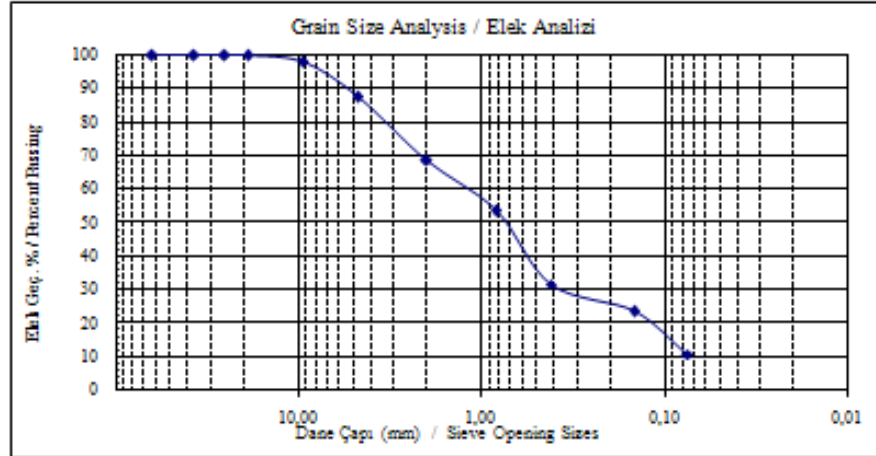
Project CBR Value / Proje CBR Değeri ( % )	9.85
--	------

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ: .....  
 Contractor / MÜTEAHHİT : .....  
 Control / Kontrol : ..... Job. No/ Deney No: **EA - 014**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor./Koor.: **AÇ-12**  
 Test Performed By / Deneyi yapan : ..... Date of T. / Deney Tar: **25.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 1263,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 1124,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 139,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%): **11,01**

Sieve No Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı mm	Passing Geçen gr	Mass Retained Elekte Kalan gr	% Retained %Kalan	% Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	1263,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1263,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	1263,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	1263,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	1237,00	26,00	2,06	97,94
No 4	4,760	1106,00	157,00	12,43	87,57
No 10	2,000	865,00	398,00	31,51	68,49
No 20	0,845	677,00	586,00	46,40	53,60
No 40	0,425	402,00	861,00	68,17	31,83
No 100	0,149	299,00	964,00	76,33	23,67
No 200	0,075	139,00	1124,00	88,99	11,01
PAN			139,00		
TOTAL / TOPLAM			1263,00		



$D_{60} =$	1,224	$C_u = D_{60}/D_{10} =$	17,23	PL (%)	NP
$D_{30} =$	0,336	$C_c = (D_{30}^2/D_{60} * D_{10}) =$	1,30	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,071			PI (%)	NP

USCS Class. / USCS Sınıf: **SW-SM**

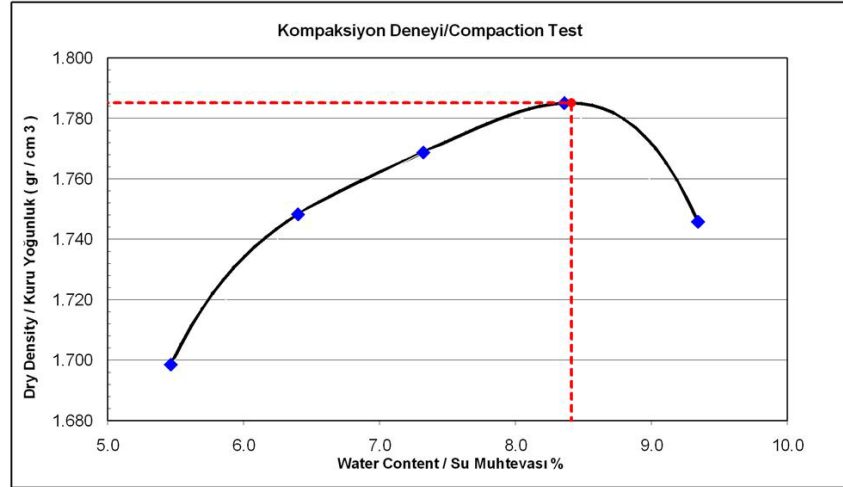
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deney No:	SP - 012
LOC.OF PROJECT / PROJE YERİ:		Coor./Koor.:	AÇ-12
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deney Tar. :	25.08.2008
Control / Kontrol :			
Description of Soil / Zeminin Cinsi:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By / Deneyi yapan :		Diam/Çap cm:	10.16
Blows/layer: Vuruş/Tabaka:	25	Ht./Yüks.cm:	11.64
No of layers / Tabaka sayısı :	3	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	47.94	52.10	53.32	76.04	68.92	46.54	53.18	47.34	65.14	73.30
M.wet soil+can / Islak Z.+Kap g	186.72	199.71	151.67	192.46	198.41	162.95	131.58	124.82	162.57	148.89
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	179.89	191.68	146.04	185.12	189.91	154.71	125.76	118.62	154.47	142.26
Mass of water / Su ağırlığı gr.	6.83	8.03	5.63	7.34	8.50	8.24	5.82	6.20	8.10	6.63
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	131.95	139.58	92.72	109.08	120.99	108.17	72.58	71.28	89.33	68.96
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5.18	5.75	6.07	6.73	7.03	7.62	8.02	8.70	9.07	9.61

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	5	6	7	8	9
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5.46	6.40	7.32	8.36	9.34
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5211	5276	5312	5346	5322
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3520	3520	3520	3520	3520
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1691	1756	1792	1826	1802
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1.79	1.86	1.90	1.93	1.91
Dry unit wgt / Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1.70	1.75	1.77	1.79	1.75



Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	8.41
Dry density gr./cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr./cm <sup>3</sup> :	1.785

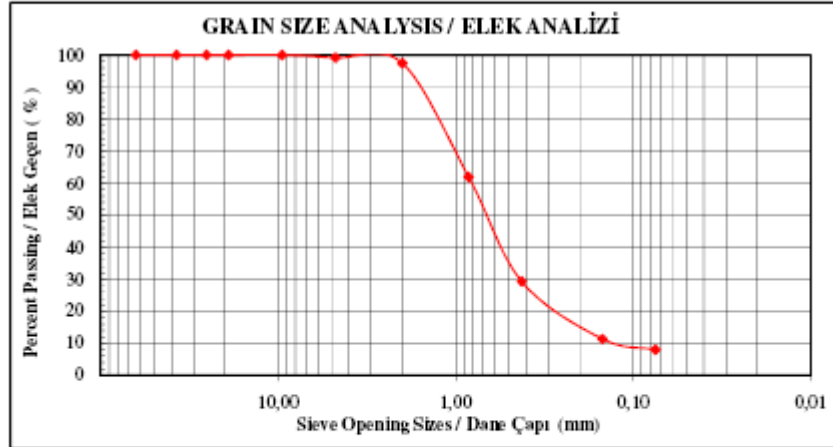
## Ek C – Sondaj Kuyuları

### GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : \_\_\_\_\_  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : \_\_\_\_\_  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : \_\_\_\_\_  
 CONTROL / KONTROL : \_\_\_\_\_ Job. No / Deney No : **EA - 001**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : \_\_\_\_\_ Coor. / Koordinat : **SK-1 (1.50 - 1.95)**  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : \_\_\_\_\_ Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı **352,00**  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı **324,00**  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık **28,00**  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı ( % ) **7,95**

Sieve Num. Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	352,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	352,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	352,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	352,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	352,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	349,00	3,00	0,85	99,15
No 10	2,000	343,00	9,00	2,56	97,44
No 20	0,845	218,00	134,00	38,07	61,93
No 40	0,425	103,00	249,00	70,74	29,26
No 100	0,149	40,00	312,00	88,64	11,36
No 200	0,075	28,00	324,00	92,05	7,95
	PAN		28,00		
TOTAL / TOPLAM			352,00		



$D_{60} =$	0,811	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	7,17	PL ( % )	N.P
$D_{30} =$	0,432	$C_c = ( D_{30} / D_{10} + D_{10} ) =$	2,03	LL ( % )	N.L
$D_{10} =$	0,113			PI ( % )	N.P

USCS Class / USCS Smf : **SW-SM**

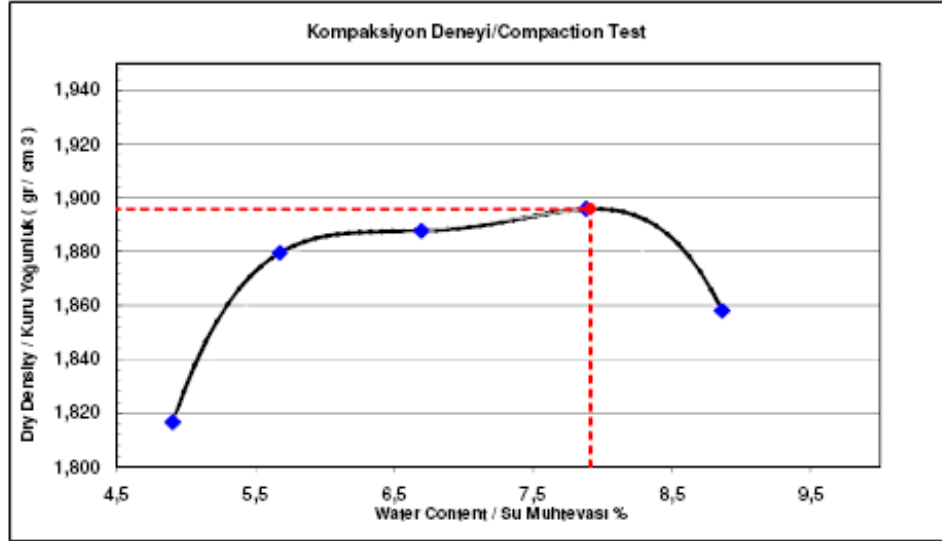
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deney No:	SP-013
LOC. OF PROJECT / PROJE YERİ:		Coor./Koor.:	SK-01
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deney Tar. :	25.08.2008
Control/ Kontrol:			
Description of Soil/ Zeminin Cinsi:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By / Deneyi yapan :		Diam/Çap cm:	10,16
Blows/layer/ Vuruş/Tabaka:	25	HL/Yüks.cm:	11,64
No of layers / Tabaka sayısı:	3	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	49,76	55,24	53,99	55,43	59,70	50,38	57,79	50,42	54,01	49,55
M. wet soil+can / İlaç Z.+Kap g	179,11	195,36	116,65	136,83	107,65	118,12	122,27	113,67	125,60	169,16
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	173,13	188,73	113,18	132,59	104,58	113,96	117,61	109,01	119,78	159,41
Mass of water / Su ağırlığı gr.	5,98	6,63	3,47	4,23	3,08	4,16	4,67	4,66	5,82	9,75
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	123,37	133,49	59,19	77,16	44,88	63,59	59,82	58,59	65,77	109,87
Water c. w % / Su muht. w % gr.	4,85	4,97	5,87	5,48	6,85	6,54	7,80	7,96	8,85	8,87

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	5	6	7	8	9
Water c. w % / Su muht. w % gr.	4,91	5,68	6,70	7,88	8,86
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5401	5477	5503	5532	5511
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3602	3602	3602	3602	3602
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1799	1875	1901	1931	1909
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1,91	1,99	2,01	2,05	2,02
Dry unit wgt / Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1,82	1,88	1,89	1,90	1,86

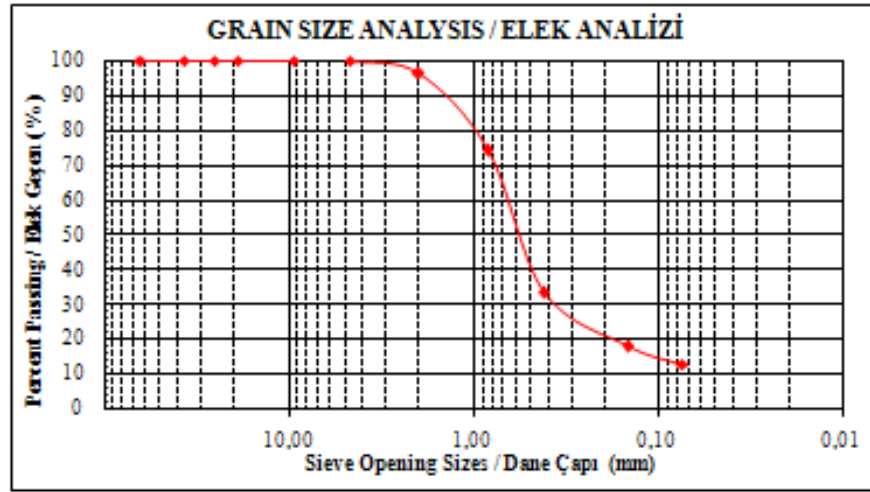


## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : ..... Job. No / Deney No : **EA - 002**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor. / Koordinat : **SK-2 (6.0 - 6.45)**  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı 395,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı 344,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık 51,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%) **12,91**

Sieve Num. Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	395,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	395,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	395,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	395,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	395,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	395,00	0,00	0,00	100,00
No 10	2,000	381,00	14,00	3,54	96,46
No 20	0,845	293,00	102,00	25,82	74,18
No 40	0,425	132,00	263,00	66,58	33,42
No 100	0,149	71,00	324,00	82,03	17,97
No 200	0,075	51,00	344,00	87,09	12,91
	PAN		51,00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			395,00		



$D_{60} =$	0,665	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	13,16	PL (%)	NP
$D_{20} =$	0,337	$C_c = (D_{20} / D_{60} * D_{10}) :$	3,38	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,051			PI (%)	NP

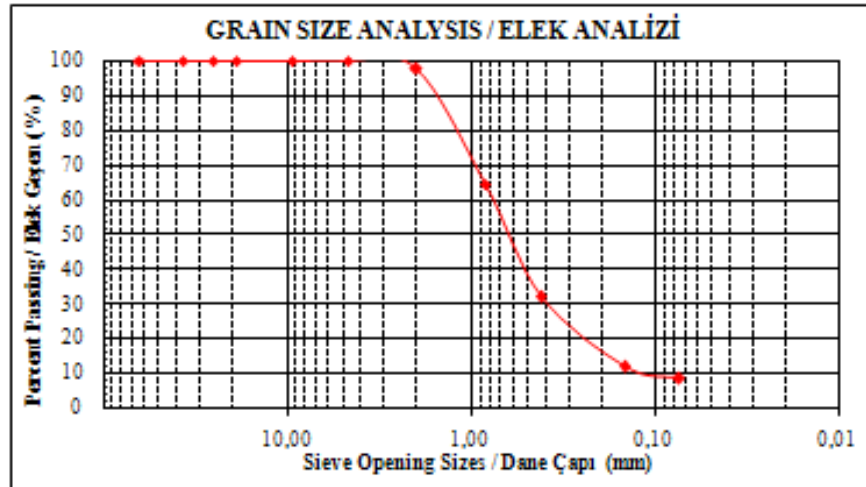
USCS Class / USCS Sınıf : **SM**

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : ..... Job. No / Deney No : **EA - 003**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor. / Koordinat : **SK-2 (9.00 - 9.45)**  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 268,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 245,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 23,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı ( % ) : **8,58**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	268,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	268,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	268,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	268,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	268,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	268,00	0,00	0,00	100,00
No 10	2,000	262,00	6,00	2,24	97,76
No 20	0,845	173,00	95,00	35,45	64,55
No 40	0,425	86,00	182,00	67,91	32,09
No 100	0,149	32,00	236,00	88,06	11,94
No 200	0,075	23,00	245,00	91,42	8,58
PAN			23,00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			268,00		



$D_{60} =$	0,767	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	7,66	PL ( % )	NP
$D_{30} =$	0,381	$C_c = (D_{30} / D_{60} * D_{10}) :$	1,89	LL ( % )	NL
$D_{10} =$	0,100			PI ( % )	NP

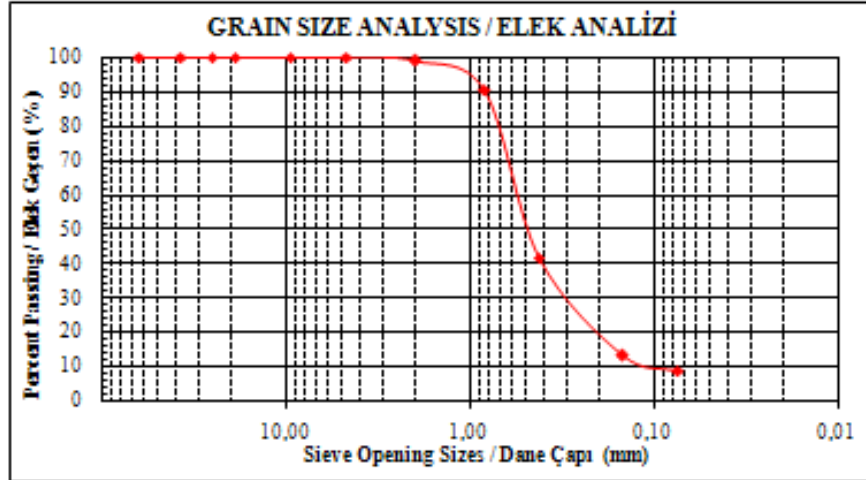
USCS Class / USCS Sınıf : **SW-SM**

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : ..... Job. No / Deney No : **EA - 004**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor. / Koordinat : **SK-2 (12.00 - 12.45)**  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı : 304,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı : 277,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık : 27,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%) : **8.88**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	304,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	304,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	304,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	304,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	304,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	304,00	0,00	0,00	100,00
No 10	2,000	301,00	3,00	0,99	99,01
No 20	0,845	276,00	28,00	9,21	90,79
No 40	0,425	127,00	177,00	58,22	41,78
No 100	0,149	41,00	263,00	86,51	13,49
No 200	0,075	27,00	277,00	91,12	8,88
PAN			27,00		
TOTAL / TOPLAM			304,00		



$D_{60} =$	0,549	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	6,19	PL (%)	NP
$D_{30} =$	0,275	$C_c = (D_{30} / D_{60} * D_{10}) :$	1,55	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,089			PI (%)	NP

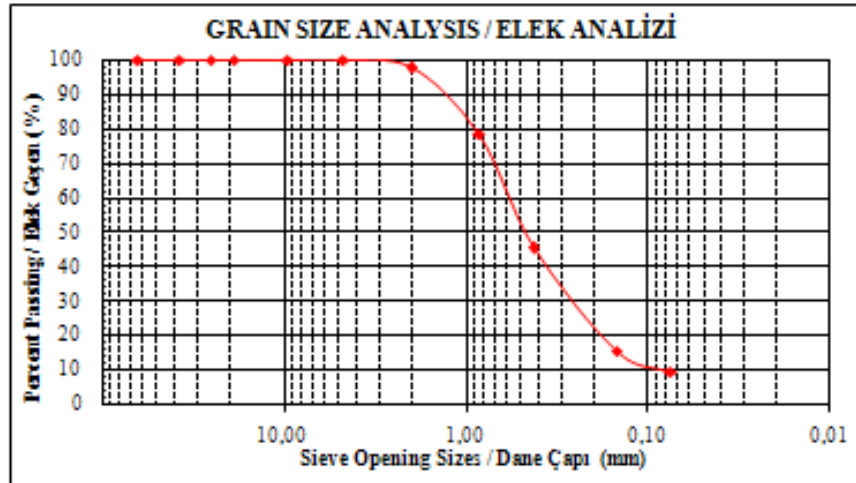
USCS Class / USCS Sınıf : **SW-SM**

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : ..... Job. No / Deney No : **EA - 005**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor. / Koordinat : **SK-3 (4.50 - 4.95)**  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 256,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 231,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 25,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı ( % ) : **9,77**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	256,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	256,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	256,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	256,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	256,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	256,00	0,00	0,00	100,00
No 10	2,000	250,00	6,00	2,34	97,66
No 20	0,845	201,00	55,00	21,48	78,52
No 40	0,425	116,00	140,00	54,69	45,31
No 100	0,149	40,00	216,00	84,38	15,63
No 200	0,075	25,00	231,00	90,23	9,77
PAN			25,00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			<b>256,00</b>		



$D_{60} = 0,576$	$C_u = D_{60} / D_{10} = 7,47$	PL (%)	NP
$D_{20} = 0,248$	$C_c = (D_{20} / D_{60} * D_{10}) : 1,38$	LL (%)	NL
$D_{10} = 0,077$		PI (%)	NP

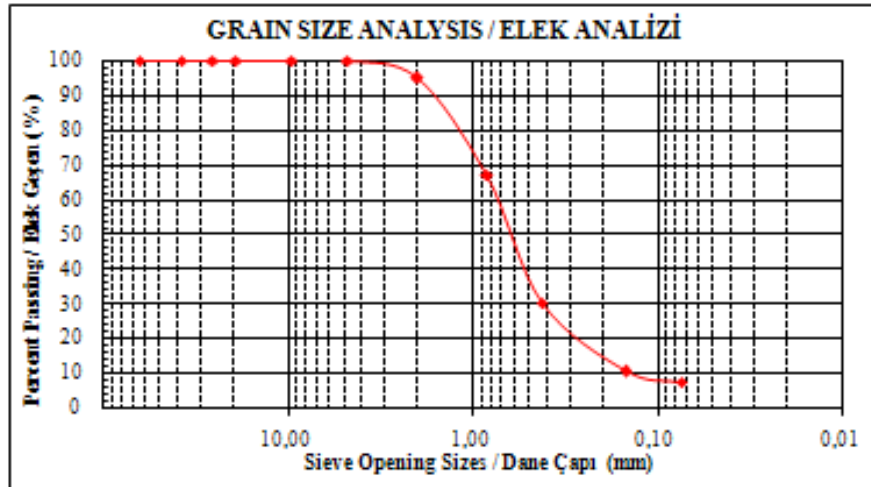
USCS Class / USCS Sınıf: **SW-SM**

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : ..... Job. No / Deney No : **EA - 006**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor. / Koordinat : **SK-4 (3.00 - 3.50)**  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 912,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 843,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 69,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%): **7.57**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	912,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	912,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	912,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	912,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	912,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	912,00	0,00	0,00	100,00
No 10	2,000	867,00	45,00	4,93	95,07
No 20	0,845	612,00	300,00	32,89	67,11
No 40	0,425	277,00	635,00	69,63	30,37
No 100	0,149	98,00	814,00	89,25	10,75
No 200	0,075	69,00	843,00	92,43	7,57
PAN			69,00		
TOTAL / TOPLAM			912,00		



$D_{60} =$	0,740	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	5,83	PL (%)	NP
$D_{30} =$	0,417	$C_c = (D_{30} / D_{60} * D_{10}) =$	1,85	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,127			PI (%)	NP

USCS Class / USCS Sınıf : **SP-SM**

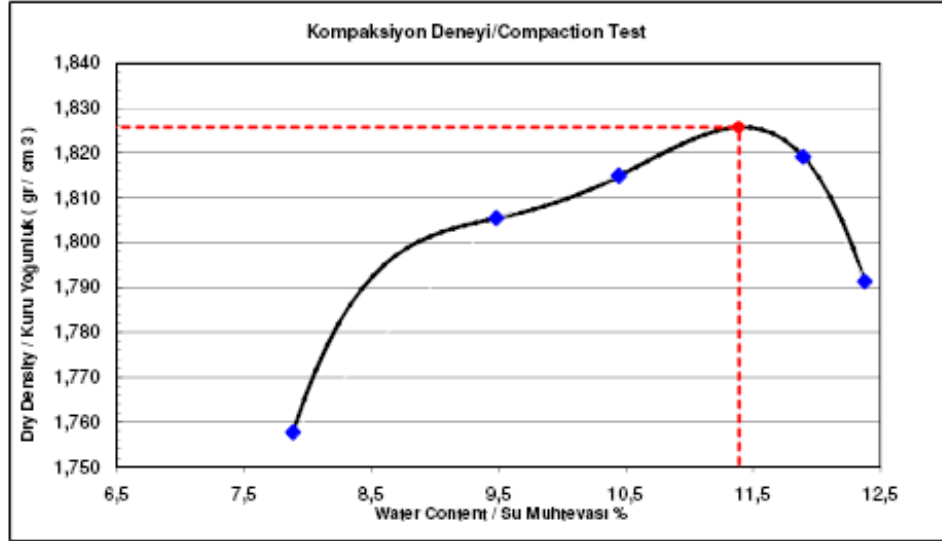
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :	_____	Job. No/ Deneý No:	SP-014
LOC. OF PROJECT / PROJE YERİ:	_____	Coor./Koor.:	SK-04
Contractor / MÜTEAHHİT :	_____	Date of T. / Deneý Tar. :	25.08.2008
Control/ Kontrol:	_____		
Description of Soil/ Zeminin Cinsi:	_____	Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By/ Deneýi yapan :	_____	Diam/Çap cm:	10,16
Blows/layer/ Vuruş/Tabaka:	25	Ht./Yüks.cm:	11,64
No of layers / Tabaka sayısı:	3	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	49,47	53,65	53,67	53,83	59,35	48,92	57,45	48,96	53,69	48,12
M. wet soil+can / İlaç Z.+Kap g	181,60	198,21	118,27	138,82	109,15	119,84	123,97	115,33	127,35	171,62
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	171,94	187,64	112,40	131,83	104,33	113,28	116,80	108,37	118,96	158,49
Mass of water / Su ağırlığı gr.	9,66	10,57	5,87	6,99	4,82	6,56	7,17	6,95	8,39	13,13
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	122,47	133,99	58,73	77,99	44,99	64,36	59,35	59,41	65,27	110,37
Water c. w % / Su muht. w % gr.	7,88	7,89	10,00	8,97	10,71	10,19	12,09	11,70	12,86	11,90

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	8	9	10	12	12
Water c. w % / Su muht. w % gr.	7,89	9,48	10,45	11,90	12,38
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5390	5466	5492	5521	5500
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3600	3600	3600	3600	3600
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1790	1866	1892	1922	1900
Wet unit wt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1,90	1,98	2,00	2,04	2,01
Dry unit wt / Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1,76	1,81	1,81	1,82	1,79

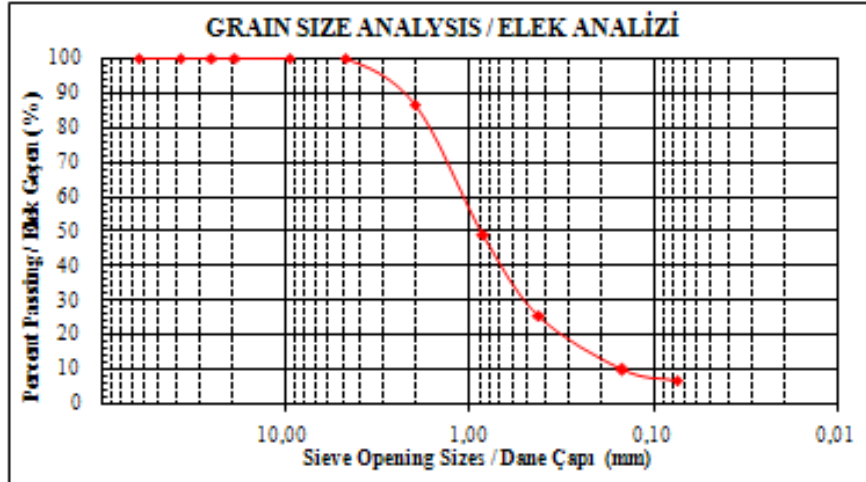


## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : ..... Job. No / Deney No : **EA - 007**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor. / Koordinat : **SK-4 (4.50 - 4.95)**  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 582,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 542,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 40,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı ( % ) : **6,87**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	582,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	582,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	582,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	582,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	582,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	582,00	0,00	0,00	100,00
No 10	2,000	505,00	77,00	13,23	86,77
No 20	0,845	286,00	296,00	50,86	49,14
No 40	0,425	149,00	433,00	74,40	25,60
No 100	0,149	58,00	524,00	90,03	9,97
No 200	0,075	40,00	542,00	93,13	6,87
PAN			40,00		
TOTAL / TOPLAM			582,00		



D <sub>60</sub> = 1,084	C <sub>u</sub> = D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub> = 7,26	PL (%)	NP
D <sub>30</sub> = 0,483	C <sub>c</sub> = (D <sub>30</sub> / D <sub>60</sub> * D <sub>10</sub> ) : 1,44	LL (%)	NL
D <sub>10</sub> = 0,149		PI (%)	NP

USCS Class / USCS Sınıf: **SW-SM**

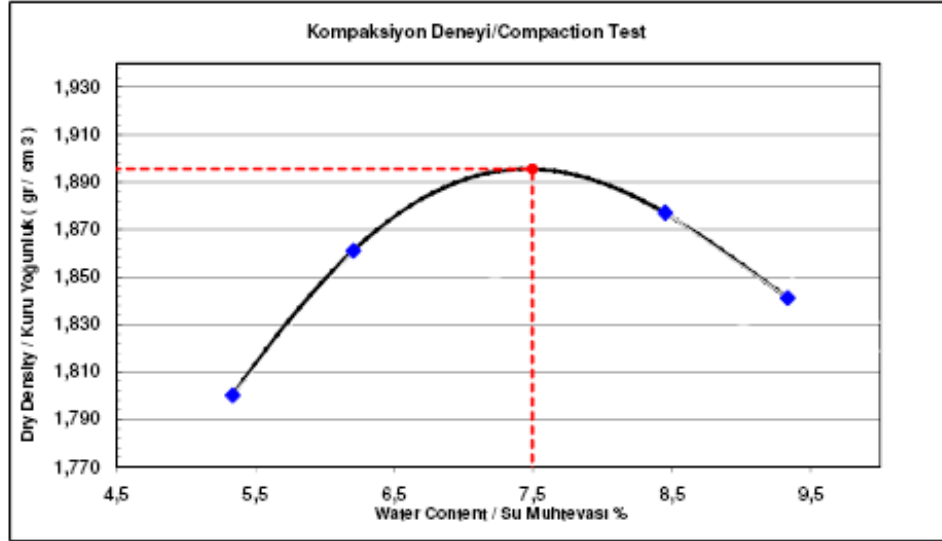
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deney No:	SP-015
LOC. OF PROJECT / PROJE YERİ:		Coor./Koor.:	SK-04
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deney Tar. :	25.08.2008
Control/ Kontrol:			
Description of Soil/ Zeminin Cinsi:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By / Deneyi yapan :		Diam/Çap cm:	10,16
Blows/layer/ Vuruş/Tabaka:	25	HL/Yüks.cm:	11,64
No of layers / Tabaka sayısı:	3	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	49,58	53,77	53,79	53,95	59,48	49,03	57,57	49,07	53,81	48,22
M. wet soil+can / İslak Z.+Kap g	178,46	191,98	116,23	134,46	109,32	116,08	121,83	111,71	125,15	166,23
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	172,32	184,57	112,65	129,67	103,24	111,45	117,05	106,60	119,22	155,90
Mass of water / Su ağırlığı gr.	6,14	7,41	3,58	4,79	6,07	4,63	4,78	5,10	5,93	10,33
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	122,74	130,81	58,86	75,72	43,77	62,42	59,48	57,53	65,41	107,68
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5,01	5,66	6,09	6,32	13,88	7,41	8,03	8,87	9,07	9,60

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	5	6	11	8	9
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5,34	6,21	10,64	8,45	9,33
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5390	5466	5492	5521	5500
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3600	3600	3600	3600	3600
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1790	1866	1892	1922	1900
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1,90	1,98	2,00	2,04	2,01
Dry unit wgt. / Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1,80	1,86	1,81	1,88	1,84



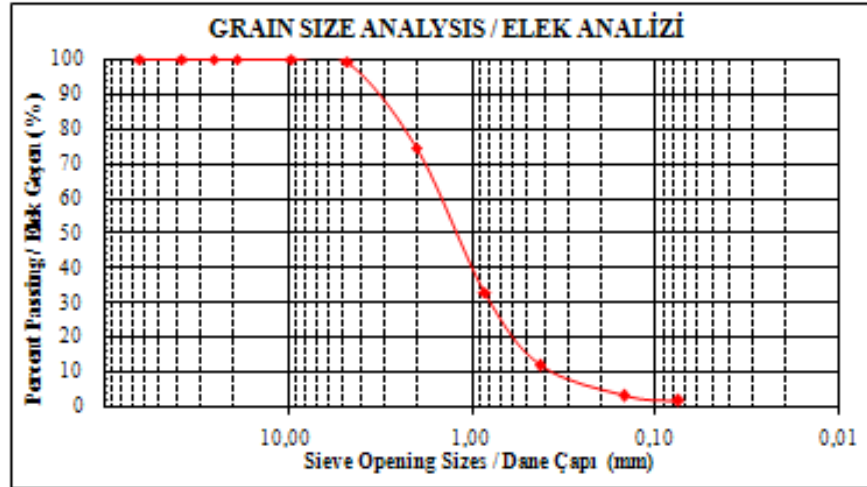
Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	7,49
Dry density gr/cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr/cm <sup>3</sup> :	1,896

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : ..... Job. No / Deney No : **EA - 008**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor. / Koordinat : **SK-7 (1.50 - 1.95)**  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı : 537,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı : 527,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık : 10,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%) : **1.86**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	537,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	537,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	537,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	537,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	537,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	533,00	4,00	0,74	99,26
No 10	2,000	401,00	136,00	25,33	74,67
No 20	0,845	178,00	359,00	66,85	33,15
No 40	0,425	65,00	472,00	87,90	12,10
No 100	0,149	18,00	519,00	96,65	3,35
No 200	0,075	10,00	527,00	98,14	1,86
PAN			10,00		
TOTAL / TOPLAM			537,00		



$D_{60} =$	1,475	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	4,47	PL (%)	NP
$D_{30} =$	0,762	$C_c = (D_{30} / D_{60} * D_{10}) :$	1,19	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,330			PI (%)	NP

USCS Class / USCS Sınıf : **SP**

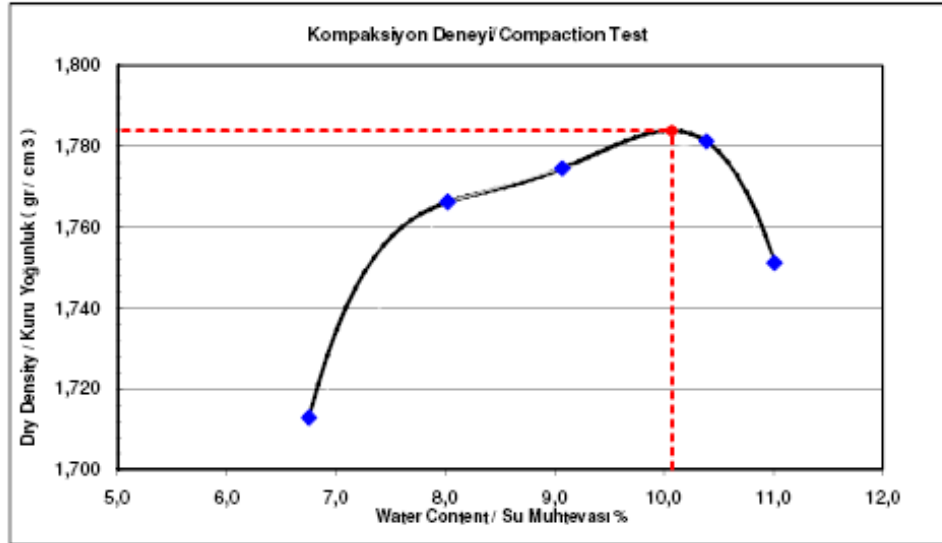
## STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deneş No:	SP- 016
LOC. OF PROJECT / PROJE YERİ :		Coor./Kooc.:	SK-07
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deneş Tar. :	25.08.2008
Control/ Kontrol :			
Description of Soil / Zeminin Cinsi:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By/ Deneş yapan :		Diam/Çap cm:	10,16
Blows/layer/ Vuruş/Tabaka:	25	Ht./Yüks. cm:	11,64
No of layers / Tabaka sayısı:	3	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Öc. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	50,45	54,71	54,73	54,90	60,52	49,89	58,59	49,93	54,75	49,07
M.wet soil+can / İslak Z.+Kap g	183,36	197,26	119,42	138,15	111,28	119,27	125,17	114,77	128,59	170,80
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	175,35	187,82	114,63	131,95	107,12	113,41	119,11	108,48	121,31	158,64
Mass of water / Su ağırlığı gr.	8,02	9,44	4,79	6,20	4,16	5,85	6,07	6,29	7,27	12,16
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	124,90	133,11	59,89	77,05	46,60	63,52	60,52	58,55	66,56	109,57
Water c. w % / Su muht. w % gr.	6,42	7,09	8,00	8,05	8,93	9,22	10,02	10,75	10,93	11,10

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	7	8	9	10	11
Water c. w % / Su muht. w % gr.	6,75	8,03	9,07	10,39	11,01
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5326	5401	5427	5456	5435
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3600	3600	3600	3600	3600
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1726	1801	1827	1856	1835
Wet unit wgt/ Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1,83	1,91	1,94	1,97	1,94
Dry unit wgt./ Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1,71	1,77	1,77	1,78	1,75



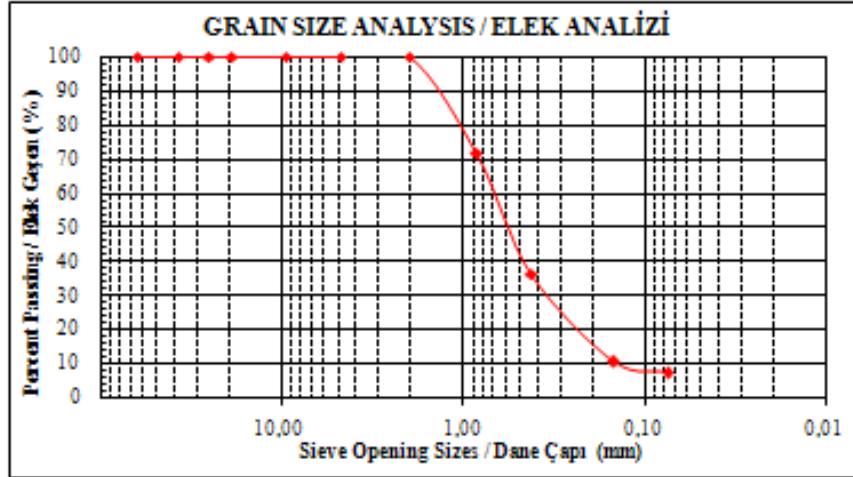
Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	10,07
Dry density gr/cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr/cm <sup>3</sup> :	1,784

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : ..... Job. No / Deney No : **EA - 009**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor. / Koordinat : **SK-7 (12.00 - 12.45)**  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 610,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 565,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 45,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%): **7,38**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	610,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	610,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	610,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	610,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	610,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	610,00	0,00	0,00	100,00
No 10	2,000	610,00	0,00	0,00	100,00
No 20	0,845	439,00	171,00	28,03	71,97
No 40	0,425	223,00	387,00	63,44	36,56
No 100	0,149	65,00	545,00	89,34	10,66
No 200	0,075	45,00	565,00	92,62	7,38
PAN			45,00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			610,00		



$D_{60} =$	0,670	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	5,16	PL (%)	NP
$D_{30} =$	0,326	$C_c = (D_{30} / D_{60} * D_{10}) :$	1,22	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,130			PI (%)	NP

USCS Class / USCS Sınıf: **SP-SM**

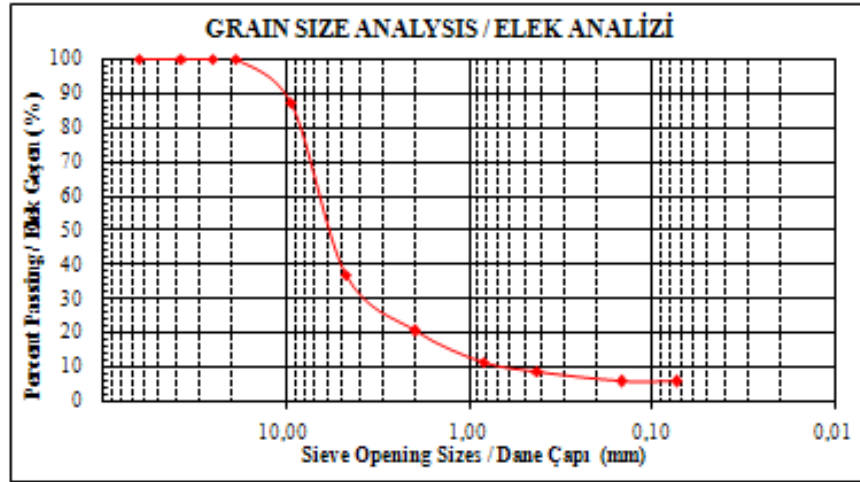
## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : .....  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : .....  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : .....

Job. No / Deney No : **EA - 010**  
 Coor. / Koordinat : **SK-8 (3.00 - 3.50)**  
 Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı : 102,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı : 96,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık : 6,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%) : **5,88**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	102,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	102,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	102,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	102,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	89,00	13,00	12,75	87,25
No 4	4,760	38,00	64,00	62,75	37,25
No 10	2,000	21,00	81,00	79,41	20,59
No 20	0,845	12,00	90,00	88,24	11,76
No 40	0,425	9,00	93,00	91,18	8,82
No 100	0,149	6,00	96,00	94,12	5,88
No 200	0,075	6,00	96,00	94,12	5,88
PAN			6,00		
TOTAL / TOPLAM			102,00		



$D_{60} =$	6,526	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	11,66	PL (%)	NP
$D_{30} =$	3,264	$C_c = (D_{30} / D_{60} * D_{10}) :$	2,92	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,559			PI (%)	NP

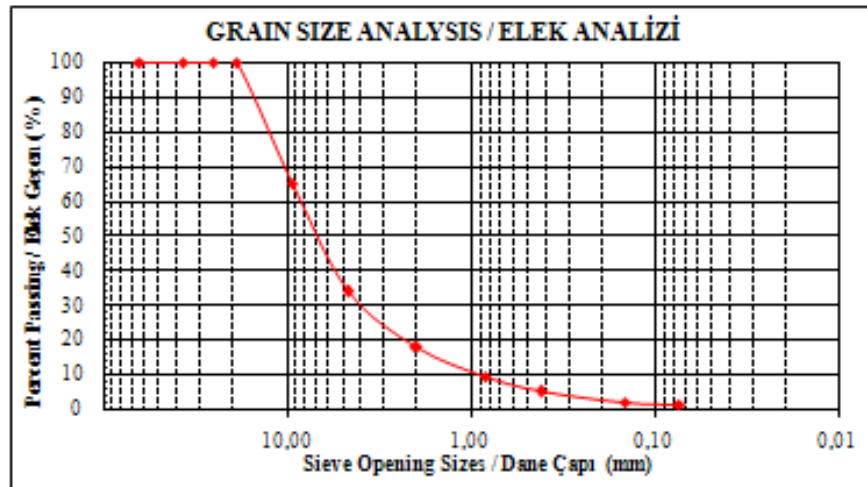
USCS Class / USCS Sınıf : **GW-GM**

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : ..... Job. No / Deney No : **EA - 011**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : ..... Coor. / Koordinat : **SK-8 (6.00 - 6.50)**  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : ..... Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı : 265,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı : 261,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık : 4,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı ( % ) : **1.51**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	265,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	265,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	265,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	265,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	173,00	92,00	34,72	65,28
No 4	4,760	90,00	175,00	66,04	33,96
No 10	2,000	48,00	217,00	81,89	18,11
No 20	0,845	26,00	239,00	90,19	9,81
No 40	0,425	14,00	251,00	94,72	5,28
No 100	0,149	6,00	259,00	97,74	2,26
No 200	0,075	4,00	261,00	98,49	1,51
PAN			4,00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			265,00		



$D_{60} =$	8,473	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	9,83	PL (%)	NP
$D_{30} =$	3,832	$C_c = (D_{30} / D_{60} * D_{10}) :$	2,01	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,862			PI (%)	NP

USCS Class / USCS Sınıf : **GW**



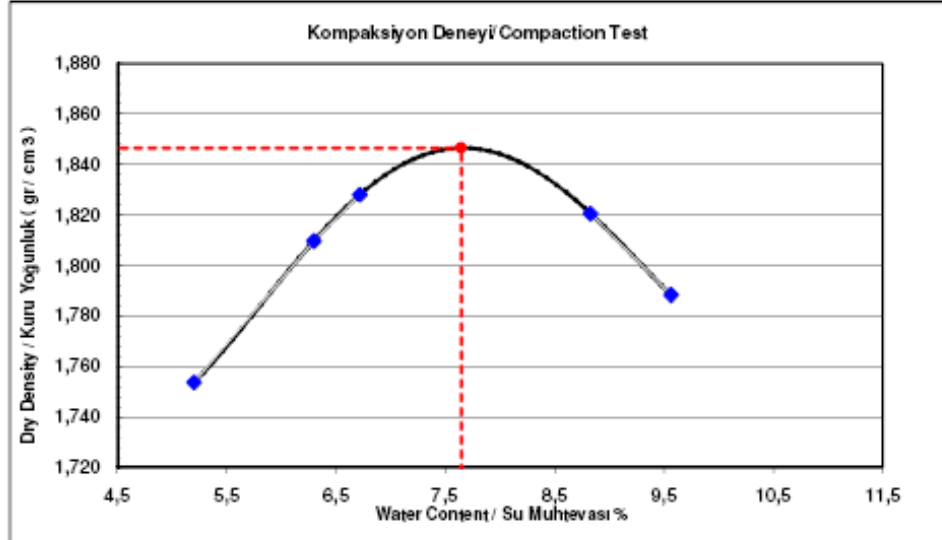
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deney No:	SP- 017
LOC.OF PROJECT / PROJE YERİ :		Coord/Koort.:	SK-09
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deney Tar. :	25.08.2008
Control/ Kontrol:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Description of Soil / Zeminin Cinsi:		Diam/Çap cm:	10,16
Test Performed By/ Deneyi yapan :		Ht./Yüks.cm:	11,64
Blows/layer: Vuruş/Tabaka:	25	Vol / Hacim:	944
No of layers / Tabaka sayısı:	3		

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	54,86	59,49	59,52	59,70	65,81	54,25	63,71	54,30	59,54	53,36
M.wet soil+can / Islak Z.+Kap g	177,63	191,09	115,69	133,84	107,80	114,86	121,26	111,19	124,57	165,46
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	171,94	184,17	112,40	129,39	105,04	111,21	116,80	106,37	118,96	155,56
Mass of water / Su ağırlığı gr.	5,69	6,92	3,29	4,45	2,76	3,64	4,47	4,81	5,61	9,90
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	117,08	124,68	52,89	69,70	39,23	56,96	53,09	52,08	59,42	102,20
Water c. w % / Su muht. w % gr.	4,86	5,55	6,22	6,38	7,04	6,40	8,41	9,25	9,44	9,69

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	5	6	7	9	10
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5,20	6,30	6,72	8,83	9,56
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5273	5347	5373	5401	5381
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3531	3531	3531	3531	3531
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1742	1816	1842	1870	1850
Wet unit wgt/ Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1,85	1,92	1,95	1,98	1,96
Dry unit wgt/ Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1,75	1,81	1,83	1,82	1,79



Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	7,65
Dry density gr/cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr/cm <sup>3</sup> :	1,847

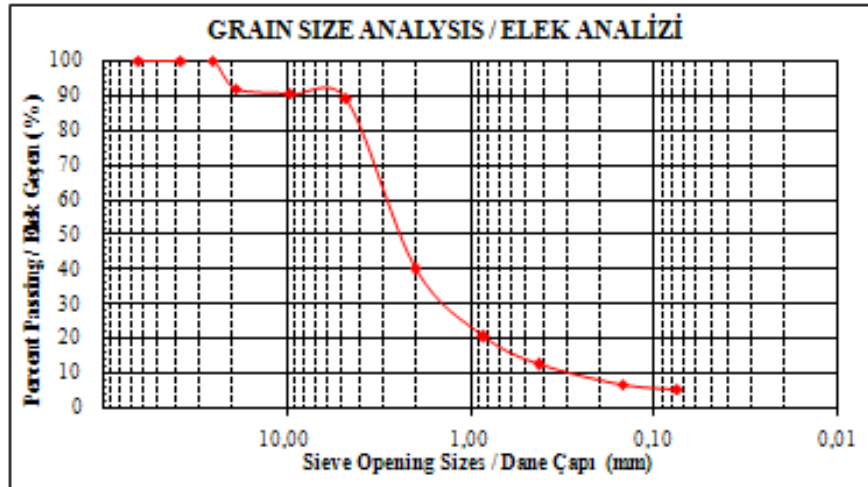
## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : .....  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : .....  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : .....

Job. No / Deney No : **EA - 013**  
 Coor. / Koordinat : **SK-9 (7.50 - 7.95)**  
 Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı : 199,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı : 188,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık : 11,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%) : **5,53**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	199,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	199,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	199,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	183,00	16,00	8,04	91,96
3/8"	9,53	180,00	19,00	9,55	90,45
No 4	4,760	178,00	21,00	10,55	89,45
No 10	2,000	80,00	119,00	59,80	40,20
No 20	0,845	41,00	158,00	79,40	20,60
No 40	0,425	25,00	174,00	87,44	12,56
No 100	0,149	14,00	185,00	92,96	7,04
No 200	0,075	11,00	188,00	94,47	5,53
	PAN		11,00		
<b>TOTAL / TOPLAM</b>			199,00		



$D_{60} =$	2,834	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	10,84	PL (%)	NP
$D_{30} =$	1,277	$C_c = (D_{30} / D_{60} * D_{10}) =$	2,20	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,261			PI (%)	NP

USCS Class / USCS Simf : **GW-GM**

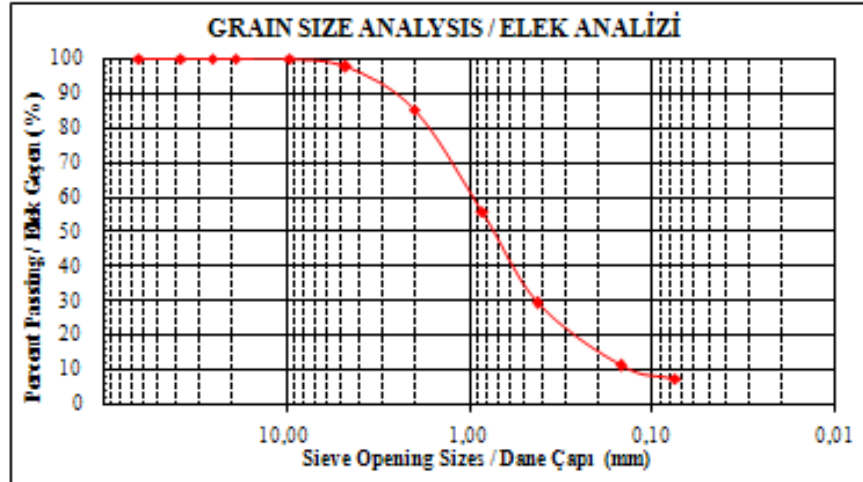
## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : .....  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : .....  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : .....

Job. No / Deney No : **EA - 014**  
 Coor. / Koordinat : **SK-10 (9.00 - 9.45)**  
 Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 488,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 450,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 38,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı ( % ) : **7,79**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	488,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	488,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	488,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	488,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	488,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	476,00	12,00	2,46	97,54
No 10	2,000	416,00	72,00	14,75	85,25
No 20	0,845	273,00	215,00	44,06	55,94
No 40	0,425	143,00	345,00	70,70	29,30
No 100	0,149	55,00	433,00	88,73	11,27
No 200	0,075	38,00	450,00	92,21	7,79
PAN			38,00		
TOTAL / TOPLAM			488,00		



$D_{60} =$	0,952	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	8,21	PL (%)	NP
$D_{20} =$	0,433	$C_c = (D_{20} / D_{60} * D_{10}) :$	1,70	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,116			PI (%)	NP

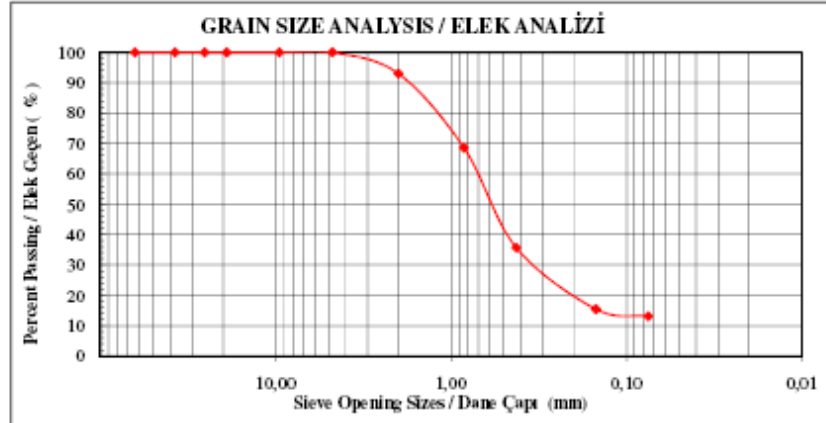
USCS Class / USCS Sınıf: **SW-SM**

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : \_\_\_\_\_  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : \_\_\_\_\_  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : \_\_\_\_\_  
 CONTROL / KONTROL : \_\_\_\_\_ Job. No/ Deney No : **EA- 015**  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : \_\_\_\_\_ Coor. / Koordinat : **SK-11 (1.50 - 1.95)**  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : \_\_\_\_\_ Date of T. / Deney Tar : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı 672,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı 584,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık 88,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı ( % ) **13,10**

Sieve Num. Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	% Retained % Kalan	% Passing % Geçen
2 1/2"	63,500	672,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	672,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	672,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	672,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	672,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	672,00	0,00	0,00	100,00
No 10	2,000	625,00	47,00	6,99	93,01
No 20	0,845	461,00	211,00	31,40	68,60
No 40	0,425	240,00	432,00	64,29	35,71
No 100	0,149	104,00	568,00	84,52	15,48
No 200	0,075	88,00	584,00	86,90	13,10
PAN			88,00		
TOTAL / TOPLAM			672,00		



$D_{60} =$	0,706	$Cu = D_{60} / D_{10} =$	22,98	PL ( % )	N.P
$D_{30} =$	0,316	$Cc = ( D_{30} / D_{60} ) * D_{10} =$	4,61	LL ( % )	N.L
$D_{10} =$	0,031			PI ( % )	N.P

USCS Class / USCS Sınıf : **SM**

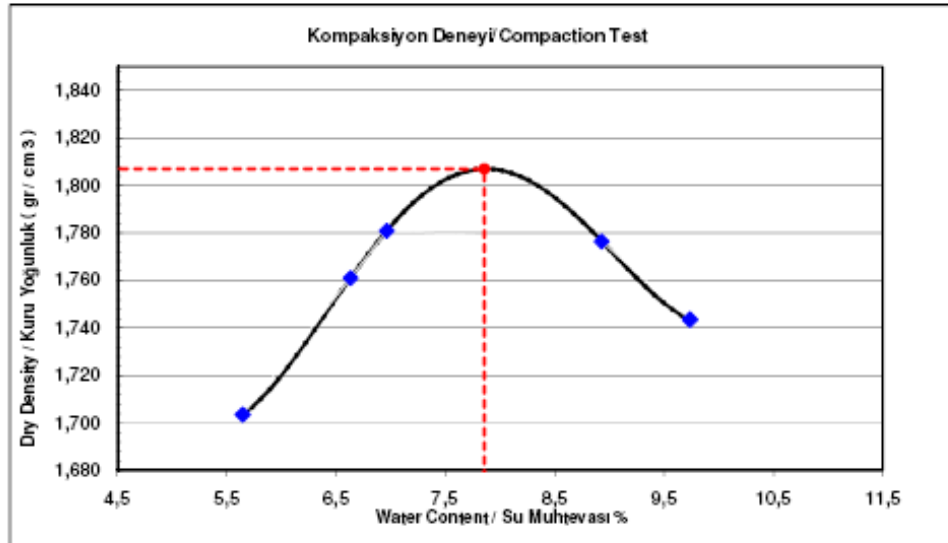
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deney No:	SP- 018
LOC.OF PROJECT / PROJE YERİ :		Coor./Kooc.:	SK-11
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deney Tar. :	25.08.2008
Control/ Kontrol:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Description of Soil / Zeminin Cinsi:		Diam/Çap cm:	10,16
Test Performed By/ Deneyi yapan :		Ht./Yüks.cm:	11,64
Blows/layer: Vuruş/Tabaka:	25	Vol / Hacim:	944
No of layers / Tabaka sayısı:	3		

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no.	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	49,47	53,65	53,67	53,83	59,35	48,92	57,45	48,96	53,69	48,12
M.wet soil+can / Islak Z. +Kap g	176,66	190,05	115,06	133,11	107,21	114,23	120,60	110,58	123,89	164,56
M. dry soil+can / Kuru Z. +Kap g.	170,24	182,35	111,29	128,11	104,00	110,11	115,64	105,32	117,78	154,02
Mass of water / Su ağırlığı gr.	6,42	7,70	3,77	5,00	3,21	4,12	4,96	5,26	6,11	10,54
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	120,77	128,70	57,62	74,28	44,65	61,19	58,19	56,36	64,09	105,90
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5,32	5,98	6,54	6,73	7,20	6,73	8,52	9,33	9,53	9,95

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	6	7	7	9	10
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5,65	6,63	6,96	8,93	9,74
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5230	5304	5329	5358	5337
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3531	3531	3531	3531	3531
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1699	1773	1798	1827	1806
Wet unit wgt/ Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1,80	1,88	1,90	1,94	1,91
Dry unit wgt/ Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1,70	1,76	1,78	1,78	1,74



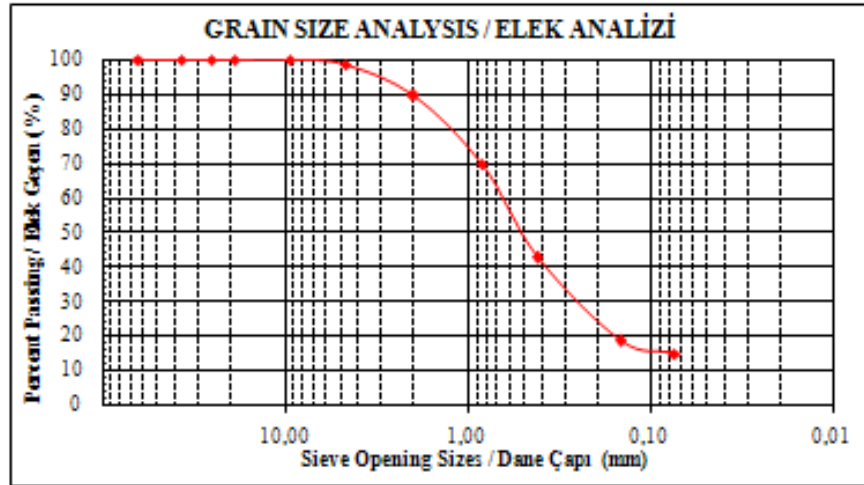
## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : .....  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : .....  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : .....

Job. No / Deney No : **EA - 016**  
 Coor. / Koordinat : **SK-13 (1.50 - 1.95)**  
 Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı : 317,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı : 269,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık : 48,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı (%) : **15,14**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	317,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	317,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	317,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	317,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	317,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	313,00	4,00	1,26	98,74
No 10	2,000	284,00	33,00	10,41	89,59
No 20	0,845	221,00	96,00	30,28	69,72
No 40	0,425	136,00	181,00	57,10	42,90
No 100	0,149	59,00	258,00	81,39	18,61
No 200	0,075	48,00	269,00	84,86	15,14
PAN			48,00		
TOTAL / TOPLAM			317,00		



D <sub>60</sub> = 0,659	C <sub>u</sub> = D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub> = 24,29	PL (%)	NP
D <sub>30</sub> = 0,244	C <sub>c</sub> = (D <sub>30</sub> / D <sub>60</sub> * D <sub>10</sub> ) : 3,32	LL (%)	NL
D <sub>10</sub> = 0,027		PI (%)	NP

USCS Class / USCS Sınıf : **SM**

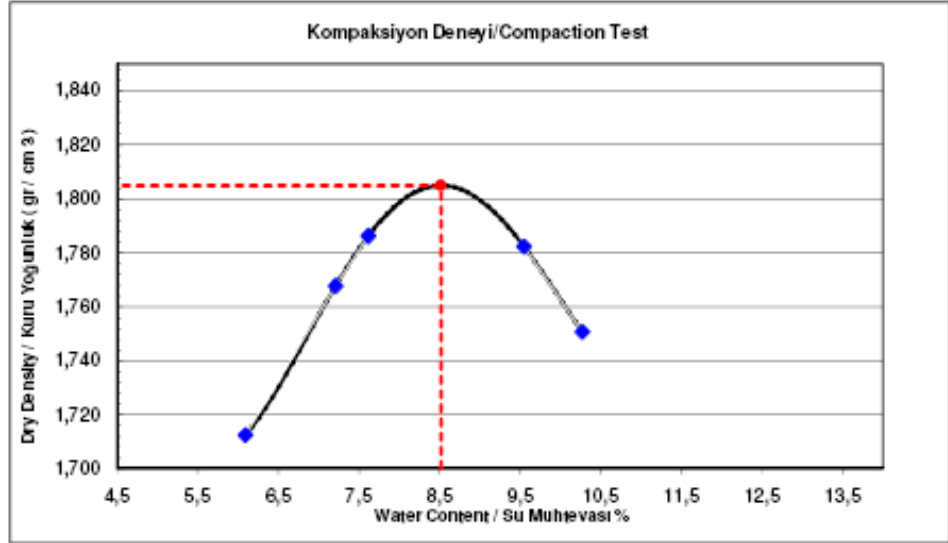
## STANDARD COMPACTION TEST STANDART KOMPAKSİYON TESTİ

CONSULTANT / İŞ VEREN :		Job. No/ Deneý No:	SP19
LOC. OF PROJECT/ PROJE YERİ:		Coor./Koor.:	SK-13
Contractor / MÜTEAHHİT :		Date of T. / Deneý Tar. :	25.08.2008
Control / Kontrol:			
Description of Soil / Zeminin Cinsi:		Mold Dim/Kalıp Boyutları:	
Test Performed By/ Deneýi yapan :		Diams/Çap cm:	10,16
Blows/layer: Vuruş/Tabaka:	25	Ht./Yüks. cm:	11,64
No of layers / Tabaka sayısı :	3	Vol / Hacim:	944

### Water Content Determination / Optimum Su Muhtevasının Bulunması

Sample No / Ör. Num no	1		2		3		4		5	
Moisture can no. / Kap no	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10
Mass of can / Kap ağırlığı gr.	49,76	53,97	53,99	54,15	59,70	49,22	57,79	49,26	54,01	48,40
M. wet soil+can / Islak Z.+Kap g	177,90	191,38	115,86	134,04	107,96	115,03	121,44	111,35	124,75	165,71
M. dry soil+can / Kuru Z.+Kap g.	170,92	183,08	111,74	128,62	104,42	110,55	116,10	105,74	118,25	154,64
Mass of water / Su ağırlığı gr.	6,98	8,30	4,13	5,41	3,55	4,48	5,34	5,61	6,50	11,07
Mass of soil / Zemin ağırlığı gr.	121,16	129,11	57,74	74,47	44,72	61,34	58,31	56,49	64,24	106,23
Water c. w % / Su muht. w % gr.	5,76	6,43	7,15	7,27	7,93	7,30	9,16	9,94	10,12	10,42

Ass. Water con./Tahm. Su muht. %	6	7	8	10	10
Water c. w % / Su muht. w % gr.	6,09	7,21	7,61	9,55	10,27
Mass of soil+mold/kalıp + Zemin g	5246	5320	5346	5374	5353
Mass of mold / Kalıp ağırlığı gr.	3531	3531	3531	3531	3531
Mass of soil / Zemin gr. Mws	1715	1789	1815	1843	1822
Wet unit wgt / Doğ. BHA gr/cm <sup>3</sup> g	1,82	1,90	1,92	1,95	1,93
Dry unit wgt / Kuru gr/cm <sup>3</sup> g kuru	1,71	1,77	1,79	1,78	1,75



Optimum Moisture / Optimum su muhtevası ( w % ) :	8,52
Dry density gr/cm <sup>3</sup> / Kuru yoğunluk gr./cm <sup>3</sup> :	1,805

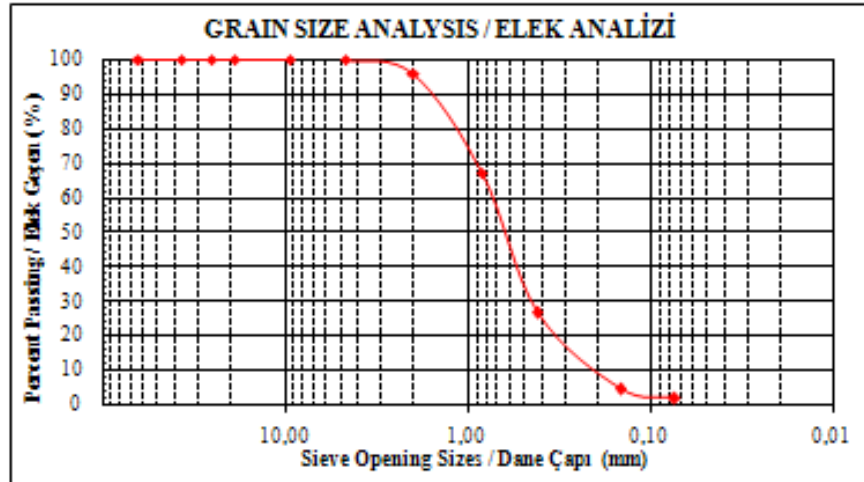
## GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST ELEK ANALİZİ TESTİ ( TS 1900 - 1 )

PROJECT / PROJE : .....  
 LOCATION of PROJECT / PROJE YERİ : .....  
 CONTRACTOR / MÜTEAHHİT : .....  
 CONTROL / KONTROL : .....  
 Description of Soil / Zeminin Cinsi : .....  
 Test Performed By / Deneyi Yapan : .....

Job. No / Deney No : **EA - 017**  
 Coord. / Koordinat : **SK-13 (4.50 - 4.95)**  
 Date of T. / Deney Tar. : **20.08.2008**

Mass of dry soil before wash / Yıkamadan önce kuru zemin ağırlığı: 349,00  
 Mass of dry soil after wash / Yıkamadan sonra kuru zemin ağırlığı: 342,00  
 Mass of washed material / Yıkamadaki kayıp ağırlık: 7,00  
 Clay+Silt ratio / Kil + Silt oranı ( % ) : **2.01**

Sieve Num Elek No	Sieve Diameter Elek Çapı (mm)	Passing Geçen (gr)	Mass Retained Elekte Kalan (gr)	%Retained %Kalan	%Passing %Geçen
2 1/2"	63,500	349,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	349,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	349,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	349,00	0,00	0,00	100,00
5/8"	9,53	349,00	0,00	0,00	100,00
No 4	4,760	349,00	0,00	0,00	100,00
No 10	2,000	335,00	14,00	4,01	95,99
No 20	0,845	235,00	114,00	32,66	67,34
No 40	0,425	93,00	256,00	73,35	26,65
No 100	0,149	16,00	333,00	95,42	4,58
No 200	0,075	7,00	342,00	97,99	2,01
PAN			7,00		
TOTAL / TOPLAM			349,00		



$D_{60} =$	0,747	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	3,87	PL (%)	NP
$D_{30} =$	0,450	$C_c = (D_{30} / D_{60} * D_{10}) :$	1,41	LL (%)	NL
$D_{10} =$	0,193			PI (%)	NP

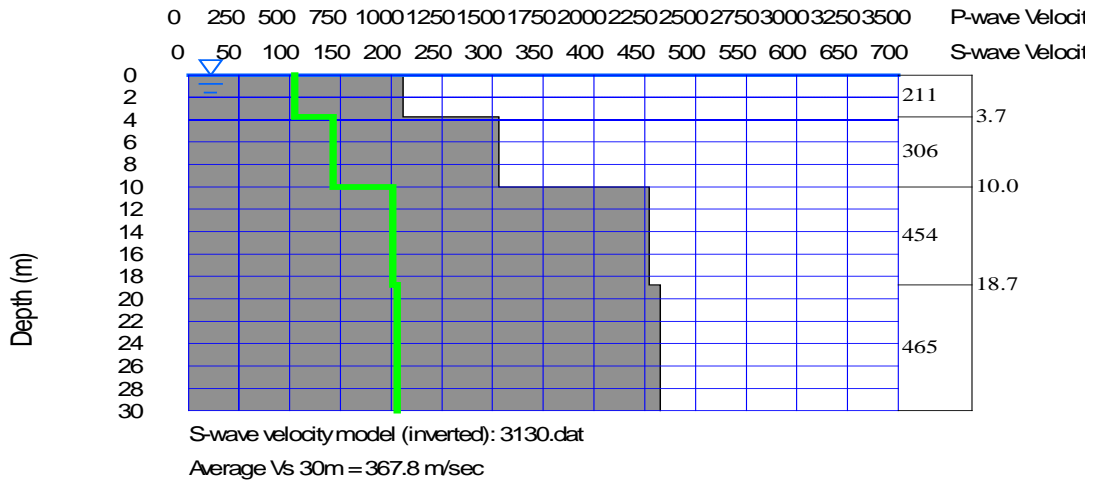
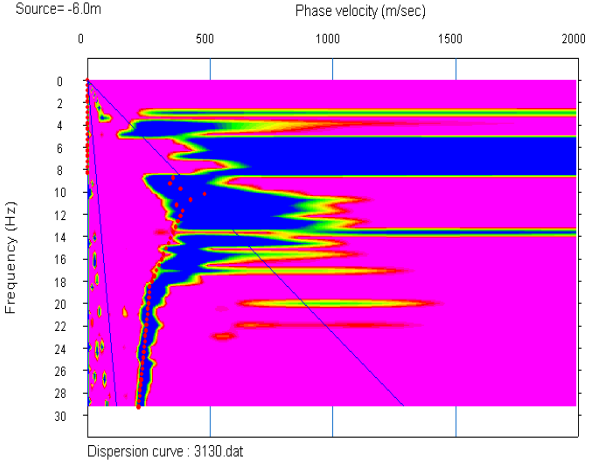
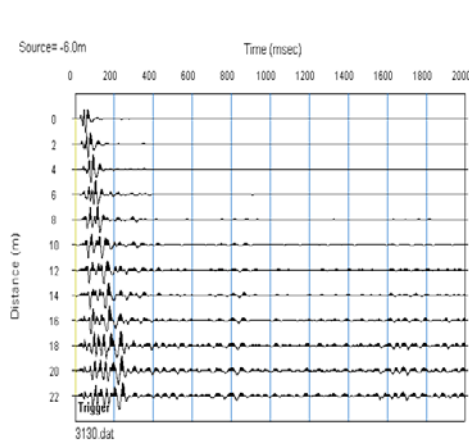
USCS Class / USCS Sınıf: **SP**



		<b>SONDAJ LOGU BORING LOG</b>		SONDAJ NO / Boring : 512											
				SAYFA NO / Page No : 1											
				SONDOR / Driller : --											
PROJE ADI / Project Name : SARTIŞ ÇELİK -GÖSB-İLAVE SONDAJLAR															
SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m) : 13 m			BAŞLAMA TARİHİ / Start Date : 29/07/2009												
SONDAJ KOTU / Elevation (m) : -			BİTİŞ TARİHİ / Finish Date : 29/07/2009												
YERALTI SUYU / Groundwater (m) : -			KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y : --												
MAKİNA TİPİ / YÖNTEMİ : Rotary / 76.00 mm			KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x : --												
KUYU DERİNLİĞİ / Boring Depth (m)	NİJİNİN CİNSİ Sample Type	NİJİNİN NO Sample No.	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test				ZEMİN SINIFI Soil Category	ZEMİN TANIMLAMASI Soil Description	ZEMİN PROFİLİ Profile	MARMARA BOYUTU Size	KAYMA GÜCÜ Strength	SİZİMLİK Watering	DİRİLİŞ Densite	KAROT % Core Recovery	RQD %
			DARBE SAYISI Number of Blows		GRAFİK Graph										
4-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N <sub>60</sub>	10 20 30 40 50											
1	1.50 SPT	9	12	14	26		Dolgu (Ayrışmış Granadyorit- geri dolgu)- bu kuyuda 6 metreye kadar burgu ile Devamında karotlerle ilerlendi.								
2	1.95														
3	3.00 SPT	9	10	12	22										
4	3.45														
5	4.50 SPT	9	1	12	23										
6	4.95														
7	6.00 SPT	7	12	13	25										
8	6.45														
9	7.50 SPT	8	10	11	21										
10	7.95					Granadyorit									
11	9.00														
12	9.45														
13	10.50														
14	10.95														
15	12.00														
16	12.45														
17	13.50														
18	13.95														
19	14.50														
20	14.95														
KİVAM DURUMU / STIFFNESS		SİKLİK DENSİTE		DAYANIM GÜCÜ / STRENGTH		AYRILMA YERİ / BERING									
N <sub>60</sub> < 4 Çok Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> 4-14 Çok Zayıf V. Zayıf		15-30 Orta Zayıf V. Zayıf		31-50 Orta Zayıf V. Zayıf		51-70 Orta Zayıf V. Zayıf		71-100 Orta Zayıf V. Zayıf		100-150 Orta Zayıf V. Zayıf		150-200 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 20 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 30 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 40 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 50 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 60 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 70 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 80 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 90 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 150 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 700 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 1000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 1100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 1200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 1300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 1400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 1500 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 1600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 1700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 1800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 1900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 2000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 2100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 2200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 2300 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 2400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 2500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 2600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 2700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 2800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 2900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 3000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 3100 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 3200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 3300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 3400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 3500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 3600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 3700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 3800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 3900 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 4000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 4100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 4200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 4300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 4400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 4500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 4600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 4700 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 4800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 4900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 5000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 5100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 5200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 5300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 5400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 5500 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 5600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 5700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 5800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 5900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 6000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 6100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 6200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 6300 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 6400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 6500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 6600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 6700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 6800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 6900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 7000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 7100 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 7200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 7300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 7400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 7500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 7600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 7700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 7800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 7900 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 8000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 8100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 8200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 8300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 8400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 8500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 8600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 8700 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 8800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 8900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 9000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 9100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 9200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 9300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 9400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 9500 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 9600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 9700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 9800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 9900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 10000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 10100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 10200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 10300 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 10400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 10500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 10600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 10700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 10800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 10900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 11000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 11100 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 11200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 11300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 11400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 11500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 11600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 11700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 11800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 11900 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 12000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 12100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 12200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 12300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 12400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 12500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 12600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 12700 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 12800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 12900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 13000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 13100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 13200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 13300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 13400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 13500 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 13600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 13700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 13800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 13900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 14000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 14100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 14200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 14300 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 14400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 14500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 14600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 14700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 14800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 14900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 15000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 15100 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 15200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 15300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 15400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 15500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 15600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 15700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 15800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 15900 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 16000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 16100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 16200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 16300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 16400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 16500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 16600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 16700 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 16800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 16900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 17000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 17100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 17200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 17300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 17400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 17500 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 17600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 17700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 17800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 17900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 18000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 18100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 18200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 18300 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 18400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 18500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 18600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 18700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 18800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 18900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 19000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 19100 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 19200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 19300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 19400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 19500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 19600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 19700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 19800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 19900 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 20000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 20100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 20200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 20300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 20400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 20500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 20600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 20700 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 20800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 20900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 21000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 21100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 21200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 21300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 21400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 21500 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 21600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 21700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 21800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 21900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 22000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 22100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 22200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 22300 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 22400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 22500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 22600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 22700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 22800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 22900 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 23000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 23100 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 23200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 23300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 23400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 23500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 23600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 23700 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 23800 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 23900 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 24000 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 24100 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 24200 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 24300 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 24400 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 24500 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 24600 Orta Zayıf V. Zayıf		N <sub>60</sub> > 24700 Orta Zayıf V. Zayıf	
N <sub>60</sub> > 248															

## Ek E – Sismik Deneyleri

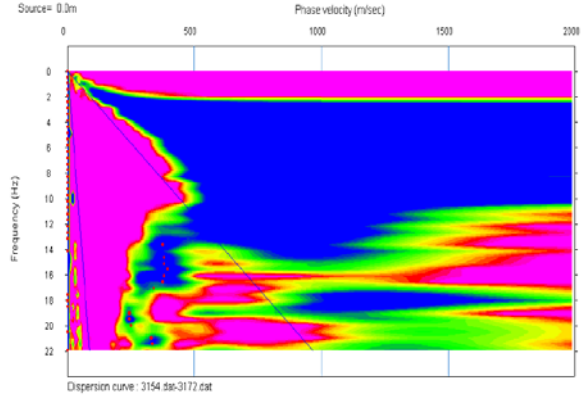
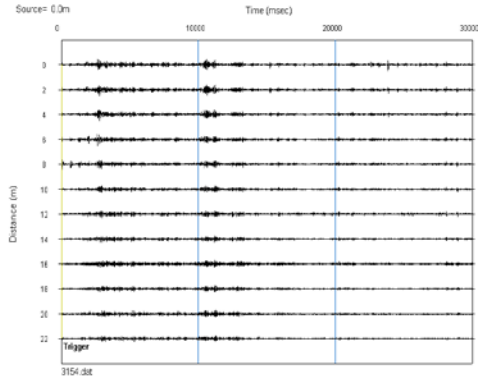
### AKTİF ÖLÇÜ – 1



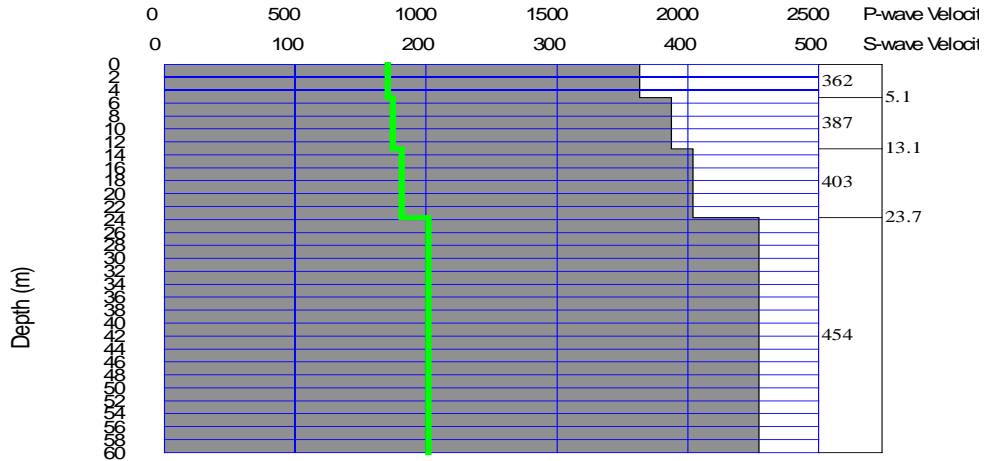
Layer	$V_p$ (m/sec)	$V_p$ (m/sec)	Density(g/cc)	Thickness(m/sec)	Depth(m/sec)	Active in inversion
1	798,10	353,25	1.44944	3.75	3.75	<input checked="" type="checkbox"/>
2	920,15	410,10	1.51867	6.25	10	<input checked="" type="checkbox"/>
3	1008,09	454,044	1.62351	8.75	18.75	<input checked="" type="checkbox"/>
4	1030,47	465,234	1.63125	33.75	52.5	<input checked="" type="checkbox"/>
5	1030,47	465,234	1.63125			<input checked="" type="checkbox"/>

SİSMİK YÜZEY DALGASI İLE VS30 HIZLARI (REMİ)

## PASİF ÖLÇÜ – 2



Index=8 Distance=0.000000m



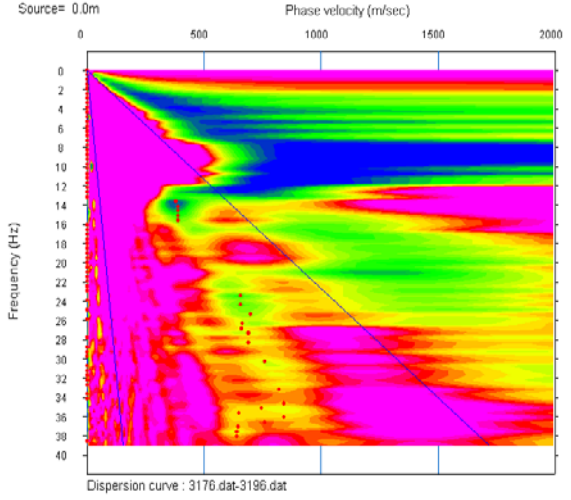
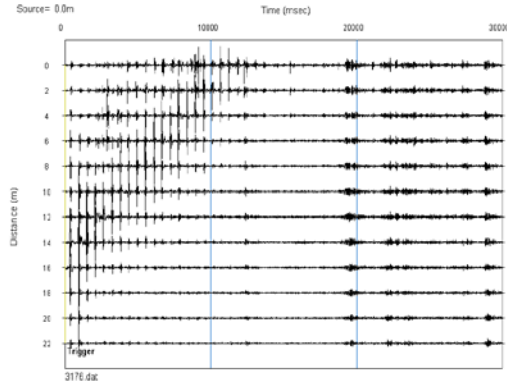
S-wave velocity model (inverted): 3154.dat-3172.dat

Average Vs 30m = 400.9 m/sec

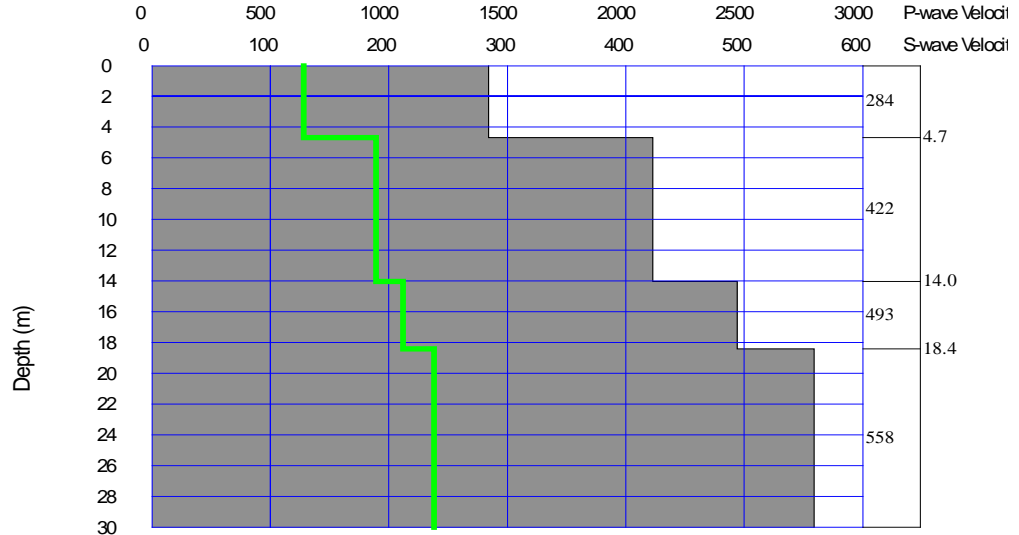
Layer	Vp(m/sec)	Vp(m/sec)	Density(g/cc)	Thickness(m/se)	Depth(m/sec)	Active in inversion
1	825.953	362.976	1.55948	5.14113	5.14113	<input checked="" type="checkbox"/>
2	874.451	387.225	1.5767	7.96371	13.1048	<input checked="" type="checkbox"/>
3	907.908	403.954	1.58851	10.5847	23.6895	<input checked="" type="checkbox"/>
4	1008.29	454.145	1.62358	37.5605	61.25	<input checked="" type="checkbox"/>
5	1237.46	568.728	1.70168			<input checked="" type="checkbox"/>

SİSMİK YÜZEY DALGASI İLE VS30 HIZLARI (REMİ)

### PASİF ÖLÇÜ – 3



Index=15 Distance=0.000000m

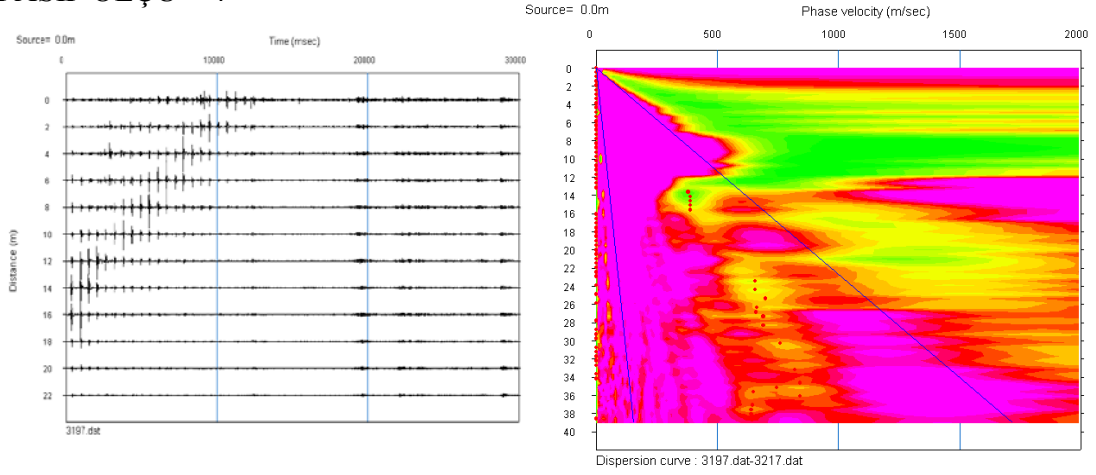


S-wave velocity model (inverted): 3176.dat-3196.dat  
Average Vs 30m = 440.1 m/sec

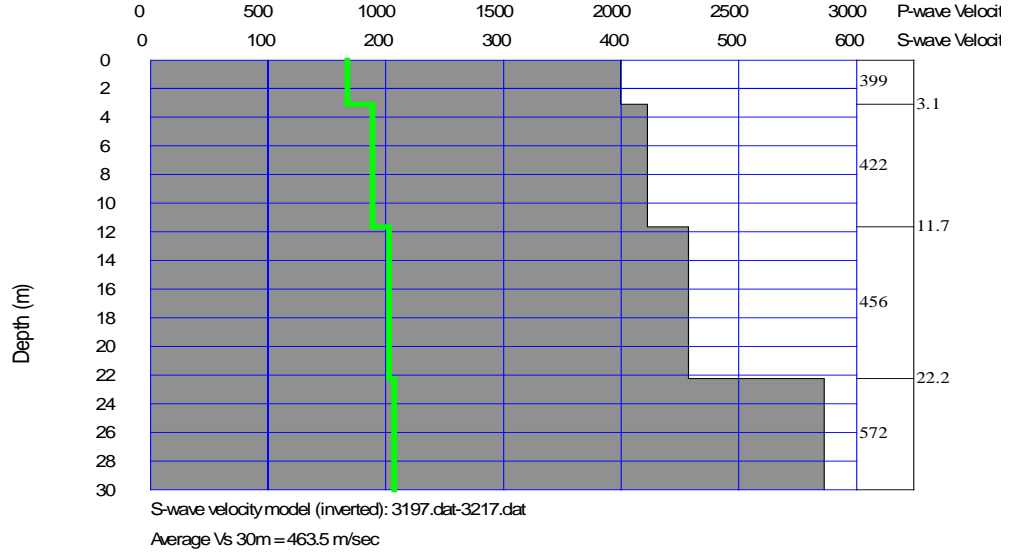
Layer	Vp(m/sec)	Vp(m/sec)	Density(g/cc)	Thickness(m/se	Depth(m/sec)	Active in inversion
1	778,65	364,23	1.5028	4.65726	4.65726	<input checked="" type="checkbox"/>
2	945.352	422.676	1.60165	9.375	14.0323	<input checked="" type="checkbox"/>
3	1087.69	493.846	1.65095	4.375	18.4073	<input checked="" type="checkbox"/>
4	1217.88	558.938	1.69511	47.3589	65.7661	<input checked="" type="checkbox"/>
5	1217.88	558.938	1.69511			<input checked="" type="checkbox"/>

### SİSMİK YÜZEY DALGASI İLE VS30 HIZLARI (REMİ)

## PASİF ÖLÇÜ – 4



Index=3 Distance=0.000000m



Layer	Vp(m/sec)	Vp(m/sec)	Density(g/cc)	Thickness(m/se	Depth(m/sec)	Active in inversion
1	899.111	399.556	1.58541	3.08468	3.08468	<input checked="" type="checkbox"/>
2	944.751	422.376	1.60144	8.56855	11.6532	<input checked="" type="checkbox"/>
3	1013.87	456.937	1.62551	10.5847	22.2379	<input checked="" type="checkbox"/>
4	1245	572.502	1.7042	37.5605	59.7984	<input checked="" type="checkbox"/>
5	1245	572.502	1.7042			<input checked="" type="checkbox"/>

SİSMİK YÜZEY DALGASI İLE VS30 HIZLARI (REMİ)

## **ÖZGEÇMİŞ**

1980 yılında Manisa’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Manisa’da tamamladı. 1998 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden 2003 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2007 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2003 yılından beri özel sektörde İnşaat Mühendisi olarak çalışmakta olup, evli ve bir çocuk babasıdır.