İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONSOLİDASYON ÖZELLİKLERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Esra KILIÇ

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : ZEMİN MEKANİĞİ VE GEOTEKNİK MÜHENDİSLİĞİ

KASIM 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONSOLİDASYON ÖZELLİKLERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Esra KILIÇ
(501041308)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 1 Ekim 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 2 Kasım 2007

Tez Danışmanı : Doç.Dr. M.Ayşen LAV
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Gökhan BAYKAL (B.Ü.)
Prof.Dr. Mete İNCECİK (İ.T.Ü.)

KASIM 2007

ÖNSÖZ

İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği programı çerçevesinde gerçekleştirilen bu yüksek lisans çalışmasında konsolidasyon deney verileri yardımıyla, konsolidasyon parametreleri ile zemin indeks özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı araştırılarak, istatistiksel korelasyonlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

Tezin hazırlanması sırasında bana yol gösteren, desteği ve ilgisini eksik etmeyen, mesleki deneyimi sayesinde ilerlememi sağlayan ve bu çalışmada sonsuz emeği olan Sayın hocam Doç. Dr. M. Ayşen LAV' a ve tarifsiz desteği için anneme en içten dileklerimle teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Kasım 2007 **İnş.Müh. Esra KILIÇ**

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **vi**
TABLO LİSTESİ **vii**
ŞEKİL LİSTESİ **x**
SEMBOL LİSTESİ **xi**
ÖZET **xiii**
SUMMARY **xiv**

1. GİRİŞ **1**
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı 1

2. KONSOLİDASYON **2**
2.1. Konsolidasyon Deneyi 3
2.2. Konsolidasyon Parametreleri 5
2.2.1. Sıkışma Sayısı (a_v) 6
2.2.2. Hacimsel Sıkışma Katsayısı (m_v) 6
2.2.3. Sıkışma Modülü (M_c) 6
2.2.4. Sıkışma İndisi (C_c) 6
2.2.5. Kabarma İndisi (C_s) 7
2.2.6. Konsolidasyon Katsayısı (C_v) 8
2.2.7. Ön Konsolidasyon Basıncı (P_c) 9
2.2.8. Aşırı Konsolidasyon Oranı (AKO) 10

3. İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER **11**
3.1. İstatistiksel Hipotezler 11
3.2. Anlamlılık Düzeyi ve Güven Aralığı 11
3.3. Belirleyici İstatistikler 12
3.3.1. Merkezi Eğilim Ölçütleri 13
3.3.1.1. Aritmetik Ortalama 13
3.3.1.2. Medyan (Ortanca) 13
3.3.1.3. En Küçük Değer (Minimum) 13
3.3.1.4. En Büyük Değer (Maximum) 13
3.3.2. Ortalamadan Sapma Ölçütleri 13
3.3.2.1. Varyans 13
3.3.2.2. Standart Sapma 14
3.3.3. Normallikten Sapma Ölçütleri 14
3.3.3.1. Normal Dağılım 14
3.3.3.2. Çarpıklık 15
3.3.3.3. Basıklık 15
3.4. Normalliğin Araştırılması 15
3.4.1. Grafiksel Yöntemler 15
3.4.2. Normallik Testleri 17
3.4.2.1. Kolmogorov – Smirnov Tek Örneklem Testi 17

3.4.2.2. Shapiro – Wilk Normallik Testi 18
3.5. Regresyon Analizi 18
3.5.1. Basit Doğrusal Regresyon 20
3.5.2. Çoklu Doğrusal Regresyon 23
3.6. Korelasyon Analizi 23
3.6.1. Pearson Korelasyon Katsayısı 23
3.6.2. Spearman Sıra Korelasyonu 24

4. VERİ KARAKTERİSTİKLERİ 25
4.1. Numune Özellikleri 25
4.2. Deney Yöntemi 27
4.3. Parametre Dağılımları 27
4.3.1. Tüm Zemin Sınıfları İçin Normallik Testleri 28
4.3.1.1. Deney Başı Boşluk Oranı (e_0) Normallik Testleri 28
4.3.1.2. Likit Limit (w_L) Normallik Testleri 30
4.3.1.3. Plastik Limit (w_P) Normallik Testleri 32
4.3.1.4. Likidite İndisi (I_L) Normallik Testleri 35
4.3.1.5. Plastisite İndisi (I_P) Normallik Testleri 37
4.3.1.6. Deney Başı Birim Hacim Ağırlığı (γ_0) Normallik Testleri 38
4.3.1.7. Dane Birim Hacim Ağırlığı (γ) Normallik Testleri 40
4.3.2. CH Zemin Sınıfı İçin Normallik Testleri 40
4.3.3. CL Zemin Sınıfı İçin Normallik Testleri 41
4.3.4. ML - OL Zemin Sınıfı İçin Normallik Testleri 41
4.3.5. MH - OH Zemin Sınıfı İçin Normallik Testleri 42

5. VERİ ANALİZİ 44
5.1. Hesap Adımları 44
5.2. Tüm Zemin Sınıfları için Korelasyonlar 47
5.2.1. Sıkışma İndisi ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar 47
5.2.2. Kabarma İndisi ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar 49
5.2.3. Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar 52
5.2.4. 0.00 – 0.25 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar 52
5.2.4.1. 0.25 – 0.50 kg/cm2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar 55
5.2.4.2. 0.50 – 1.00 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar 59
5.2.4.3. 1.00 – 2.00 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar 61
5.2.4.4. 2.00 – 4.00 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar 64
5.2.4.5. 4.00 – 6.00 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar 66
5.2.4.6. 6.00 – 10.00 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar 69
5.2.4.7. 4.00 – 10.00 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar 72
5.3. CH Zemin Sınıfı için Korelasyonlar 75
5.4. CL Zemin Sınıfı için Korelasyonlar 77

5.5. MH - OH Zemin Sınıfı için Korelasyonlar 79
5.6. ML - OL Zemin Sınıfı için Korelasyonlar 81

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA 84

KAYNAKLAR 92

EKLER 93

ÖZGEÇMİŞ 116

KISALTMALAR

AKO : Aşırı Konsolidasyon Oranı
Sig. : Önem, anlamlılık düzeyi

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1 :Pearson Korelasyon katsayısı değerlerinin yorumu 24
Tablo 4.1 :e_0 ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları.....28
Tablo 4.2 :w_L ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları. 31
Tablo 4.3 :w_P ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları.....33
Tablo 4.4 :I_L ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları. 35
Tablo 4.5 :I_P ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları 38
Tablo 4.6 :γ_0 ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları. 38
Tablo 4.7 :γ ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları. 40
Tablo 4.8 :CH zemin grubuna ait normallik testi sonuçları 41
Tablo 4.9 :CL zemin grubuna ait normallik testi sonuçları 41
Tablo 4.10 :ML - OL zemin grubuna ait normallik testi sonuçları.....42
Tablo 4.11 :MH - OH zemin grubuna ait normallik testi sonuçları.....43
Tablo 5.1 :Tüm zemin sınıfları için bağımsız değişkenlere ait istatistiksel parametreler özeti 46
Tablo 5.2 :Tüm zemin sınıfları için sıkışma indisi ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları 47
Tablo 5.3 :Tüm zemin sınıfları için sıkışma indisi 1. regresyon modeline ait model özeti. 48
Tablo 5.4 :Tüm zemin sınıfları için sıkışma indisi 1. regresyon modeline ait model katsayıları 48
Tablo 5.5 :Tüm zemin sınıfları için kabarma indisi ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. 50
Tablo 5.6 :Tüm zemin sınıfları için kabarma indisi 1. regresyon modeline ait model özeti 50
Tablo 5.7 :Tüm zemin sınıfları için kabarma indisi 1. regresyon modeline ait F istatistiği 51
Tablo 5.8 :Tüm zemin sınıfları için kabarma indisi 1. regresyon modeline ait model katsayıları. 51
Tablo 5.9 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (0.00 – 0.25 kg/cm^2) 53
Tablo 5.10 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (0.00 – 0.25 kg/cm^2) 54
Tablo 5.11 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait F istatistiği (0.00 – 0.25 kg/cm^2) 54
Tablo 5.12 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (0.00 – 0.25 kg/cm^2).....54
Tablo 5.13 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (0.25 – 0.50 kg/cm^2) 56

Tablo 5.14 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (0.25 – 0.50 kg/cm^2) 57
Tablo 5.15 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait F testi (0.25 – 0.50 kg/cm^2) 57
Tablo 5.16 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (0.25 – 0.50 kg/cm^2) 58
Tablo 5.17 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (0.50 – 1.00 kg/cm^2) 59
Tablo 5.18 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (0.50 – 1.00 kg/cm^2) 60
Tablo 5.19 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (0.50 – 1.00 kg/cm^2) 60
Tablo 5.20 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (1.00 – 2.00 kg/cm^2) 62
Tablo 5.21 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (1.00 – 2.00 kg/cm^2) 62
Tablo 5.22 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (1.00 – 2.00 kg/cm^2) 63
Tablo 5.23 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (2.00 – 4.00 kg/cm^2) 64
Tablo 5.24 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (2.00 – 4.00 kg/cm^2) 65
Tablo 5.25 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (2.00 – 4.00 kg/cm^2) 65
Tablo 5.26 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (4.00 – 6.00 kg/cm^2) 67
Tablo 5.27 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (4.00 – 6.00 kg/cm^2) 67
Tablo 5.28 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait F testi (4.00 – 6.00 kg/cm^2) 68
Tablo 5.29 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (4.00 – 6.00 kg/cm^2) 68
Tablo 5.30 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (6.00 – 10.00 kg/cm^2) 70
Tablo 5.31 **:**Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (6.00 – 10.00 kg/cm^2) 70
Tablo 5.32 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait F testi (6.00 – 10.00 kg/cm^2) 71
Tablo 5.33 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (6.00 – 10.00 kg/cm^2) 71
Tablo 5.34 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (4.00 – 10.00 kg/cm^2) 73
Tablo 5.35 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (4.00 – 10.00 kg/cm^2) 73

Tablo 5.36 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait F testi (4.00 – 10.00 kg/cm^2) 74
Tablo 5.37 :Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları 74
Tablo 6.1 :Tüm zemin sınıfları için sıkışma indisi ile ilgili bulunan model denklemleri 84
Tablo 6.2 :Tüm zemin sınıfları ile ilgili kabarma indisi ile ilgili bulunan model denklemleri 85
Tablo 6.3 :Tüm zemin sınıfları ile ilgili hacimsel sıkışma katsayısı ile ilgili bulunan model denklemleri 86
Tablo 6.4 :CH zemin sınıfı ile ilgili bulunan model denklemleri 87
Tablo 6.5 :CL zemin sınıfı ile ilgili bulunan model denklemleri 88
Tablo 6.6 :MH - OH zemin sınıfı ile ilgili bulunan model denklemleri 89
Tablo 6.7 :ML - OL zemin sınıfı ile ilgili bulunan model denklemleri 90
Tablo A.1 :Konsolidasyon Deneyi Numune Özellikleri 94
Tablo A.2 :Hacimsel Sıkışma Katsayıları 103
Tablo B.1 :Tüm Zemin Sınıfları İçin Deney Başı Boşluk Oranı ve Fonksiyonlarına İlişkin Belirleyici İstatistikler 109
Tablo B.2 :Tüm Zemin Sınıfları İçin Likit Limit ve Fonksiyonlarına İlişkin Belirleyici İstatistikler 110
Tablo B.3 :Tüm Zemin Sınıfları İçin Plastik Limit ve Fonksiyonlarına İlişkin Belirleyici İstatistikler 111
Tablo B.4 :Tüm Zemin Sınıfları İçin Likidite İndisi ve Fonksiyonlarına İlişkin Belirleyici İstatistikler 112
Tablo B.5 :Tüm Zemin Sınıfları İçin Plastisite İndisi ve Fonksiyonlarına İlişkin Belirleyici İstatistikler 113
Tablo B.6 :Tüm Zemin Sınıfları İçin Deney Başı Dane Birim Hacim Ağırlığı ve Fonksiyonlarına İlişkin Belirleyici İstatistikler 114
Tablo B.7 :Tüm Zemin Sınıfları İçin Dane Birim Hacim Ağırlığı ve Fonksiyonlarına İlişkin Belirleyici İstatistikler 115

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Konsolidasyon deneyine ait oturma – zaman grafiği 3
Şekil 2.2 : Yükleme durumunda boşluk oranı –logaritmik ölçekli gerilme grafiği ..5
Şekil 2.3 : Yükleme ve boşaltma durumunda boşluk oranı – logaritmik ölçekli gerilme grafiği.....5
Şekil 2.4 : Düzeltilmiş C_c hesaplanması.....7
Şekil 2.5 : Karekök zaman yöntemi 9
Şekil 2.6 : Ön konsolidasyon basıncının bulunması.....10
Şekil 3.1 : Anlamlılık seviyesine göre kabul ve red bölgeleri 12
Şekil 3.2 : Normal dağılım eğrisi 14
Şekil 3.3 : Histogram ve normal dağılım eğrisi 16
Şekil 3.4 : Normal dağılım grafiği.....16
Şekil 3.5 : Trendsiz normallik grafiği.....17
Şekil 4.1 : Birleşik Zemin Sınıflandırma sistemine göre zemin sınıfları 26
Şekil 4.2 : $1/\sqrt{e_0}$ fonksiyonuna ait histogram.....29
Şekil 4.3 : $1/\sqrt{e_0}$ fonksiyonuna ait trendsiz normallik grafiği 29
Şekil 4.4 : $1/\sqrt{e_0}$ fonksiyonuna ait normal dağılım grafiği 30
Şekil 4.5 : ln w_L fonksiyonuna ait histogram.....31
Şekil 4.6 : ln w_L fonksiyonuna ait trendsiz normallik grafiği.....32
Şekil 4.7 : ln w_L fonksiyonuna ait normal dağılım grafiği 32
Şekil 4.8 : 1/ln w_P ve $1/\sqrt{w_P}$ fonksiyonunlarına ait histogramlar.....33
Şekil 4.9 : 1/ln w_P ve $1/\sqrt{w_P}$ fonksiyonlarına ait trendsiz normallik grafikleri.....34
Şekil 4.10 : 1/ln w_P ve $1/\sqrt{w_P}$ fonksiyonlarına ait normal dağılım grafikleri.....34
Şekil 4.11 : $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ fonksiyonuna ait histogram.....36
Şekil 4.12 : $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ fonksiyonuna ait trendsiz normallik grafiği.....36
Şekil 4.13 : $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ fonksiyonuna ait normal dağılım grafiği 37
Şekil 4.14 : γ_0^2 ve γ_0^3 fonksiyonlarına ait histogramlar.....39
Şekil 4.15 : γ_0^2 ve γ_0^3 fonksiyonlarına ait trendsiz normallik grafikleri 39
Şekil 4.16 : γ_0^2 ve γ_0^3 fonksiyonlarına ait normal dağılım grafikleri 39

SEMBOL LİSTESİ

α	: Anlamlılık düzeyi
Δe	: Boşluk oranı değişimi
Δp	: Basınç değişimi
a	: α gerçek kesim noktasının tahmini
a_v	: Sıkışma sayısı
b	: β gerçek parametresinin tahmini
c	: γ gerçek parametresinin tahmini
C_{c1}	: Düzeltilmiş sıkışma indisi
C_{c2}	: Düzeltilmemiş sıkışma indisi
C_s	: Kabarma indisi
C_v	: Konsolidasyon katsayısı
e	: Boşluk oranı
e_0	: Deney başı boşluk oranı
e_f	: Deney sonu boşluk oranı
e_i	: u gerçek hata değerinin tahmini
e_n	: Tabii boşluk oranı
$F_0(X)$	: Teorik yığılımlı standart normal yoğunluk fonksiyonu
H_0	: Sıfır hipotezi
H_A	: Karşıt hipotez, alternatif hipotez
H_{dr}	: Drenaj mesafesi
I_L	: Likidite indisi
I_p	: Plastisite indisi
k	: Permeabilite katsayısı
M_c	: Sıkışma modülü
m_v	: Hacimsel sıkışma katsayısı
n	: Gözlem sayısı
p	: Numunenin maruz kaldığı gerilme
P_0	: Efektif jeolojik basınç, örtü basıncı
p_c	: Konsolidasyon oturması
P_c	: Ön konsolidasyon basıncı
p_i	: Ani oturma
p_s	: Plastik oturma
p_t	: Toplam oturma
q_u	: Serbest basınç mukavemeti
R	: Çoklu korelasyon katsayısı
r	: Pearson korelasyon katsayısı
R^2	: Belirlilik katsayısı
S	: Standart sapma
$S_n(X)$	: Gözlemsel yığılımlı yoğunluk fonksiyonu
t_{90}	: Zemindeki oturmaların % 90'ının tamamlandığı süre

Var(X)	**:** X değişkeninin varyansı
$\mathbf{w_0}$	**:** Deney başı su muhtevası
$\mathbf{w_f}$	**:** Deney sonu su muhtevası
$\mathbf{w_L}$	**:** Likit limit
$\mathbf{w_n}$	**:** Tabii su muhtevası
$\mathbf{w_P}$	**:** Plastik limit
X, Z	**:** Bağımlı değişkenler
Xi	**:** X değişkeninin sıfır orijinine göre gözlemlenen değeri
$\mathbf{x_i}$	**:** X değişkeninin ortalamalar orijinine göre gözlemlenen değeri
$\overline{X}$	**:** X_i değişkenlerinin aritmetik ortalaması
$\overline{Y}$	**:** Y_i değişkenlerinin aritmetik ortalaması
$\hat{Y}_i$	**:** Bağımlı değişken belli bir değerde iken Y değerinin tahmin edilen değeri
Y	**:** Bağımlı değişken
Yi	**:** Y değişkeninin sıfır orijinine göre gözlemlenen değeri
$\mathbf{y_i}$	**:** Y değişkeninin ortalamalar orijinine göre gözlemlenen değeri
$\boldsymbol{\gamma}$	**:** Dane birim hacim ağırlığı
$\boldsymbol{\gamma_0}$	**:** Deney başı birim hacim ağırlığı
$\boldsymbol{\gamma_f}$	**:** Deney sonu birim hacim ağırlığı
$\boldsymbol{\gamma_w}$	**:** Suyun birim hacim ağırlığı

KONSOLİDASYON ÖZELLİKLERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

ÖZET

Zeminler yüklemeye maruz kaldıklarında sıkışma davranışı sergilerler. Sıkışma, zemin danelerinin yer değiştirmesi ya da deformasyonu ve boşluk suyunun uzaklaşması ile oluşur. Yüklemeden hemen sonra su muhtevasında herhangi bir değişiklik olmadan gerçekleşen oturmalar ani oturma olarak adlandırılır. Zeminde boşluk suyu basıncının zamana bağlı sönümlenmesi konsolidasyon oturmasını ifade etmektedir. Konsolidasyon oturması tamamlandıktan sonra gerçekleşen plastik deformasyonlar ise ikincil konsolidasyon oturması olarak adlandırılmaktadır.

Zeminlere ait oturma davranışı konsolidasyon ya da ödometre deneyi olarak bilinen laboratuar deneyi ile saptanmaktadır. Deneyde zamana bağlı sıkışmalar, her yük kademesinde en az 24 saat süren yüklemeler sonucunda belirlenmektedir. Bu nedenle konsolidasyon deneyinin sonuçlanması uzun zaman almaktadır.

Bu çalışmada, zemin indeks özelliklerinin zemin oturma davranışına olan etkileri incelenmiş, bu özelliklerinin oturma davranışını açıklamakta yeterli olup olmadığı araştırılmıştır. Konsolidasyon parametreleri ile zemin indeks özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı araştırılmış, ilişkiler incelenerek, istatistiksel korelasyonlar bulunması hedeflenmiştir. 299 adet örselenmemiş zemin numunesi üzerinde yapılan konsolidasyon deneylerine ait indeks parametreleri istatistiksel yöntemlerle incelenmiş; sıkışma indisi, kabarma indisi ve hacimsel sıkışma katsayısı parametrelerinin indeks özellikleri ile olan korelasyonları bağıntılar halinde sunulmuştur.

Çalışmada istatistiksel yöntemlerden değişken eleme yöntemli regresyon analizi uygulanmıştır. Boşluk oranı, tabii su muhtevası, plastisite özellikleri ve birim hacim ağırlığı gibi indeks özellikleri analize dahil edilmiş, analiz sonucunda etkisi olmayan parametreler adım adım işlemden çıkarılarak analiz yenilenmiştir. Tüm modellere ait belirlilik katsayıları belirlenerek, elde edilen korelasyonlar denklemler halinde sunulmuştur.

STATISTICAL ANALYSIS OF CONSOLIDATION PARAMETERS

SUMMARY

When soils subjected to loading they tend to show compression behavior. Compression occurs by relocation or deformation of soil particles or expulsion of pore water. Sudden compression occurs even after loading without any change in water content. Consolidation settlement could be expressed by the expulsion of pore water. Secondary consolidation settlement happens with the plastic deformation of soil particles after completion of consolidation settlement.

Compression behavior of soils is determined by laboratory experiment named consolidation or odometer test. Soil specimen is loaded for at least 24 hours for the determination of compression by time for all loading levels. For this reason, consolidation test takes long time.

In this study the effect of index properties on compression behavior of soils is investigated. The relationship between consolidation parameters and index properties of soils are studied and defining statistical correlations is aimed. Consolidation tests which are carried on 299 undisturbed soil samples are investigated with statistical procedures and correlations are established between the compression index, swell index and coefficient of volume compressibility with index properties.

Backward selection regression analysis procedure is applied for the study. The parameters such as void ratio, plasticity parameters and unit weight are joined to the analysis, then the ineffective parameters are separated from the model. Gathered information is established with linear equations with coefficient of significances.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

Temeller yardımıyla zemine aktarılan yükler zemin tabakalarının sıkışmasına sebep olur. Zemin tabakaları uygulanan yüke bağlı olarak aniden ve zamana bağlı oturmaya maruz kalırlar. Zemin tabakaları yüklendiğinde zemin boşluk suyu basıncı yükselir. Kohezyonsuz zeminlerde boşluk suyu basıncının sönümlenmesi çok kısa bir sürede tamamlanır. Bu nedenle kohezyonsuz zeminlerde ani oturma ile konsolidasyon oturması birbirinden ayrılamaz. Kohezyonlu zeminlerde ise boşluk suyu basıncındaki sönümlenme yavaş gerçekleşecektir. Kohezyonlu zeminlerde gerçekleşen zamana bağlı boşluk suyu basıncının sönümlenmesi konsolidasyon olarak adlandırılmaktadır.

Zeminlerin oturma davranışı laboratuar ortamında yapılan konsolidasyon deneyi ile belirlenir. Konsolidasyon deneyi genel olarak örselenmemiş zemin numunelerinin boşluklarında bulunan su hareketine izin verilerek yük altında sıkışma miktarlarının belirlenmesi olarak ifade edilebilir. Konsolidasyon deneyi ile konsolidasyon parametreleri tayin edilerek arazide uygulanan yüklemeye bağlı olarak zemin tabakasında meydana gelecek oturma miktarları belirlenmekte ve temel tasarımı bu veriler doğrultusunda yapılmaktadır.

Bu çalışmada, tüm temel tasarımlarında bilinmesi gerekli olan konsolidasyon parametrelerin zemin indeks özellikleri ile anlamlı bir ilişkilerinin olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışmada istatistik veri analizi programlarından yararlanılmıştır. Bu çalışmada konsolidasyon parametreleri ile indeks özellikleri arasındaki anlamlı ilişkiler sunulmaktadır. Sunulan korelasyonlarının, zemin oturma davranışına olan etkileri belirlilik katsayıları ile ifade edilecektir.

2. KONSOLİDASYON

Yapı temelleri ile zemine aktarılan yükler, zeminde gerilme artışına yol açmaktadır. Gerilme artışı ise, zemin danelerinin yer değiştirmesi ya da daneler arasında yer alan hava ve suyun uzaklaşması yolları ile temel zemininde oturmaya sebep olmaktadır. Özet olarak oturmalar, temel aracılığıyla zemine aktarılan yapı yükleri nedeniyle, artan boşluk suyu basıncının zamana bağlı olarak sönümlenmesi sonucu zeminde oluşan deplasmanlar olarak tanımlanmaktadır.

Zeminde meydana gelen oturmalar üç sınıfa ayrılabilir.

1) Ani oturma (p_i)

2) Konsolidasyon oturması (birincil konsolidasyon oturması) (p_c)

3) Plastik oturma (İkincil konsolidasyon oturması) (p_s)

Yüklemeye bağlı olarak zeminde oluşacak toplam oturma (p_t); ani oturma, konsolidasyon oturması ve plastik oturmanın toplamı şeklinde ifade edilir. Zeminde oluşacak toplam oturma denklem (2.1)' de ifade edilmiştir.

$$p_t = p_i + p_c + p_s \qquad \textbf{(2.1)}$$

Ani oturma, zeminlere yük uygulanır uygulanmaz, su muhtevasında değişiklik olmaksızın meydana gelen elastik deformasyonlardır (Das, 2000).

Konsolidasyon oturması, gerilme artışı sonucunda artan boşluk suyu basıncının sönümlenmesi sonucu zemin danelerinin yer değiştirmesi ile oluşan oturmalardır. Kohezyonlu zeminlerde zeminin düşük permeabilitesinden dolayı bu suyun tabakanın dışına çıkması uzun zaman alır. Bu nedenle konsolidasyon oturması permeabilite katsayıları küçük olan killi ve siltli zeminler için söz konusudur. Büyük permeabiliteye sahip olan kohezyonsuz zeminlerde, suyun dışarı atılması kısa sürede gerçekleştiği için ani oturma ve konsolidasyon oturması birbirinden ayrılamaz.

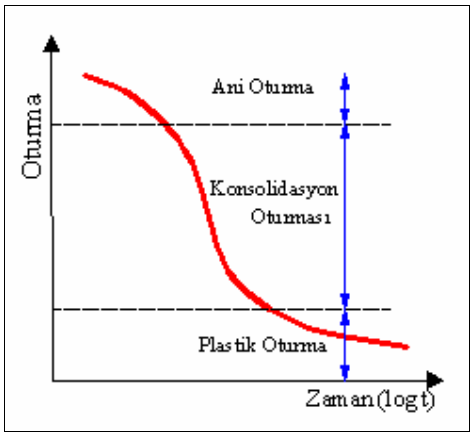
Plastik oturmalar ise, killi zeminlerde sabit efektif basınç altında, ek boşluk suyu basıncının tamamen sönümlenmesine rağmen devam eden ve ikincil

konsolidasyondan doğan oturmalardır (Das, 1998). Temel zemininin aşırı yüklenmeye maruz kalmadığı durumlarda ihmal edilebilir niteliktedirler.

Konsolidasyon deneyi, zeminin doğal koşullarını temsil eden numune yardımıyla zemine ait sıkışma davranışının belirlenmesini sağlamaktadır. Oturmaların bilinmesi sığ temellerde zemin emniyet gerilmesinin, derin temellerde emniyetli ayak veya kazık yükünün bulunması bakımından gereklidir. (Kumbasar ve Kip, 1999). Konsolidasyon deneyinde kullanılan numunenin tabii durumdaki koşullarda olması yani numunenin örselenmemiş olması gerekmektedir. Bu nedenle killi zeminlerde bu deneyin uygulanması mümkün iken kum zeminlerin oturma değerlerinin daha çok arazi deneyleri ile belirlenmesi gerekmektedir.

2.1 Konsolidasyon Deneyi

Konsolidasyon deneyine ilişkin ilk çalışmalar 1925 yılında Karl Terzaghi tarafından yapılmıştır. Konsolidasyon deneyinin genel prensibi, zemin numunesinde suyun drene olmasına müsaade edilerek, artan gerilme altında oluşacak deformasyonların ölçülmesidir. Konsolidasyon deneyine ait oturma – logaritmik ölçekli zaman ilişkisini gösteren grafik Şekil 2.1' de görülmektedir.

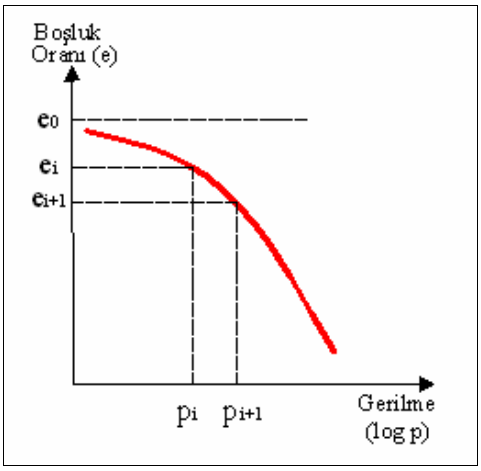


Şekil 2. 1: Konsolidasyon deneyine ait oturma – zaman grafiği

Zemin numunesi, konsolidasyon parametrelerinin tespiti için gerekli veriler elde edilene kadar yüklenerek; daha sonra zeminin şişme (kabarma) özelliğinin tespiti için yük boşaltması yapılmaktadır. Her iki aşamada su giriş çıkışına izin verilerek tabii şartlara mümkün olduğunca uygun olarak, numunenin bir doğrultudaki deplasmanları tespit edilmektedir.

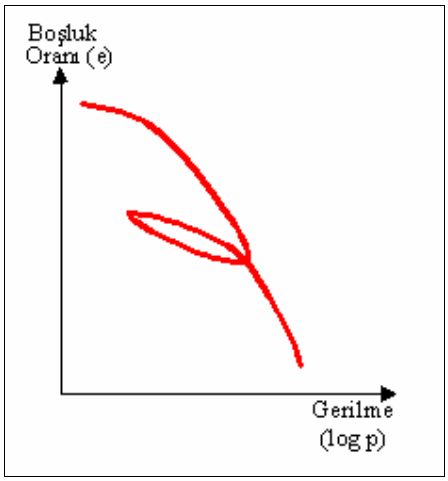
Konsolidasyon deneyinin uygulanması ana hatları ile şu şekilde özetlenebilir. Örselenmemiş zemin numunesi, ağırlığı ve boyutları bilinen ringe yerleştirilerek toplam ağırlık belirlenir. Numunenin alındığı sondaj tüpünde, numuneye en yakın kısımdan başka numune alınarak deney başındaki su muhtevası belirlenir. Ödometre aletinin en alt kısmında bulunan alt poröz taş suya doygun hale getirilerek ring içindeki numune alt poröz taş üzerine yerleştirilir. Ring üzerine üst poröz taş konarak vidalar sıkıştırılır. Su haznesi uygun bir yüksekliğe konur ve su borusu ödometre aletine bağlanır. Hazneye yeteri kadar su doldurulur ve deney boyunca gerektiği zaman su eklenerek numunenin deney süresince suya doygun olması sağlanır. Yükleme birimi ödometre aletine bağlanır ve ardından deformasyon saati numunenin üst kısmına yerleştirilerek t = 0 okuması yapılır. Numune üzerine 0.25 kg / cm^2 değerinde gerilme gelecek şekilde ilk yükleme yapılır. Bu sırada kronometreye basılarak t = 15 sn., 30 sn., 1 dk., 2dk., 4 dk. okumaları alınır. İlerleyen okumalar t = 8 dk., 15 dk., 30 dk., 1 sa., 2 sa., 4sa., 8 sa. ve 24 sa. şeklindedir. 24 sa. okuması alındıktan sonra numune üzerine 0.50, 1.00, 2.00, 4.00, 6.00, 10.00 kg / cm^2 gibi değerde gerilme gelecek şekilde yükleme yapılır ve bir önceki kademede yapılan okumalar tekrarlanır. Yükleme okumaları tamamlandığında numune üzerindeki yük kademeli olarak azaltılarak bu kez numunenin kabarma miktarları okuma saatinden alınır. Deney sonu su muhtevasını belirlemek amacıyla numune tartılır ve ardından etüvde kurumaya bırakılır.

Deney sonucunda, her bir yük kademesinde 24 saatlik süre sonucunda numunede oluşan deplasmanlar belirlenmiş olunur. Konsolidasyon davranışını tanımlamak üzere boşluk oranı – logaritmik ölçekli gerilme grafiğinden yararlanılır. Her bir yük kademesinde 24 saatlik oturma sonucu numunenin boşluk oranını gösteren grafik Şekil 2.2' de görülmektedir.



Şekil 2. 2: Yükleme durumunda boşluk oranı –logaritmik ölçekli gerilme grafiği

Numune yüklemeden sonra yük boşaltmaya maruz kaldığında yapmış olduğu elastik deformasyonların bir kısmı ortadan kalkacak ve numune de hacim artışı dolayısıyla boşluk oranında artış gözlenecektir. Yükleme tekrarlandığında ise boşluk oranı azalarak zemin sıkışmaya devam edecektir. Yükleme – boşaltma ve tekrar yükleme durumuna ait boşluk oranı – logaritmik gerilme grafiği Şekil 2.3' te yer almaktadır.



Şekil 2. 3:Yükleme ve boşaltma durumunda boşluk oranı – logaritmik ölçekli gerilme grafiği

2.2 Konsolidasyon Parametreleri

Zeminin arazide uygulanan yükleme altında yapacağı konsolidasyon oturmasının hesaplanması için, laboratuar deneyi sonuçları yardımıyla elde edilen bazı parametreler gerekmektedir. Bu bölümde bazı konsolidasyon parametrelerinin hesaplanması anlatılacaktır.

2.2.1 Sıkışma Sayısı (a_v)

Sıkışma sayısı; boşluk oranının basınç ile değişim hızını gösterir. Sıkışma sayısının hesaplanması denklem (2.2)' de görülmektedir.

$$a_v = -\frac{\Delta e}{\Delta p} \tag{2.2}$$

Konsolidasyon deneyi sonucunda, her yük kademesine ait gerilme ve boşluk oranı değişimleri elde edilmektedir. Sıkışma sayısı, her sıkışma kademesi için hesaplanır.

2.2.2 Hacimsel Sıkışma Katsayısı (m_v)

Hacimsel sıkışma katsayısı, basıncın birim artışına karşı birim hacimde meydana gelen azalmayı gösterir ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$m_v = -\frac{\Delta e}{\Delta p} \times \frac{1}{1+e} \tag{2.3}$$

2.2.3 Sıkışma Modülü (M_c)

Sıkışma modülü formül (2.4)'te ifade edilmektedir.

$$M_c = \frac{1}{m_v} \tag{2.4}$$

2.2.4 Sıkışma İndisi (C_c)

Sıkışma indisi, konsolidasyon deneyine ait e – log p grafiğinin eğimi olup boyutsuzdur.

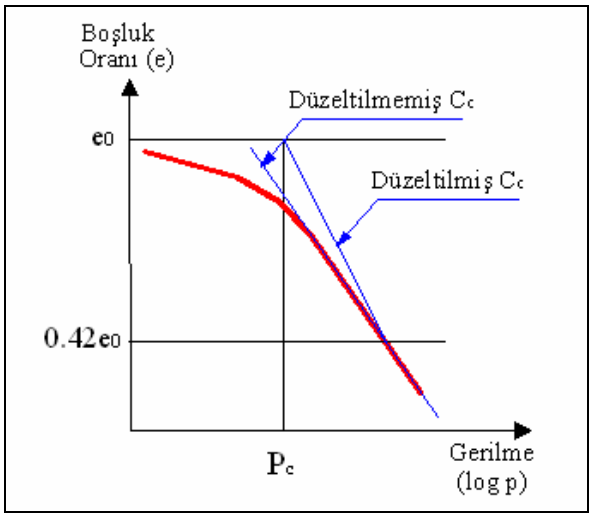
$$\Delta e = C_c \log \frac{p_1 + \Delta p}{p_1} \tag{2.5}$$

Laboratuar deneyleri yardımıyla yürütülen istatistiksel çalışmalar sonucunda, sıkışma indisinin tahmini için bazı yaklaşık korelasyonlar elde edilmiştir. 1967 yılında Terzaghi ve Peck tarafından çalışmalar sonucunda ortaya konulan ampirik ifadelerin gerçeğe yakın sonuçlar verdiği bilinmektedir. Bahsedilen ampirik denklem örselenmemiş kil zeminler için denklem (2.6)'da, örselenmiş kil zeminler için ise denklem (2.7)'de yer almaktadır.

$$C_C = 0.009(w_L - 10) \quad \textbf{(2.6)}$$

$$C_C = 0.007(w_L - 10) \quad \textbf{(2.7)}$$

Yapılan bazı çalışmalar, konsolidasyon deneyi sonucunda öngörülen oturma miktarı ve oturma süresi ile ilgili sonuçların arazi koşullarında doğru sonuç vermediğini göstermektedir. Numune alımı ve deneye hazırlama sürecinde numunenin örselenmesi nedeniyle, sıkışma indisinin grafiksel olarak elde edilenden daha küçük bir değerde olması beklenmektedir. Bu nedenle C_c katsayısının hesaplanmasında 1953 yılında Schertmann tarafından önerilen düzeltme yapılabilir. Düzeltilmiş C_c hesaplanmasına ilişkin grafik Şekil 2.4' te görülmektedir.



Şekil 2. 4: Düzeltilmiş C_c hesaplanması

Düzeltilmiş C_c, e – log p grafiğinde (e_0, P_c) kesişim noktasının, $0.42e_0$ değerinin e - log p eğrisini kestiği nokta ile birleştiren doğrunun eğimi olarak ifade edilebilir.

Literatürde sıkışma indisinin zemin indeks özellikleri ile ilişkili olup olmadığı ve ilişkinin derecesini ortaya koymak amacıyla pek çok çalışma yer almaktadır.

2.2.5 Kabarma İndisi (C_s)

Zemin numunesinin yüklendikten sonra yük boşaltılması sırasında elde edilen e – log p grafiğin eğimi kabarma indisi olarak adlandırılmaktadır.

$$\Delta e = C_s \log \frac{p_i + \Delta p}{p_i} \quad \textbf{(2.8)}$$

Kabarma indisi yaklaşık olarak şu şekilde tahmin edilebilmektedir:

$$C_s \approx (\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10})C_c \quad \textbf{(2.9)}$$

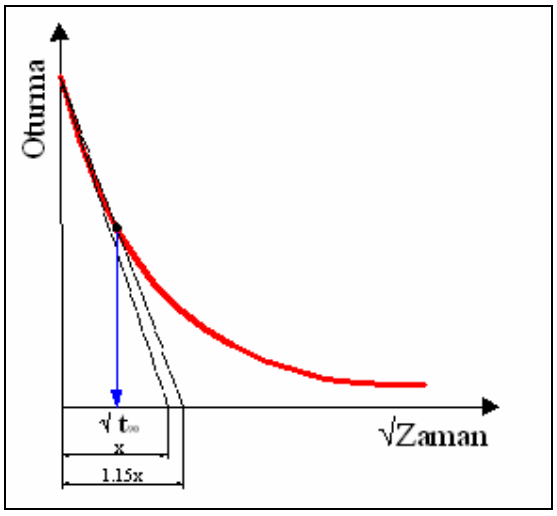
2.2.6 Konsolidasyon Katsayısı (C_v)

Zemin tabakasının oturması, boşluk suyunun zemin boşluklarının terkediş hızı, dolayısıyla zemin permeabilitesiyle doğrudan ilgilidir. Konsolidasyon katsayısı permeabilite ile sıkışma davranışını ortaya koyan bir katsayıdır. Matematiksel olarak;

$$C_v = \frac{k}{m_v \times \gamma_w} \quad \textbf{(2.10)}$$

şeklinde ifade edilir. Konsolidasyon katsayısının hesabı için literatürde yer alan yöntemlerden bazıları Terzaghi Yöntemi, Karekök Zaman Yöntemi, Logaritmik Yöntem ve Lineer Deformasyon Yöntemi olarak sıralanabilir.

Sıklıkla uygulanan yöntemlerin başında karekök zaman yöntemi gelmektedir. Konsolidasyon katsayısının Taylor tarafından geliştirilen karekök zaman yöntem ile hesaplanmasında, düşey eksende hesap yapılacak yük kademesine ait oturma değerleri ve yatay eksene bu oturmaların gerçekleşmesi için geçen sürenin karekök cinsinden değerleri bulunan oturma eğrisinden yararlanılır. Oturma eğrisinin başlangıç kısmı genellikle doğrusaldır. Bu yöntem, konsolidasyonun %90'lık kısmının tamamlandığı anda zeminin konsolidasyon eğrisinin apsisi, bu doğrusal kısmın apsisinden 1.15 kat daha büyük olduğu esasına dayanır. Bu sebeple, eğrinin doğrusal kısmı uzatılarak yatay eksen kestirilir ve burada okunan değerin 1.15 katı alınarak bulunan noktadan, eğrinin düşey ekseni kestiği noktaya bir doğru çizilir. Bu doğrunun zeminin oturma eğrisini kestiği noktanın apsisi, oturmanın % 90'lık kısmının tamamlandığı sürenin (t_{90}) karekökünü verir. Oturmanın %90'ının tamamlandığı sürenin karekök değerinin hesaplanışı Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



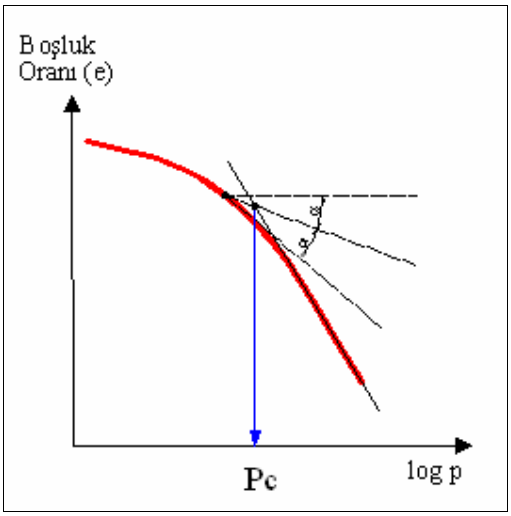
Şekil 2. 5: Karekök zaman yöntemi

t_{90} değeri belirlendikten sonra C_v belirlenmesi formül (2.11)' de belirtilmektedir.

$$C_v = \frac{0.848 H_{dr}^{\ 2}}{t_{90}} \qquad \textbf{(2.11)}$$

2.2.7 Ön Konsolidasyon Basıncı (P_c)

Zeminlerin gerilme geçmişleri, oturma özellikleri üzerinde büyük rol oynar. Arazi koşullarında zemin, ön yüklemeye maruz kalmaktadır. Bu gerilme numune alındığı andaki örtü basıncına eşit yada daha büyük olabilir. Zemin numunesi konsolidasyon deneyine tabii tutulduğunda, zeminin geçmişte maruz kaldığı gerilme değerine kadar yükleme yapıldığında, zeminde az miktarda sıkışma olduğu gözlenmektedir. Geçmişte maruz kaldığı gerilme değerinden sonra ise zeminin sıkışma-basınç grafiğin eğimi birden bire artmaktadır. Zemin numunesinin geçmişte maruz kaldığı en büyük gerilme değeri ön konsolidasyon basıncı (P_c) ; zeminin numune alındığı anda etkisinde olduğu gerilme değeri ise örtü basıncı ya da efektif jeolojik basınç (P_0) olarak adlandırılmaktadır. Ön konsolidasyon basıncı Casagrande Yöntemi ile e – log p grafiği yardımıyla tespit edilebilmektedir. Grafikte en büyük eğriselliğin olduğu nokta işaretlenerek bu noktadan yatay bir doğru ve bu noktanın teğeti çizilir. Bu iki doğrunun açıortayı çizilir. Eğrinin lineere yakın kısmı uzatılarak açıortayı kestiği nokta belirlenir. Bu noktanın apsisi zemine ait ön konsolidasyon basıncına eşittir. Ön konsolidasyon basıncının bulunması Şekil 2.6' da görülmektedir.



Şekil 2. 6: Ön konsolidasyon basıncının bulunması

2.2.8 Aşırı Konsolidasyon Oranı (AKO)

Zeminler geçmişte ve numune alındığı anda etkilendikleri gerilmeler göz önünde bulundurularak normal konsolide ve aşırı konsolide zeminler olarak gruplandırılmaktadır. Zeminin numune alma anındaki efektif gerilmesi, geçmişte maruz kaldığı gerilmeden daha büyük ise zemin normal konsolide olarak adlandırılmaktadır. Zeminin numune alma anında etkisinde olduğu gerilme değeri geçmiş gerilmelerden daha küçük ise zemin aşırı konsolide zemin olarak adlandırılmaktadır. Aşırı konsolidasyon derecesi, zeminin ön konsolidasyon basıncının örtü basıncına oranı şeklinde tarif edilir ve aşırı konsolidasyon oranı olarak adlandırılır.

$$\text{AKO} = \frac{P_c}{P_0} \qquad \textbf{(2.12)}$$

Normal konsolide zeminlerde AKO 1' e eşit, aşırı konsolide zeminlerde 1' den büyük olacaktır. Literatürde AKO tespiti için Casagrande Yöntemi, Janbu Yöntemi, Sıkışma Modülü (M_c) - Basınç (P) Eğrisine Göre P_c Tayini gibi yöntemler yer almaktadır.

3. İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

İstatistiksel yöntemlerin genel amacı nitel ya da nicel bir parametrenin hangi koşullardan etkilendiğinin test edilmesi, bu koşulların değişmesi ile nasıl bir değişiklik gösterdiğinin ortaya konmasıdır. Bir parametre bir ya da daha fazla değişkene bağlı olabilir. Diğer parametrelere bağlı olarak değişen büyüklük bağımlı değişken olarak adlandırılır. Bağımlı değişkeni etkileyen bir ya da daha fazla parametre ise bağımsız değişkenler olarak nitelendirilir. Bağımsız değişkenlerin kendi aralarında anlamlı ilişkilerinin olmaması yani birbirlerini etkilememesi gerekmektedir.

Bu çalışmada kullanılacak istatistiksel yöntemlerin amacı bir bağımlı değişken ile bir ya da birden fazla bağımsız değişken arasında bir ilişki olup olmadığının belirlenmesi; eğer bir ilişki varsa ilişkinin yönü ve derecesinin bulunmasıdır. Bu bölümde, çalışma kapsamında uygulanmış olan istatistiksel yöntemler açıklanmıştır.

3.1 İstatistiksel Hipotezler

İstatistiksel hipotezler, belirli bir anakütle için öne sürülen ve anakütleden alınan örneklemlerle geçerliliği test edilebilen özel önermelerdir (Serper,2000). Hipotezde ortaya konulan değerin, gerçekleşen değerle aynı olması durumunda öne sürülen hipotez kabul edilir. Eğer öne sürülen değer ile gerçekleşen değer birbirinden farklı ise hipotez kabul edilmez, reddedilir.

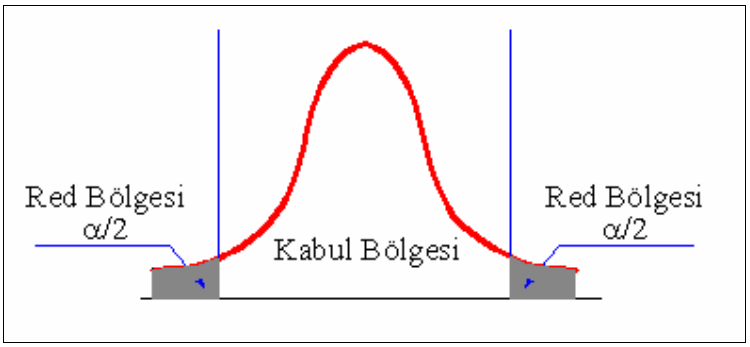
Öne sürülen ve test edilecek değer sıfır hipotezi olarak adlandırılır ve H_0 olarak ifade edilir. Sıfır hipotezi 'öne sürülen değer ile gerçekleşen değer arasında fark yoktur' ilkesine dayanır. Sıfır hipotezinin geçerli olmadığı kanıtlanana kadar doğru olduğu varsayılır (Kalaycı, 2006). Sıfır hipotezinin reddedilmesi durumunda alternatif ya da karşıt hipotez olarak adlandırılan hipotez (H_A) kabul edilir.

3.2 Anlamlılık Düzeyi ve Güven Aralığı

İstatistiksel yöntemler olasılık tahminine dayanmaktadır. Bir istatistiksel hipotezin % 100 doğru bulunması pek çok zaman mümkün olmamaktadır. İstatistiksel

yöntemlerde başlıca iki tür hata yapılmaktadır. Bunlardan ilki doğru olan bir sıfır hipotezinin reddedilmesi, diğeri ise yanlış olan bir sıfır hipotezinin kabul edilmesidir. Bu hataların yapılmaması amacıyla hipotezin geçerliliğinin tespit edilmesi bazı sınırlar içerisinde yapılır.

Anlamlılık düzeyi (α), kabul edilebilir hata olasılığı olarak adlandırılır (Serper, 2000). Güven aralığı, bir sıfır hipotezinin doğruluğunun hangi sınırlar içinde kabul edilebileceğini belirten bir ifadedir. % 95 güven aralığı % 5 anlamlılık seviyesini, % 99 güven aralığı % 1 anlamlılık seviyesini ifade etmektedir. Hipotez testi sonucu güven aralığı içerisinde yer alıyorsa hipotez kabul edilir, güven aralığı dışında kalındığında hipotez reddedilir. Kabul ve red bölgeleri Şekil 3.1' de görülmektedir.



Şekil 3. 1: Anlamlılık seviyesine göre kabul ve red bölgeleri

Mühendislik uygulamalarında kabul edilen güven aralığı sınırları % 95 ya da % 99 aralığında olmaktadır (Kalaycı, 2006). Ancak çalışmanın hassasiyetine göre daha yüksek güven aralığı da tercih edilebilir.

3.3 Belirleyici İstatistikler

İstatistiksel yöntemlerde, veri setinde yer alan bağımlı ve bağımsız değişkenlerin dağılım,ortalama gibi bazı karakteristiklerinin bilinmesi veri setinin tanınması açısından önem taşımaktadır. Bu karakteristikler belirleyici istatistikler olarak adlandırılır ve ortalama, medyan gibi merkezi eğilim ölçütleri; standart sapma ve varyans gibi ortalamadan sapma ölçütleri ve çarpıklık, basıklık gibi normalden sapma ölçütleri yer almaktadır.

3.3.1 Merkezi Eğilim Ölçütleri

3.3.1.1 Aritmetik Ortalama

Bir veri setinde yer alan tüm değerlerin toplamının veri sayısına (n) bölünmesi ile elde edilir, $\overline{X}$ ile ifade edilir. Veri setindeki tüm değerlerin bilinmemesi durumunda sağlıklı sonuç vermez.

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \qquad \textbf{(3.1)}$$

3.3.1.2 Medyan (Ortanca)

Bir veri setinde değerlerin küçükten büyüğe doğru sıralandığında serinin tam ortasında yer alan değerdir. Tek sayılı serilerde medyan serinin tam ortasındaki değer; çift sayılı serilerde ise serinin ortasında yer alan 2 değerin aritmetik ortalamasıdır. Medyan, düzgün bir dağılım ve simetri göstermeyen yani çarpıklık olan serilerde ve veri setinin tamamının bilinmediği serilerde seri hakkında yaklaşımda bulunmakta fikir verebilir.

3.3.1.3 En Küçük Değer (Minimum)

Bir dizide gözlemlenen en küçük değerdir.

3.3.1.4 En Büyük Değer (Maximum)

Bir dizide gözlemlenen en büyük değerdir.

3.3.2 Ortalamadan Sapma Ölçütleri

3.3.2.1 Varyans

Bir veri setinde varyans (Var(X)), değerlerin ortalamadan sapmalarının kareleri toplamının toplam değer sayısına bölünmesi ile bulunur.

$$\mathrm{Var}(X) = \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2}{n} \qquad \textbf{(3.2)}$$

3.3.2.2 Standart Sapma

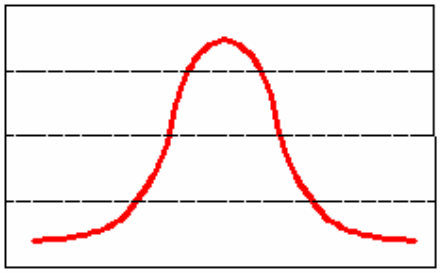
Standart sapma (S), verilerin ortalamadan ne kadar saptığını gösteren bir istatistiktir. Varyansın karekköüne eşittir.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2}{n}} \qquad \textbf{(3.3)}$$

3.3.3 Normallikten Sapma Ölçütleri

3.3.3.1 Normal Dağılım

İstatistiksel bir analizde, verilerin normal ya da normale yakın bir dağılım göstermesi gerekmektedir. Aksi halde analiz sonuçları dolayısıyla yapılan yorumlar hatalı olacaktır. Normal dağılım simetriktir, aritmetik ortalaması, medyanı ve modu eşittir. Normal dağılıma sahip bir veri setinin ortalamaya yakın değerlerinin görülme sıklığı fazladır, maksimum ve minimum değerlere yaklaştıkça sıklık azalmaktadır. Normal dağılıma ait bir veri setine ait dağılım eğrisi Şekil 3.2' de görülmektedir.



Şekil 3. 2: Normal dağılım eğrisi

Genel olarak tam normal dağılım gösteren bir veri seti elde etmek çok zordur. Ancak veri setinin normal dağılıma kabul edilebilir sınırlar dahilinde yakın olması analiz sonuçlarını geçerli kılmaktadır. Test edilecek veri setinin normal dağılıma yakın bir dağılım gösterip göstermediği normallik testleri ile test edilir. Normallik testi sonuçlarına göre bir dağılım içinde olmayan veri seti gerektiğinde, benzer özellikler gösteren alt gruplara ayrılarak ya da parametre dönüşümleri yapılarak istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmelidir. Normalliğin araştırılmasında grafik yöntemler ve test yöntemleri kullanılmaktadır.

3.3.3.2 Çarpıklık

İstatistiksel bir analizde, değerler dağılımının ortalama etrafında simetriden ne kadar saptığını belirtir. Normal dağılım gösteren bir veri setinde çarpıklık değeri sıfıra eşittir. Dağılımda çarpıklık değerinin sıfır ya da sıfıra çok yakın olması istenir. Çarpıklık değeri pozitif olduğunda küçük değerler, negatif olduğunda ise büyük değerlerin fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bir veri setinde ortalama medyandan büyük ise sağa çarpık; küçük ise sola çarpık dağılım beklenmelidir.

Bu çalışmada Fisher çarpıklık katsayısı göz önüne alınmıştır. Çarpıklık katsayısının çarpıklık standart hatasına bölünmesi çarpıklık değerini vermektedir (Kalaycı, 2006). Çarpıklık değerinin ± 1.96 aralığındaki değerleri anlamlı bulunmaktadır. Başka bir ifade ile ± 1.96 aralığındaki çarpıklık değeri kabul edilebilir sınırlar içerisindedir. Bu aralık dışındaki değerler dağılımın çarpık olduğunu göstermektedir.

3.3.3.3 Basıklık

Bir dağılımın normal dağılıma göre dik ya da düz oluşunu ifade eden bir istatistiktir. Normal dağılıma ait basıklık değeri sıfırdır. Pozitif basıklık değeri normal dağılıma göre daha dik; negatif basıklık değeri ise daha düz bir dağılım eğrisini ifade etmektedir.

Çalışmada dağılımlar Fisher basıklık katsayısı baz alınarak değerlendirilmiştir. Basıklık katsayısının basıklık standart hatasına oranı, basıklık değerini vermektedir. Dağılımın ± 1.96 aralığındaki değerleri normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir.

3.4 Normalliğin Araştırılması

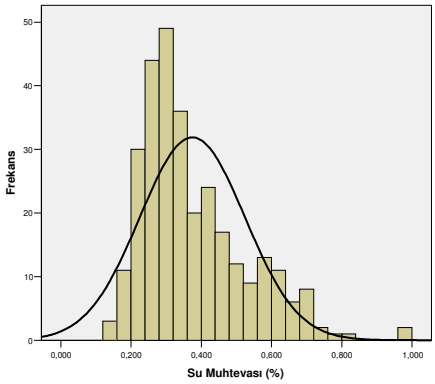
Değişkenlerin normal ya da normale yakın dağılım göstermesi analiz sonuçlarının kabul edilebilir olması açısından gereklidir. Normalliğin test edilmesi grafiksel yöntemler ve test yöntemleri ile uygulanabilir.

3.4.1 Grafiksel Yöntemler

Grafikler görsel olarak dağılım hakkında karar vererek, izlenecek hesap yönteminin seçilmesinde faydalıdır. Grafiksel yöntemler dağılım normalliğinin araştırılmasında kullanılan yöntemler olarak görülmekle beraber, grafiklerin yorumlanması normallik

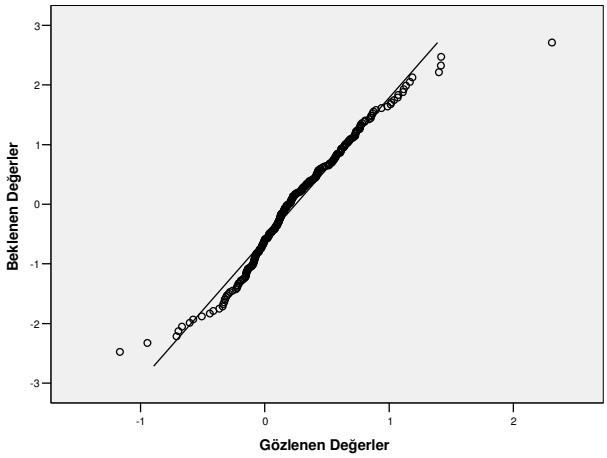
eğilimlerinin belirlenmesi açısından kesin olarak bilgi verememektedir. Bu nedenle daha çok dağılımları oransal olarak belirtmeleri açısından önemlidir.

Histogram, bir dizi içindeki değerleri frekansları ile gösteren grafik türüdür. Şekil 3.3' te bir veri setine ait histogram ve normal dağılım eğrisi görülmektedir. Eğer dağılım normal dağılıma yakın olduğunda histogram çan eğrisi şeklinde olmakta ve medyan ile ortalama grafikte aynı noktada bulmaktadır.



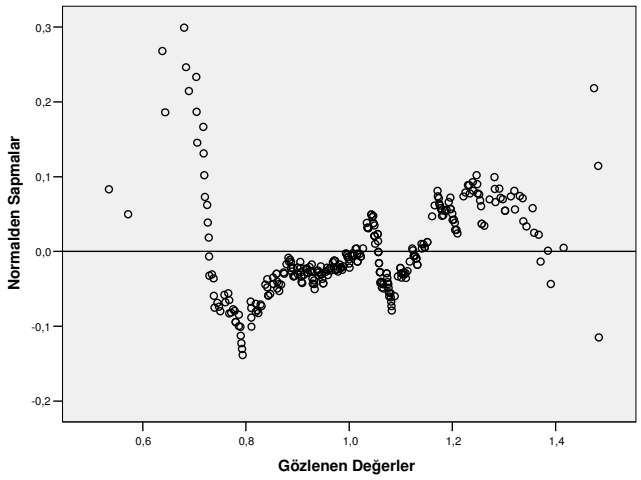
Şekil 3. 3: Histogram ve normal dağılım eğrisi

Normalliğin değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer grafik normal dağılım grafiğidir. Dağılımın normal dağılıma uyduğu varsayılarak örnekleme ait gözlemlenen ve beklenen değerlerin yer aldığı grafikte, normal dağılım varsayımı doğru olduğunda beklenen ve gözlenen değerler bir doğru üzerinde yer alacaktır. Şekil 3.4' te bir dağılıma ait normal dağılım grafiği görülmektedir.



Şekil 3. 4: Normal dağılım grafiği

Trendsiz normallik grafiği de normalliğin değerlendirilmesinde kullanılan grafik yöntemlerden biridir. Şekil 3.5' te bir dağılıma ait trendsiz normallik grafiği görülmektedir. Gözlenen değerlerin normalden sapmalarının işaretlendiği grafik, normal dağılım göstermesi durumunda serpilmenin herhangi bir fonksiyona uymayarak rasgele bir dağılım göstermesi beklenir.



Şekil 3. 5: Trendsiz normallik grafiği

3.4.2 Normallik Testleri

3.4.2.1 Kolmogorov – Smirnov Tek Örneklem Testi

Dağılımın normalliği D_{MAX} test istatistiği ile belirlenir. D_{MAX} test istatistiği teorik yığılımlı standart normal yoğunluk fonksiyonu ($F_0(X)$) ile gözlemsel yığılımlı yoğunluk fonksiyonlarının ($S_n(X)$) mutlak farkı şeklinde ifade edilir.

$$D_{MAX} = Max\left|F_0(X) - S_n(X)\right| \qquad \textbf{(3.4)}$$

D_{MAX} değeri farklı anlamlılık düzeyleri için kritik D istatistiği değerleri ile karşılaştırılır. % 1 ve % 5 anlamlılık düzeyleri için D istatistiği kritik değerleri sırasıyla denklem (3.5) ve (3.6)' da görülmektedir.

$$D_{(0.01)} = 1{,}63/\sqrt{n} \qquad \textbf{(3.5)}$$

$$D_{(0.05)} = 1{,}36/\sqrt{n} \qquad \textbf{(3.6)}$$

% 95 güven aralığında $D_{MAX} < D_{(0.05)}$ sonucu elde edildiğinde, dağılımın normal dağılıma uyduğu anlaşılmaktadır. $D_{MAX} \geq D_{(0.05)}$ olduğunda ise sıfır hipotezi reddedilmekte ve dağılımın normal dağılıma uymadığı görülmektedir.

Kolmogorov – Smirnov Tek Örneklem testi, gözlem sayısı 10' dan az ve tekrarlanan değerlerin fazla olmadığı durumlarda kullanılmalıdır. Test gözlem sayısının 10' dan fazla olduğu durumlarda Lilliefors dönüşümü yapılarak uygulanmaktadır.

3.4.2.2 Shapiro – Wilk Normallik Testi

1965 yılında geliştirilen Shapiro – Wilk testi, en güçlü normallik testlerinden biridir. Dağılımın normalliği W test istatistiği ile belirlenir.

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} a_i X_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})} \qquad \textbf{(3.7)}$$

a_i, X_i gözlemlerinin standart normal dağılım değerlerinden yararlanılarak hesaplanan ağırlık katsayılarıdır. W test istatistiği 0 ile 1 arasında değer almaktadır. 1' e yakın değerler dağılımın normale yakın olduğunu belirtir. Değer sıfıra yaklaştıkça dağılım normal dağılımdan uzaklaşmaktadır.

W istatistiğinin anlamlılığı hipotez testlerine dayanır. Sıfır hipotezine göre verilerin normal dağılıma uyduğu kabul edilir. Test istatistiği sonucuna göre hipotezin anlamlılık düzeyi belirlenir. %5 anlamlılık düzeyine göre hipotezin anlamlılık düzeyi (Sig.) değeri 0.05' ten küçük olduğunda hipotez kabul edilir. Başka bir deyişle verinin normal dağılıma uyduğu söylenir.

Shapiro – Wilk testi veri setinde sapan verilerin bulunmadığı ve örneklem hacmi $7 < n < 2000$ olduğunda kullanılmalıdır (Özdamar, 2004). Bazı yazarlara göre örneklem hacmi 29' dan küçük olduğunda Shapiro – Wilk; 29' dan büyük olduğunda ise Kolmogorov – Smirnov Tek Örneklem testi kullanılmalıdır (Kalaycı, 2006).

3.5 Regresyon Analizi

Regresyon analizi, bir bağımlı değişkenin bir ya da daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkinin açıklanmasını sağlayan yöntemlerden biridir. Regresyon analizi

ile bağımlı değişken ile bağımsız değişken ya da değişkenler arasındaki ilişkinin derecesi bulunarak matematiksel denklemler şeklinde ifade edilir. (Kalaycı, 2006)

Modelde yer alan serbest değişken sayısı bir olduğunda "basit regresyon modeli"nden, iki veya daha fazla olduğunda ise "çoklu regresyon modeli"nden söz edilir (Serper, 2000). Ayrıca değişkenler arasındaki ilişki doğrusal ise "doğrusal regresyon modeli", doğrusal değil ise "doğrusal olmayan regresyon modeli" kullanılır.

Regresyon analizi bazı kabuller dahilinde uygulanmaktadır. Regresyon analizine bu kabullerin doğru olduğu varsayımı ile başlanır. Analiz sonucunda kabullerin doğru olup olmadığı test edilmelidir. Bu varsayımlardan en önemlileri bağımsız değişken değerlerinde bağımlı değişim, diğer bir deyişle otokorelasyon olmaması; bağımsız değişkenlerin normal dağılım göstermesi ve bağımsız değişkenler ve modelin anlamlı olmasıdır.

Bu çalışma kapsamında kurulan model denklemlerinde otokorelasyon olup olmadığının tespiti Durbin – Watson testi ile belirlenmiştir. Durbin – Watson katsayısının 1.5 – 2.5 arasındaki değerleri modelde otokorelasyon olmadığını işaret eder.

Bağımsız değişkenlerin normal dağılım gösterip göstermediğinin tahkik edilmesi bahsedilmiş olan normallik testi ve grafik yöntemler ile belirlenir.

Modele dahil edilen parametrelerin ayrı ayrı model için anlamlı olup olmadığının araştırılması t istatistiği ile belirlenir. t istatistiğinde sıfır hipotezi 'bağımsız değişkenin model için anlamlı olduğu' şeklinde ortaya konulur. t istatistiğine ait anlamlılık düzeyi 0.05 değerinden küçük olması durumunda hipotez geçerli bulunarak, değişkenin model için anlamlı olduğu söylenebilir. Anlamlılık düzeyinin 0.05' ten büyük değerleri ise bağımsız değişkenin model için anlamsız olduğunu göstermektedir. Bu durumda anlamsız bulunan bağımsız değişken modelden çıkartılarak, model analizi tekrarlanmalıdır.

Modelin bir bütün olarak anlamlılığının araştırılması için sıklıkla kullanılan yöntemlerden birisi varyans analizidir. Varyans analizinde hipotezi test etmek için F istatistiğinden yararlanılır. Varyans analizinde de, t istatistiğine benzer olarak sıfır hipotezi 'modelin anlamlı olduğu' şeklinde ortaya konulur. F istatistiği, anlam tabloları yardımıyla anlamlandırılır. Kullanılan bilgisayar programında ise F test

istatistiği yine anlamlılık düzeyi ile yorumlanmış olarak sunulmaktadır. Anlamlılık düzeyi 0.05' ten küçük bulunduğunda hipotez kabul edilir ve modelin anlamlı olduğu söylenir. 0.05' ten büyük anlamlılık düzeyi elde edildiğinde ise model reddedilir ve geçerliliği sona erer.

Regresyon analizi sonuçlarının yorumlanması bazı katsayılar ile ifade edilmektedir. Bağımlı değişkendeki bir değişimin bağımsız modele dahil edilen bağımsız değişkenlerle hangi oranda açıklandığını belirten değer belirlilik katsayısı (R^2) değeridir. Ancak modeldeki bağımsız değişken sayısına bağlı olarak düzeltme yapılan düzeltilmiş belirlilik katsayısı (düzeltilmiş R^2) değerinin yorumlanması daha doğru sonuç verecektir. Bazı araştırmacılara göre bağımsız değişken sayısının artması R^2 ve düzeltilmiş R^2 değerinin artmasına sebep olmakta, bu aslında önemsiz bir ilişkinin önemli olarak yorumlanmasına neden olmaktadır (Alptekin, 2003). Ancak regresyon analizi hala pek çok araştırmacı tarafından R^2 ve düzeltilmiş R^2 değerleri yardımıyla yorumlanmaktadır.

3.5.1 Basit Doğrusal Regresyon

Basit doğrusal regresyon analizi ile bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişki ifade edilir. Basit doğrusal regresyon modeli (3.8) de gösterilmektedir.

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + u_i \qquad \textbf{(3.8)}$$

α ve β parametreleri anakütleden alınan parametrelerdir. Bu parametrelerin bulunabilmesi için X serbest değişkeni ile Y bağımlı değişkeni arasında yeterli gözlemin olması gerekir. Anakütleye ait tüm gözlemlerin yapılabilmesi pratikte mümkün olmadığı için, anakütleden alınan örneklem yardımıyla parametre tahmini yapılır. Tahmini değerler olarak a ve b değerleri kullanılır.

Denklemde yer alan u parametresi, gerçekte bilinmesi mümkün olmayan hata terimini temsil eder. Hata teriminin tahmini bazı kabullere bağlıdır. Bu kabullerden ilki hata teriminin alabileceği değerlerin şansa bağlı olup hata terimlerinin ortalamasının sıfıra eşit olmasıdır. Ayrıca birbirini izleyen hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur (Serper, 2000). X ve Y değişkenleri arasındaki gerçek ilişki denklem (3.8) de görülmektedir.

Anakütleden alınan örneklem yardımıyla elde edilen a, b ve u terimleri ile X ve Y arasındaki gerçek ilişki;

$$Y_i = a + bX_i + e_i \quad \textbf{(3.9)}$$

şeklinde ifade edilir. Tahmin edilen regresyon doğrusu ise denklem (3.10) de;

$$\hat{Y}_i = a + bX_i \quad \textbf{(3.10)}$$

a ve b parametrelerinin hesaplanmasında en küçük kareler yöntemi kullanılabilir. Regresyon analizinin kabullerinden biri hata terimlerinin ortalamasının sıfıra eşit olmasıdır. buradan yola çıkarak;

$$\Sigma e_i = \Sigma(Y_i - \hat{Y}i) = 0 \quad \textbf{(3.11)}$$

olduğu görülmektedir. En küçük kareler tekniğinin esası hata terimlerinin kareleri toplamının minimum olması koşuludur. Yani;

$$\Sigma e_i^{\,2} = \Sigma(Yi - \hat{Y}i)^2 = \min \quad \textbf{(3.12)}$$

Denklemde $\hat{Y}_i$ yerine $a+bX_i$ konulduğunda (3.13) denklemi elde edilmektedir.

$$\Sigma e_i^{\,2} = \Sigma(Yi - a - bXi)^2 = \min \quad \textbf{(3.13)}$$

Denklemin minimum değerini bulmak için denklem sıfıra eşitlenip, a ve b' ye göre kısmi türevleri alınmalıdır. Denklemin a ve b ye göre kısmi türevleri sırasıyla denklem (3.14) ve (3.15) te görülmektedir.

$$\sum Y_i = na + b\sum X_i \quad \textbf{(3.14)}$$

$$\Sigma X_i Y_i = a\sum X_i + b\,\Sigma Xi^2 \quad \textbf{(3.15)}$$

X_i ve Y_i değerleri, değişkenlerin sıfır orijinine göre değerlerinin ifade eder. Bu değerlerin ortalamalar orijinine göre değerleri x_i ve y_i olmak üzere;

$$\Sigma y_i = na + b\,\Sigma xi \quad \textbf{(3.16)}$$

$$\Sigma x_i y_i = a\sum X_i + b\,\Sigma xi^2 \quad \textbf{(3.17)}$$

elde edilmektedir. Ortalamalar orijinine göre X ve Y değişkenlerinin değerleri denklem (3.18) ve (3.19) yardımıyla bulunabilir. Burada $\overline{X}$ ve $\overline{Y}$ değerleri, X ve Y değişkenlerinin aritmetik ortalamalarını ifade etmektedir.

$$x_i = X_i - \overline{X} \quad \textbf{(3.18)}$$

$$y_i = Y_i - \overline{Y} \quad \textbf{(3.19)}$$

Ayrıca x_i ve y_i değerleri toplamlarının sıfıra eşit olduğu görülmektedir.

$$\Sigma x_i = 0 \quad \textbf{(3.20)}$$

$$\Sigma y_i = 0 \quad \textbf{(3.21)}$$

Sonuç olarak bu verilerin yardımıyla (3.16) ve (3.17) eşitliklerinden faydalanarak a ve b parametrelerinin tahminine ulaşılır. a ve b parametrelerinin değerleri denklem (3.22) ve (3.23) te görülmektedir.

$$a = 0 \quad \textbf{(3.22)}$$

$$b = \frac{\Sigma xiyi}{\Sigma xi^2} = 0 \quad \textbf{(3.23)}$$

Sıfır orijinine göre a parametresi;

$$a = \overline{Y} - b\overline{X} \quad \textbf{(3.24)}$$

olarak hesaplanır. Böylece X ve Y değişkenlerinin tahmin edilen değerleri denklem (3.25), (3.26) ve (3.27) de görülen yaklaşımlar yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$\Sigma x_i^2 = \Sigma(Xi - \overline{X})^2 \quad \textbf{(3.25)}$$

$$\Sigma y_i^2 = \Sigma(Yi - \overline{Y})^2 \quad \textbf{(3.26)}$$

$$\Sigma x_i y_i = \Sigma(X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y}) \quad \textbf{(3.27)}$$

3.5.2 Çoklu Doğrusal Regresyon

Bir bağımlı değişken birden fazla bağımız değişken ile ilişkili olabilir. bu durumda uygulanan istatistiksel yöntemlerden biri çoklu regresyon modelidir. Çoklu regresyon modelinin temel esasları basit regresyonda detaylarıyla anlatıldığı gibidir. Ancak birden fazla bağımsız değişken olması durumunda bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki gerçek ilişki ve tahmin edilen regresyon doğrusu denklem (3.28) ve (3.29) da belirtilen şekle dönüşür.

$$Yi = \alpha + \beta Xi + \gamma Zi + ui \quad \textbf{(3.28)}$$

$$\hat{Y}_i = a + bX_i + cZi \quad \textbf{(3.29)}$$

3.6 Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki ilişkinin yönü ve derecesini belirlemeye yarayan yöntemlerden birisidir. Bu yöntemde değişkenlerinin bağımlı ya da bağımsız değişken olması önem taşımaz. Ancak korelasyon analizi yapabilmek için, her iki değişkenin de sürekli olmaları ve normal dağılım göstermeleri gerekmektedir (Kalaycı, 2006). Pearson korelasyon katsayısı, kısmi korelasyon katsayısı, phi, Spearman sıra korelasyonu, Kendall's Tau, olağanlık katsayısı ve eta kullanılan korelasyon analizi yöntemleridir. Bu yöntemlerden Pearson korelasyon katsayısı en çok tercih edilen yöntemdir.

3.6.1 Pearson Korelasyon Katsayısı

Pearson korelasyon katsayısı yönteminde iki değişken arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığı sorgulanır. Ancak bu yöntem, değişkenler arasında doğrusal ilişki varsa uygulanabilir. İki değişken arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığına karar vermenin yöntemlerinden biri serpilme diyagramlarıdır (Şahinler, 2000). Pearson korelasyon katsayısı r ile gösterilir ve -1 ile 1 arasında değer alır. Pearson korelasyon katsayısının değeri -1 ise; iki değişken arasında tam negatif doğrusal ilişki vardır. Yani değişkenlerden birinin değeri artarken diğeri azalır. r değeri 1 ise; iki değişken arasında tam pozitif doğrusal ilişki olduğu söylenebilir. Yani değişkenlerden birinin değeri artarken diğeri de artar. Eğer r değeri sıfıra eşit ise; iki değişken arasında ilişki yoktur. Pearson korelasyon katsayısı denklem (3.30) de belirtildiği şekilde hesaplanır.

$$r = \frac{SS_{xy}}{\sqrt{SS_{xx}SS_{yy}}} \quad \textbf{(3.30)}$$

Denklemde;

$$SS_{xy} = \sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y}) \quad \textbf{(3.31)}$$

$$SS_{xx} = \sum_{i=1}^{n}(xi - \overline{x})^2 \quad \textbf{(3.32)}$$

$$SS_{yy} = \sum_{i=1}^{n}(yi - \overline{y})^2 \quad \textbf{(3.33)}$$

olarak hesaplanmaktadır. Pearson korelasyon katsayısı değerlerinin mutlak değerlerinin yorumu Tablo 3.1' de yer almaktadır.

Tablo 3 1: Pearson Korelasyon katsayısı değerlerinin yorumu (Kalaycı, 2006)

Pearson Korelasyon Katsayısı (r)	İLİŞKİ DERECESİ
0.00-0.25	Çok Zayıf
0.26-0.49	Zayıf
0.50-0.69	Orta
0.70-0.89	Yüksek
0.90-1.00	Çok Yüksek

3.6.2 Spearman Sıra Korelasyonu

Pearson korelasyon katsayısının kullanımı yalnızca değişkenler arasında doğrusal ilişki varsa mümkündür. Değişkenler normal dağılım göstermediğinde ise Spearman sıra korelasyonu uygulanabilir.

Korelasyon katsayısı yine -1 ile 1 arasında değer alır. Değeri -1 ise iki değişken arasında tam negatif doğrusal ilişki; 1 ise iki değişken arasında tam pozitif doğrusal ilişki vardır. Eğer r değeri sıfıra eşit ise; iki değişken arasında ilişki yoktur.

4. VERİ KARAKTERİSTİKLERİ

4.1 Numune Özellikleri

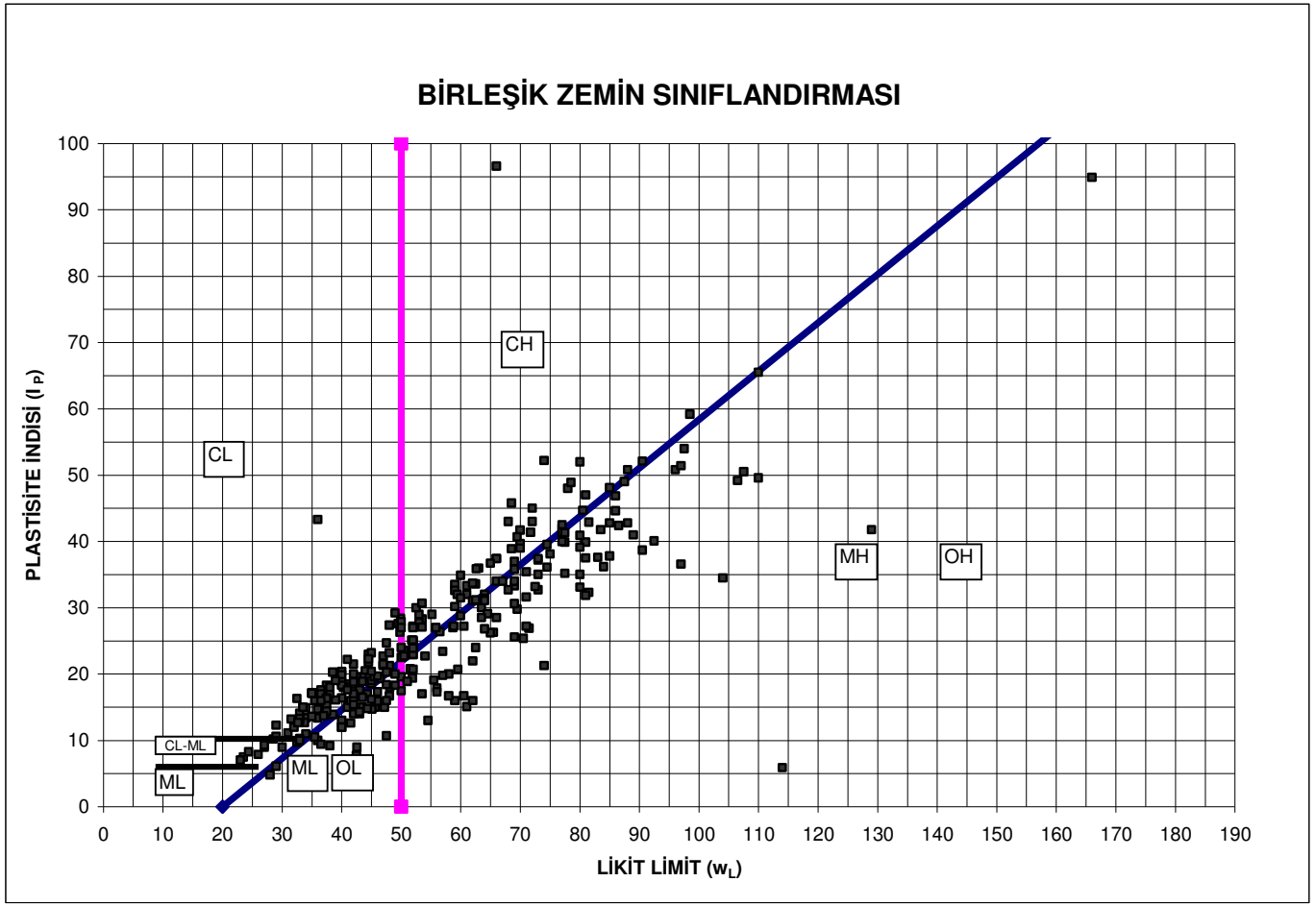
Bu çalışma 1959-1982 tarihleri arasında İ.T.Ü. Zemin Mekaniği laboratuarında yapılmış olan 299 adet konsolidasyon deney verilerinin değerlendirilmesi ile yapılmıştır. Zemin numuneleri örselenmemiş numuneler olup, 1.50m ila 50.00 m derinlikleri arasından sondajlarla çıkarılmıştır. Tüm numunelere ait indeks ve fiziksel özellikleri içeren konsolidasyon deney föyleri özeti Ek A' da görülmektedir. Numuneler, organik madde içeren yüksek plastisiteli, düşük plastisiteli, silt ya da kil olmak üzere çeşitli zemin sınıflarına dahildir.

Numunelerden 65' i CH; 97' si CL; 100' ü MH - OH ve 37' si ML - OL zemin sınıfında yer almaktadır. Oransal olarak numunelerin %21.7' si CH; %32.45' i CL; %33.45' i MH - OH ve %12.4' ü ML - OL zemin sınıfına dahildir. Birleşik Zemin Sınıflandırma sistemine göre deney numunelerinin zemin sınıf dağılımları Şekil 4.1' de görülmektedir.

299 adet örselenmemiş zemin numunesinin 162' si kil, 137' si silt numunelerden oluşmaktadır. Oran olarak tüm numunelerin % 54.18' i kil, % 45.82' si silt zeminlerden alınmıştır.

Plastiklik özellikleri değerlendirilecek olursa numunelerin 134' i düşük plastisiteli, 165' i ise yüksek plastisiteli zeminlere ait numunelerdir. Yine oransal olarak bakıldığında numunelerin % 44.82' i düşük plastisiteli, % 55.18 ise yüksek plastisiteli zeminler olduğu görülmektedir.

Deney numuneleri genel olarak 60 mm çapında ve 23 mm yüksekliğinde hazırlanmış, deney başı ve deney sonu birim hacim ağırlığı, su muhtevası, boşluk oranı, kıvam limitleri gibi indeks özellikleri belirlenmiştir. Konsolidasyon parametreleri ise boşluk oranı – logaritmik gerilme eğrisi üzerinde hesaplanmıştır.



Şekil 4. 1: Birleşik Zemin Sınıflandırma sistemine göre zemin sınıfları

4.2 Deney Yöntemi

Örselenmemiş numuneler yükleme ve boşaltmaya tabii tutulmuştur. Farklılıklar görülmekle birlikte genel olarak 0.25, 0.50, 1.00, 2.00, 4.00, 10.00, 4.00, 2.00, 1.00, 0.50 ve 0.25 kg/cm^2 yüklemeleri uygulanarak, her bir kademdeki bir doğrultudaki boyut değişimi ölçülmüştür.

4.3 Parametre Dağılımları

İstatistiksel yöntemlerde örneklem dağılımı büyük önem arz eder. Bağımsız değişkenlerin normal ya da normale yakın dağılım göstermesi gerekmektedir. Normal dağılım gösteren veri setlerinde % 95 güven aralığı tercih edilmiştir.

Bu çalışmada, zeminlerin oturma davranışlarını etkilediği düşünülen parametrelerin e_0, γ, γ_0, w_L, w_P, w_0, I_L, I_P parametreleri olduğu düşünülmektedir. Bu parametreler bağımsız değişkenler olarak adlandırılmaktadır. Bağımsız değişkenlerin normal dağılıma sahip olup olmadığının araştırılması ve normal dağılıma uygun fonksiyonların belirlenmesi için normallik testleri ve grafiksel yöntemlere baş vurulmuştur.

Çalışmada normallik testleri tüm zemin sınıfları için ve ayrı ayrı her zemin sınıfı için yapılmıştır. Normallik testleri özet olarak tüm zemin sınıfları, CH, CL, MH - OH ve ML - OL zemin sınıfları için tekrarlanmıştır.

4.3.1 Tüm Zemin Sınıfları İçin Normallik Testleri

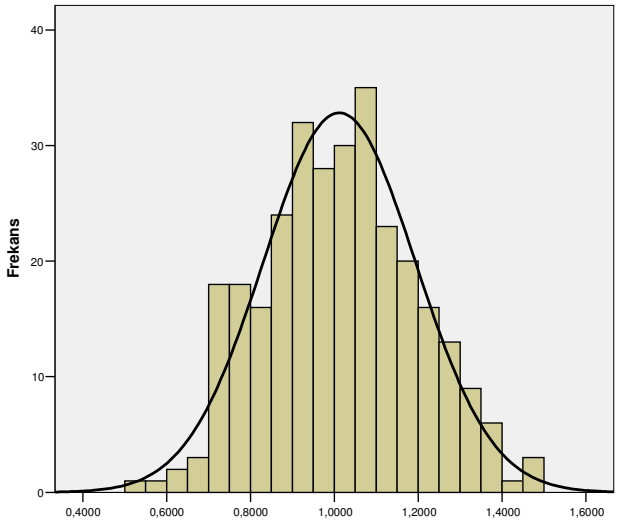
4.3.1.1 Deney Başı Boşluk Oranı (e_0) Normallik Testleri

Deney başı boşluk oranı (e_0) ve bazı fonksiyonlarının normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek üzere Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro - Wilk normallik testleri uygulanmıştır. Normalliği araştırılan fonksiyonlar e_0, e_0^2, $\sqrt{e_0}$, e_0^3, $\sqrt[3]{e_0}$, $1/e_0$, $\ln e_0$, $\log e_0$, $1 / \ln e_0$, $1 / \log e_0$ ve $1/\sqrt{e_0}$ olarak belirlenmiştir. Bu fonksiyonlara ait normallik test sonuçları Tablo 4.1' de görülmektedir.

Tablo 4 1: e_0 ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları

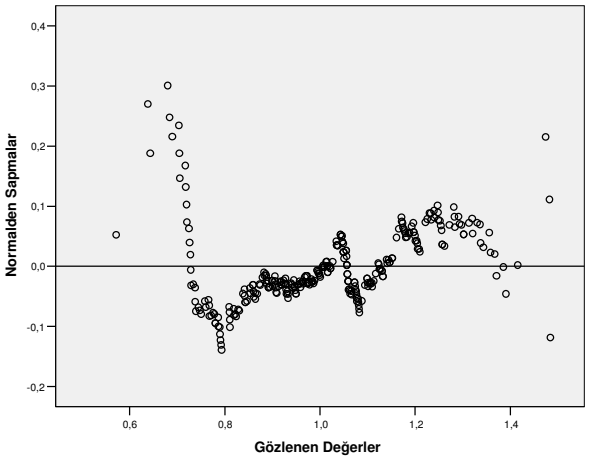
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
e_0	0.108	299	0.000	0.892	299	0.000
e_0^2	0.184	299	0.000	0.687	299	0.000
$\sqrt{e_0}$	0.082	299	0.000	0.955	299	0.000
e_0^3	0.297	299	0.000	0.446	299	0.000
$\sqrt[3]{e_0}$	0.074	299	0.000	0.969	299	0.000
$1/e_0$	0.061	299	0.009	0.976	299	0.000
$\ln e_0$	0.055	299	0.029	0.988	299	0.018
$\log e_0$	0.055	299	0.029	0.988	299	0.018
$1/\ln e_0$	0.375	298	0.000	0.185	298	0.000
$1/\log e_0$	0.375	298	0.000	0.185	298	0.000
$1/\sqrt{e_0}$	0.031	299	0.200	0.994	299	0.325

Normallik test sonuçlarında Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro - Wilk belirlilik katsayılarının 0.05'ten büyük olması dağılımın normal dağılıma uygun olduğunu göstermektedir. Tablo 4.1' den görüldüğü gibi $1/\sqrt{e_0}$ fonksiyonuna ait önem katsayısı Kolmogorov – Smirnov normallik testinde 0.200 ve Shapiro - Wilk testinde 0.325 olarak belirlendiğinden normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir. Aynı fonksiyona ait histogram Şekil 4.2' de yer almaktadır.

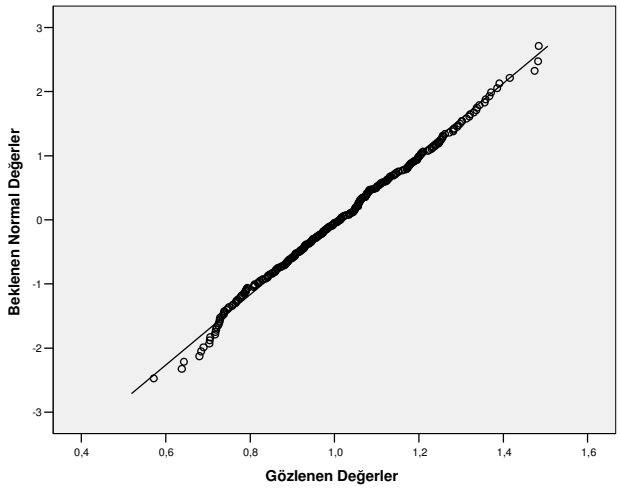


Şekil 4. 2: $1/\sqrt{e_0}$ fonksiyonuna ait histogram

$1/\sqrt{e_0}$ fonksiyonu ortalaması 1.012068 ve medyanı 1.0127 olmakta, yani çok yakın değerdedir. Çarpıklık katsayısı; çarpıklık katsayısının çarpıklık standart hatasına oranı olup 0.794; basıklık katsayısı; basıklık katsayısının basılık standart hatasına oranı olup -1.352 değerlerindedir. Her iki değer de -1.96 ile 1.96 sınır değerleri arasında olup normal dağılıma uygun olduğu görülmektedir. Fonksiyona ait belirleyici istatistikler Ek B.1' de yer almaktadır. $1/\sqrt{e_0}$ fonksiyona ait trendsiz normallik ve normal dağılım grafiği Şekil 4.3 ve Şekil 4.4' te yer almaktadır.



Şekil 4. 3: $1/\sqrt{e_0}$ fonksiyonuna ait trendsiz normallik grafiği



Şekil 4. 4: $1/\sqrt{e_0}$ fonksiyonuna ait normal dağılım grafiği

Trendsiz normallik grafiğinden dağılımın herhangi bir fonksiyona ait olmadığı; normal dağılım grafiğinden ise lineer bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Grafiksel yöntemlere bakılarak da dağılımın normale yakın olduğu sonucuna varılmaktadır. Regresyon analizi veri setinde deney başı boşluk oranına ait $1/\sqrt{e_0}$ fonksiyonu değerlerinden yararlanılacaktır.

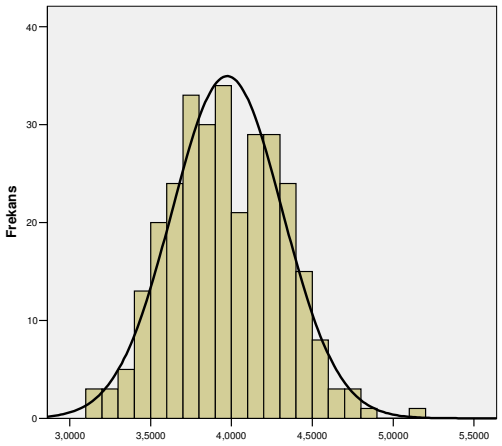
4.3.1.2 Likit Limit (w_L) Normallik Testleri

Likit limit (w_L) ve bazı fonksiyonlarının normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek üzere Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro - Wilk normallik testleri uygulanmıştır. Normalliği araştırılan fonksiyonlar w_L, w_L^2, $\sqrt{w_L}$, w_L^3, $\sqrt[3]{w_L}$, $1/w_L$, ln w_L, log w_L, 1 / ln w_L, 1 / log w_L ve $1/\sqrt{w_L}$ olarak belirlenmiştir. Bu fonksiyonlara ait normallik test sonuçları Tablo 4.2' de görülmektedir.

Normallik test sonuçlarında Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro - Wilk belirlilik katsayılarının 0.05'ten büyük olması dağılımın normal dağılıma uygun olduğunu göstermektedir. Tablo 4.2' den görüldüğü gibi ln w_L ve log w_L fonksiyonlarına ait belirlilik katsayısı Kolmogorov – Smirnov normallik testinde 0.086 ve Shapiro - Wilk testinde ise ln w_L fonksiyonu için 0.168, log w_L fonksiyonu için 0.169 olarak belirlendiğinden normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir. ln w_L fonksiyonuna ait histogram Şekil 4.5' te yer almaktadır.

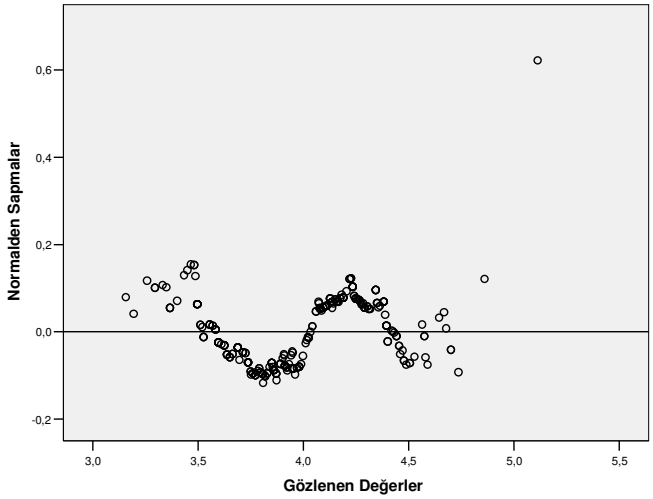
Tablo 4 2: w_L ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları.

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
w_L	0.109	299	0.000	0.930	299	0.000
w_L^2	0.146	299	0.000	0.764	299	0.000
$\sqrt{w_L}$	0.081	299	0.000	0.974	299	0.000
w_L^3	0.253	299	0.000	0.527	299	0.000
$\sqrt[3]{w_L}$	0.070	299	0.001	0.983	299	0.001
$1/w_L$	0.079	299	0.000	0.965	299	0.000
$\ln w_L$	0.049	299	0.086	0.993	299	0.168
$\log w_L$	0.049	299	0.086	0.993	299	0.169
$1/\ln w_L$	0.057	299	0.022	0.989	299	0.027
$1/\log w_L$	0.057	299	0.022	0.989	299	0.027
$1/\sqrt{w_L}$	0.057	299	0.019	0.989	299	0.025

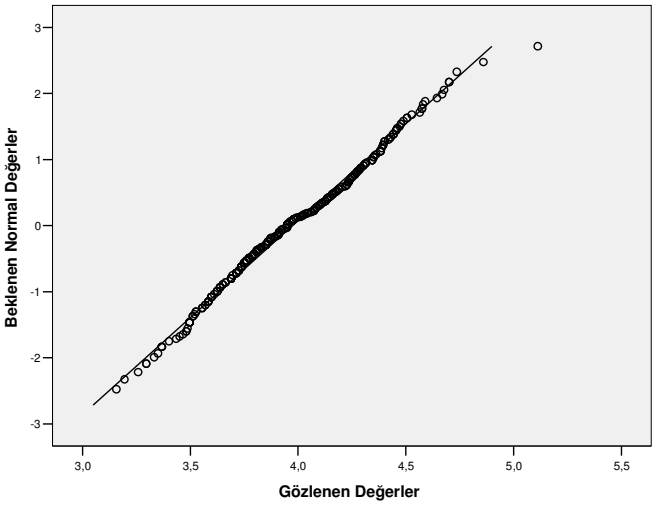


Şekil 4. 5: ln w_L fonksiyonuna ait histogram

ln w_L fonksiyonu ortalaması 3.974147 ve medyanı 3.951200 olmakta, yani çok yakın değerdedir. Çarpıklık katsayısı; çarpıklık katsayısının çarpıklık standart hatasına oranı olup 0.993; basıklık katsayısı; basıklık katsayısının basılık standart hatasına oranı olup -1.088 değerlerindedir. Her iki değer de -1.96 ile 1.96 sınır değerleri arasında olup normal dağılıma uygun olduğu görülmektedir. Likit limit ve fonksiyonlarına ait belirleyici istatistikler Ek B.2' de yer almaktadır. ln w_L fonksiyona ait trendsiz normallik ve normal dağılım grafiği Şekil 4.6 ve 4.7' de yer almaktadır.



Şekil 4. 6: ln w_L fonksiyonuna ait trendsiz normallik grafiği



Şekil 4. 7: ln w_L fonksiyonuna ait normal dağılım grafiği

Trendsiz normallik grafiğinden dağılımın herhangi bir fonksiyona ait olmadığı; normal dağılım grafiğinden ise lineer bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Grafiksel yöntemlere bakılarak da dağılımın normale yakın olduğu sonucuna varılmaktadır. Regresyon analizi veri setinde likit limite ait ln w_L fonksiyonu değerlerinden yararlanılacaktır.

4.3.1.3 Plastik Limit (w_P) Normallik Testleri

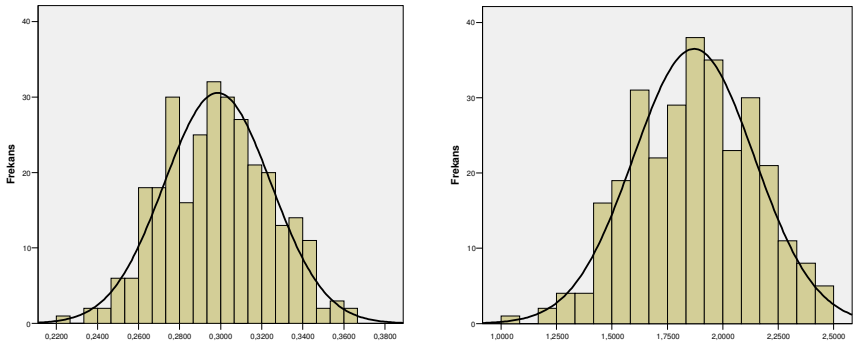
Plastik limit (w_P) ve bazı fonksiyonlarının normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek üzere Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro - Wilk normallik testleri

uygulanmıştır. Normalliği araştırılan fonksiyonlar w_P, w_P^2, $\sqrt{w_P}$, w_P^3, $\sqrt[3]{w_P}$, $1/w_P$, ln w_P, log w_P, 1 / ln w_P, 1 / log w_P ve $1/\sqrt{w_P}$ olarak belirlenmiştir. Bu fonksiyonlara ait normallik test sonuçları Tablo 4.3' te görülmektedir.

Tablo 4 3: w_P ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları.

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
w_P	0.120	299	0.000	0.900	299	0.000
w_P^2	0.163	299	0.000	0.724	299	0.000
$\sqrt{w_P}$	0.094	299	0.000	0.953	299	0.000
w_P^3	0.265	299	0.000	0.502	299	0.000
$\sqrt[3]{w_P}$	0.084	299	0.000	0.966	299	0.000
$1/w_P$	0.055	299	0.027	0.988	299	0.012
ln w_P	0.065	299	0.004	0.984	299	0.002
log w_P	0.065	299	0.004	0.984	299	0.002
1/ln w_P	0.044	299	0.200	0.994	299	0.342
1/log w_P	0.044	299	0.200	0.994	299	0.342
$1/\sqrt{w_P}$	0.042	299	0.200	0.994	299	0.283

Normallik test sonuçlarında Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro - Wilk belirlilik katsayılarının 0.05'ten büyük olması dağılımın normal dağılıma uygun olduğunu göstermektedir. Tablo 4.5' ten görüldüğü gibi 1/ln w_P ve 1/log w_P fonksiyonlarına ait belirlilik katsayısı Kolmogorov – Smirnov normallik testinde 0.200 ve Shapiro - Wilk testinde 0.342 olarak belirlendiğinden normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir. Ayrıca $1/\sqrt{w_P}$ fonksiyonuna ait belirlilik katsayısı Kolmogorov – Smirnov normallik testinde 0.200 ve Shapiro - Wilk testinde 0.283 olarak belirlendiğinden normal dağılıma uygundur. 1/ln w_P ve 1/log w_P fonksiyonları benzer özellik gösterdiğinden incelemede 1/ln w_P fonksiyonu dikkate alınacaktır. Sırasıyla 1/ln w_P ve $1/\sqrt{w_P}$ fonksiyonlarına ait histogramlar Şekil 4.8' de yer almaktadır.

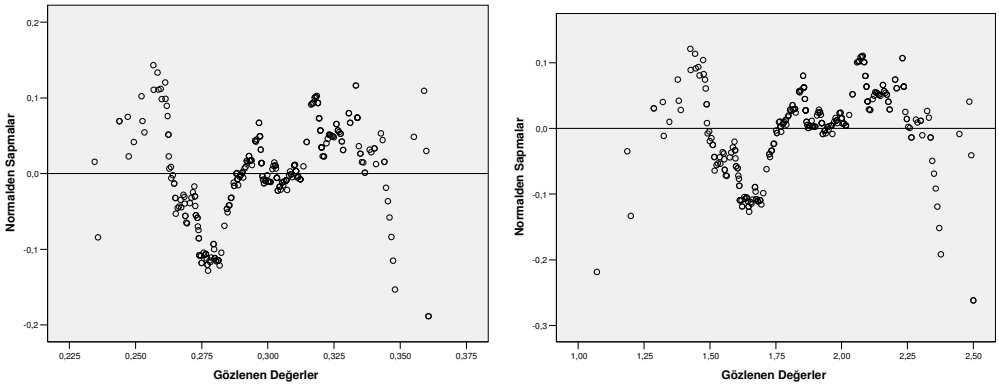


Şekil 4. 8: 1/ln w_P ve $1/\sqrt{w_P}$ fonksiyonunlarına ait histogramlar

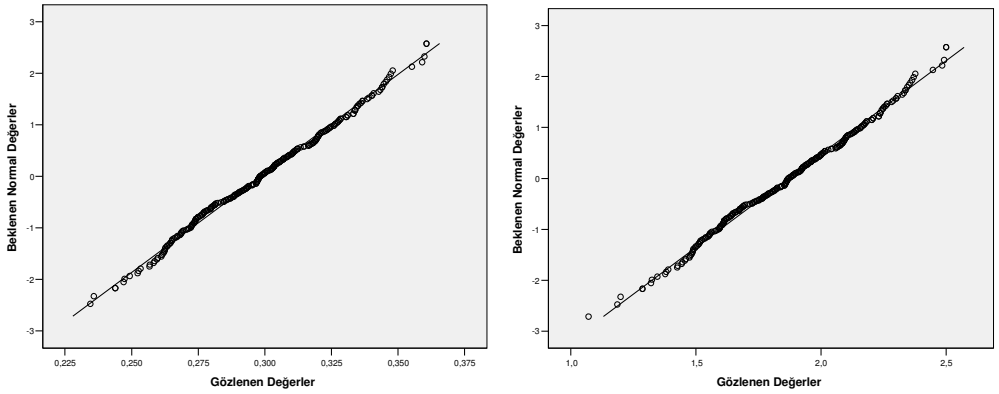
1/ln w_P fonksiyonu ortalaması 0.298529 ve medyanı 0.298204 olmakta, yani çok yakın değerdedir. Çarpıklık katsayısı; çarpıklık katsayısının çarpıklık standart hatasına oranı olup 0.4255; basıklık katsayısı; basıklık katsayısının basılık standart hatasına oranı olup -1.4235 değerlerindedir.

$1/\sqrt{w_P}$ fonksiyonu ortalaması 1.869591 ve medyanı 1.869894 olmakta, yani çok yakın değerdedir. Çarpıklık katsayısı; çarpıklık katsayısının çarpıklık standart hatasına oranı olup -0.3972; basıklık katsayısı; basıklık katsayısının basılık standart hatasına oranı olup -1.4555 değerlerindedir. Her iki fonksiyon için de basıklık ve çarpıklık değeri -1.96 ile 1.96 sınır değerleri arasında olup normal dağılıma uygun olduğu görülmektedir.

Plastisite indisi ve fonksiyonlarına ait belirleyici istatistikler Ek B.3' te yer almaktadır. Sırasıyla 1/ln w_P ve $1/\sqrt{w_P}$ fonksiyonlarına ait trendsiz normallik ve normal dağılım grafikleri Şekil 4.9 ve 4.10' da yer almaktadır.



Şekil 4. 9: 1/ln w_P ve $1/\sqrt{w_P}$ fonksiyonlarına ait trendsiz normallik grafikleri



Şekil 4. 10: 1/ln w_P ve $1/\sqrt{w_P}$ fonksiyonlarına ait normal dağılım grafikleri

Trendsiz normallik grafiğinden dağılımların herhangi bir fonksiyona ait olmadığı; normal dağılım grafiğinden ise lineer bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Grafiksel yöntemlere bakılarak da dağılımın normale yakın olduğu sonucuna varılmaktadır. Regresyon analizi veri setinde plastik limite ait $1/\ln w_P$ ve $1/\sqrt{w_P}$ fonksiyon değerlerinden yararlanılacaktır.

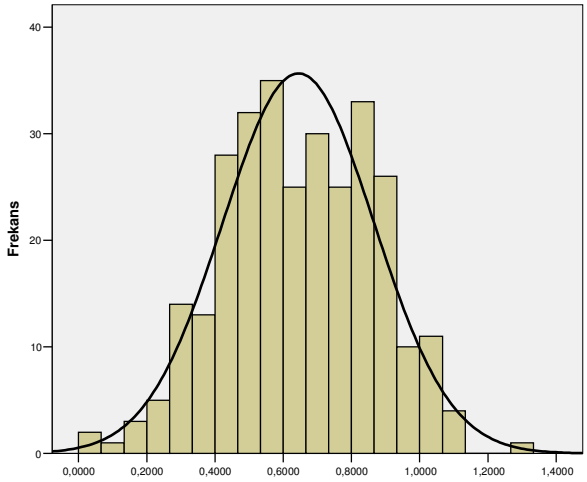
4.3.1.4 Likidite İndisi (I_L) Normallik Testleri

Likidite indisi (I_L) ve bazı fonksiyonlarının normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek üzere Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro - Wilk normallik testleri uygulanmıştır. Normalliği araştırılan fonksiyonlar I_L, I_L^2, $\sqrt{I_L}$, I_L^3, $\sqrt[3]{I_L}$, $1/I_L$, $\ln I_L$, $\log I_L$, $1 / \ln I_L$, $1 / \log I_L$, $1/\sqrt{I_L}$, $|I_L|$, $\sqrt{|I_L|}$ ve $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ olarak belirlenmiştir. Bu fonksiyonlara ait normallik test sonuçları Tablo 4.4' te görülmektedir.

Normallik test sonuçlarında Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro - Wilk belirlilik katsayılarının 0.05'ten büyük olması dağılımın normal dağılıma uygun olduğunu göstermektedir. Tablo 4.4' te görüldüğü gibi $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ fonksiyonuna ait belirlilik katsayısı Kolmogorov – Smirnov normallik testinde 0.200 ve Shapiro - Wilk testinde 0.391 olarak belirlendiğinden normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir. $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ fonksiyonuna ait histogram Şekil 4.11' de yer almaktadır.

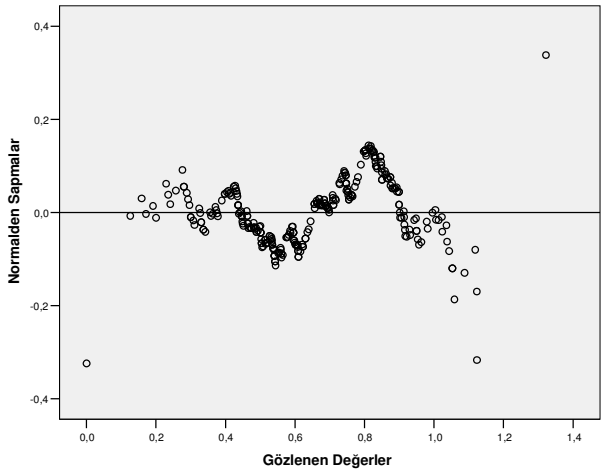
Tablo 4 4: I_L ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları.

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
I_L	0.075	298	0.000	0.969	298	0.000
I_L^2	0.301	298	0.000	0.511	298	0.000
$\sqrt{I_L}$	0.066	217	0.022	0.988	217	0.064
I_L^3	0.358	298	0.000	0.271	298	0.000
$\sqrt[3]{I_L}$	0.212	298	0.000	0.857	298	0.000
$1/I_L$	0.314	296	0.000	0.328	296	0.000
$\ln I_L$	0.089	215	0.000	0.942	215	0.000
$\log I_L$	0.089	215	0.000	0.942	215	0.000
$1/\ln I_L$	0.228	215	0.000	0.649	215	0.000
$1/\log I_L$	0.228	215	0.000	0.649	215	0.000
$1/\sqrt{I_L}$	0.226	215	0.000	0.509	215	0.000
$\lvert I_L \rvert$	0.140	298	0.000	0.860	298	0.000
$\sqrt{\lvert I_L \rvert}$	0.076	298	0.000	0.981	298	0.001
$\lvert \sqrt[3]{I_L} \rvert$	0.046	298	0.200	0.995	298	0.391

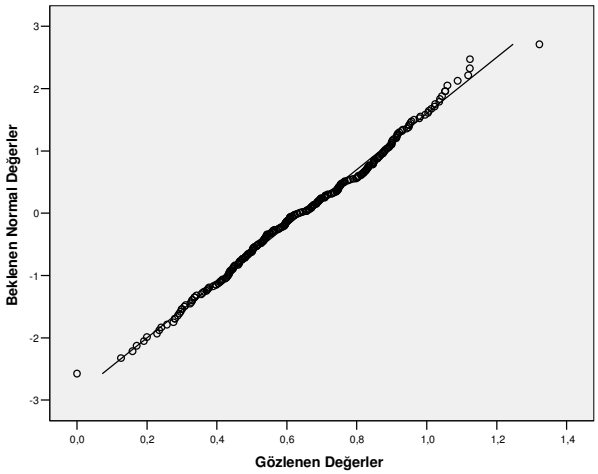


Şekil 4. 11: $\left|\sqrt[3]{IL}\right|$ fonksiyonuna ait histogram

$\left|\sqrt[3]{IL}\right|$ fonksiyonu ortalaması 0.644260 ve medyanı 0.632873 olmakta, yani çok yakın değerdedir. Çarpıklık katsayısı; çarpıklık katsayısının çarpıklık standart hatasına oranı olup -0.326; basıklık katsayısı; basıklık katsayısının basılık standart hatasına oranı olup -0.8897 değerlerindedir. Her iki değer de -1.96 ile 1.96 sınır değerleri arasında olup normal dağılıma uygun olduğu görülmektedir. Likidite indisi ve fonksiyonlarına ait belirleyici istatistikler Ek B.4' de yer almaktadır. $\left|\sqrt[3]{IL}\right|$ fonksiyona ait trendsiz normallik ve normal dağılım grafiği Şekil 4.12 ve 4.13' de yer almaktadır.



Şekil 4. 12: $\left|\sqrt[3]{IL}\right|$ fonksiyonuna ait trendsiz normallik grafiği



Şekil 4. 13: $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ fonksiyonuna ait normal dağılım grafiği

Trendsiz normallik grafiğinden dağılımın herhangi bir fonksiyona ait olmadığı; normal dağılım grafiğinden ise lineer bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Grafiksel yöntemlere bakılarak da dağılımın normale yakın olduğu sonucuna varılmaktadır. Regresyon analizi veri setinde likidite indisine ait $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ fonksiyonu değerlerinden yararlanılacaktır.

4.3.1.5 Plastisite İndisi (I_P) Normallik Testleri

Plastisite indisi (I_P) ve bazı fonksiyonlarının normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek üzere Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro - Wilk normallik testleri uygulanmıştır. Normalliği araştırılan fonksiyonlar I_P, I_P^2, $\sqrt{I_P}$, I_P^3, $\sqrt[3]{I_P}$, $1/I_P$, ln I_P, log I_P, 1 / ln I_P, 1 / log I_P ve $1/\sqrt{I_P}$ olarak belirlenmiştir. Bu fonksiyonlara ait normallik test sonuçları Tablo 4.5' te görülmektedir. Normallik testi sonuçlarına göre plastisite indisine ait hiçbir fonksiyon normal dağılıma uymamaktadır. Bu nedenle deney sonu boşluk oranı ve fonksiyonları regresyon analizine dahil edilmeyecektir. . Plastisite indisi ve fonksiyonlarına ait belirleyici istatistikler Ek B.5' te yer almaktadır.

Tablo 4 5: I_P ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
I_P	0.109	299	0.000	0.907	299	0.000
I_P^2	0.201	299	0.000	0.636	299	0.000
$\sqrt{I_P}$	0.080	299	0.000	0.975	299	0.000
I_P^3	0.333	299	0.000	0.345	299	0.000
$\sqrt[3]{I_P}$	0.068	299	0.002	0.986	299	0.004
$1/I_P$	0.118	299	0.000	0.854	299	0.000
$\ln I_P$	0.053	299	0.041	0.989	299	0.025
$\log I_P$	0.053	299	0.041	0.989	299	0.025
$1/\ln I_P$	0.085	299	0.000	0.912	299	0.000
$1/\log I_P$	0.085	299	0.000	0.912	299	0.000
$1/\sqrt{I_P}$	0.081	299	0.000	0.949	299	0.000

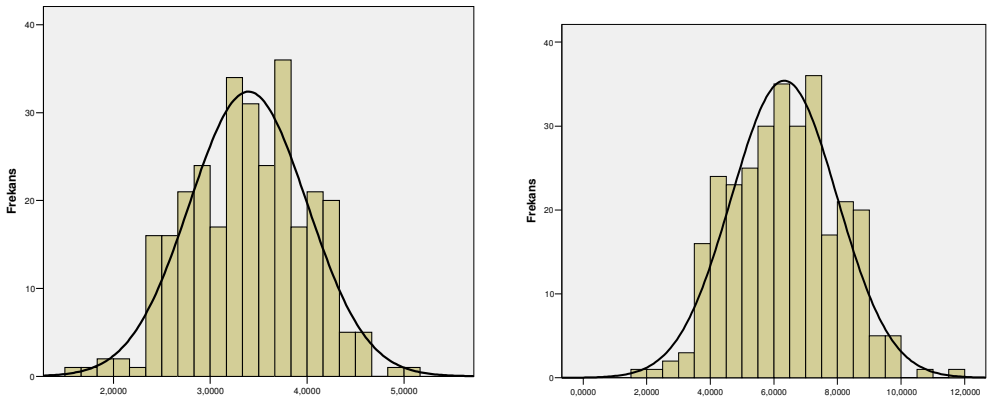
4.3.1.6 Deney Başı Birim Hacim Ağırlığı (γ_0) Normallik Testleri

Deney başı birim hacim ağırlığı (γ_0) ve bazı fonksiyonlarının normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek üzere Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro - Wilk normallik testleri uygulanmıştır. Normalliği araştırılan fonksiyonlar γ_0, γ_0^2, $\sqrt{\gamma_0}$, γ_0^3, $\sqrt[3]{\gamma_0}$, $1/\gamma_0$, $\ln \gamma_0$, $\log \gamma_0$, $1 / \ln \gamma_0$, $1 / \log \gamma_0$ ve $1/\sqrt{\gamma_0}$ olarak belirlenmiştir. Bu fonksiyonlara ait normallik test sonuçları Tablo 4.6' da görülmektedir.

Tablo 4 6: γ_0 ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları.

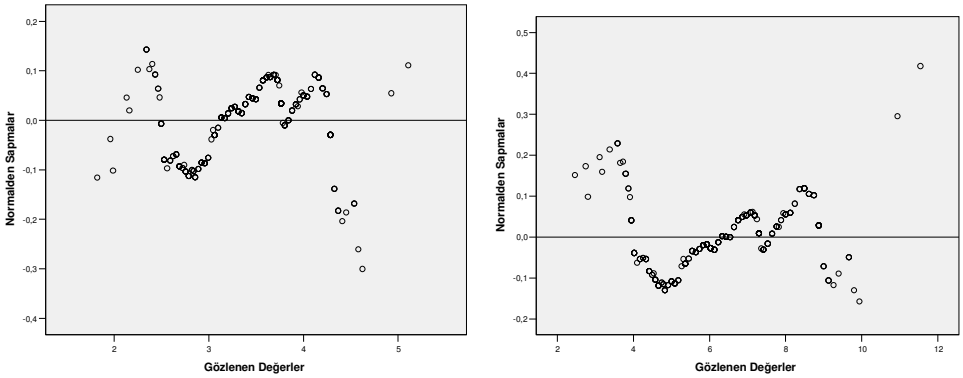
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
γ_0	0.058	296	0.017	0.987	296	0.010
γ_0^2	0.044	296	0.200	0.993	296	0.199
$\sqrt{\gamma_0^2}$	0.065	296	0.004	0.981	296	0.001
γ_0^3	0.045	296	0.200	0.992	296	0.142
$\sqrt[3]{\gamma_0}$	0.067	296	0.003	0.979	296	0.000
$1/\gamma_0$	0.081	296	0.000	0.950	296	0.000
$\ln \gamma_0$	0.070	296	0.001	0.973	296	0.000
$\log \gamma_0$	0.070	296	0.001	0.973	296	0.000
$1/\ln \gamma_0$	0.132	296	0.000	0.785	296	0.000
$1/\log \gamma_0$	0.132	296	0.000	0.785	296	0.000
$1/\sqrt{\gamma_0}$	0.076	296	0.000	0.963	296	0.000

Normallik test sonuçlarında Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro - Wilk belirlilik katsayılarının 0.05'ten büyük olması dağılımın normal dağılıma uygun olduğunu göstermektedir. Tablo 4.6' da görüldüğü gibi γ_0^2 ve γ_0^3 fonksiyonlarına ait belirlilik katsayısı değerlendirilerek normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir. Her iki dağılıma ait histogramlar sırasıyla Şekil 4.14' te yer almaktadır.

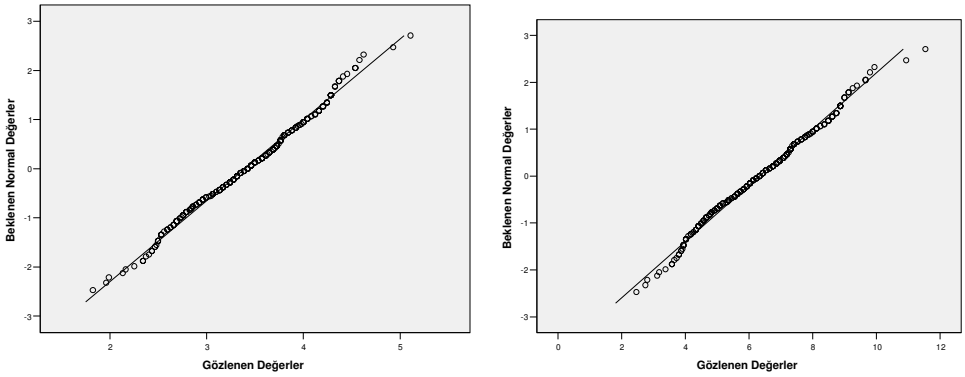


Şekil 4. 14: γ_0^2 ve γ_0^3 fonksiyonlarına ait histogramlar

γ_0^2 ve γ_0^3 fonksiyonları ortalama ve medyanı çok yakın değerdedir. Çarpıklık ve basıklık katsayıları her iki fonksiyon için -1.96 ile 1.96 sınır değerleri arasında olup normal dağılıma uygun olduğu görülmektedir. Fonksiyonlara ait belirleyici istatistikler Ek B.6' da yer almaktadır. γ_0^2 ve γ_0^3 fonksiyonlarına ait trendsiz normallik ve normal dağılım grafikleri Şekil 4.15 ve 16' da yer almaktadır.



Şekil 4. 15: γ_0^2 ve γ_0^3 fonksiyonlarına ait trendsiz normallik grafikleri



Şekil 4. 16: γ_0^2 ve γ_0^3 fonksiyonlarına ait normal dağılım grafikleri

Trendsiz normallik grafiğinden dağılımın herhangi bir fonksiyona ait olmadığı; normal dağılım grafiğinden ise lineer bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Grafiksel yöntemlere bakılarak da dağılımın normale yakın olduğu sonucuna varılmaktadır. Regresyon analizi veri setinde deney başı birim hacim ağırlığına ait γ_0^2 ve γ_0^3 fonksiyonlarından yararlanılacaktır.

4.3.1.7 Dane Birim Hacim Ağırlığı (γ) Normallik Testleri

Dane birim hacim ağırlığı (γ) ve bazı fonksiyonlarının normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek üzere Kolmogorov – Smirnov ve Shapiro - Wilk normallik testleri uygulanmıştır. Normalliği araştırılan fonksiyonlar γ, γ^2, $\sqrt{\gamma}$, γ^3, $\sqrt[3]{\gamma}$, 1/ γ, ln γ, log γ, 1 / ln γ, 1 / log γ ve $1/\sqrt{\gamma}$ olarak belirlenmiştir. Bu fonksiyonlara ait normallik test sonuçları Tablo 4.7' de görülmektedir.

Tablo 4 7: γ ve bazı fonksiyonlarına ait normallik testi sonuçları.

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
γ	0.171	298	0.000	0.894	298	0.000
γ^2	0.171	298	0.000	0.895	298	0.000
$\sqrt{\gamma}$	0.170	298	0.000	0.894	298	0.000
γ^3	0.172	298	0.000	0.896	298	0.000
$\sqrt[3]{\gamma}$	0.170	298	0.000	0.894	298	0.000
1/γ	0.169	298	0.000	0.892	298	0.000
ln γ	0.170	298	0.000	0.893	298	0.000
log γ	0.170	298	0.000	0.893	298	0.000
1/ln γ	0.168	298	0.000	0.891	298	0.000
1/log γ	0.168	298	0.000	0.891	298	0.000
$1/\sqrt{\gamma}$	0.169	298	0.000	0.893	298	0.000

Kolmogorov – Smirnov normallik testi sonuçlarına göre dane birim hacim ağırlığına ait hiçbir fonksiyon normal dağılıma uymamaktadır. Bu nedenle dane birim hacim ağırlığı ve fonksiyonları regresyon analizine dahil edilmeyecektir. Fonksiyona ait belirleyici istatistikler Ek B.7' de yer almaktadır.

4.3.2 CH Zemin Sınıfı İçin Normallik Testleri

Bahsedilen normallik testleri yalnızca CH grubu zemin örneklerini içeren 65 adet zemin numunesi grubu için uygulanmıştır. Normal dağılıma uyduğu tespit edilen parametre fonksiyonları ve normallik test sonuçları Tablo 4.8' de görülmektedir.

Tablo 4 8: CH zemin grubuna ait normallik testi sonuçları

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
$1/e_0$	0.060	65	0.200	0.970	65	0.113
$1/\sqrt{e_0}$	0.081	65	0.200	0.971	65	0.128
$1/w_P$	0.091	65	0.200	0.978	65	0.287
$1/\ln w_p$	0.101	65	0.097	0.976	65	0.233
$1/\log w_p$	0.101	65	0.097	0.976	65	0.233
$1/\sqrt{w_p}$	0.103	65	0.082	0.975	65	0.212
$1/I_P$	0.060	65	0.200	0.980	65	0.360
$1/\ln I_P$	0.051	65	0.200	0.978	65	0.294
$1/\log I_P$	0.051	65	0.200	0.978	65	0.294
$1/\sqrt{I_P}$	0.052	65	0.200	0.977	65	0.264
γ_0^2	0.105	64	0.076	0.973	64	0.174
γ_0^3	0.093	64	0.200	0.977	64	0.290

4.3.3 CL Zemin Sınıfı İçin Normallik Testleri

97 adet zemin numunesi içeren CL zemin grubu için normallik testleri uygulanmıştır. Normal dağılıma uyduğu tespit edilen parametre fonksiyonları ve normallik test sonuçları Tablo 4.9' da görülmektedir.

Tablo 4 9: CL zemin grubuna ait normallik testi sonuçları

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
$1/e_0$	0.055	97	0.200	0.984	97	0.312
$\ln e_0$	0.090	97	0.052	0.985	97	0.340
$\log e_0$	0.090	97	0.052	0.985	97	0.339
$1/\sqrt{e_0}$	0.066	97	0.200	0.991	97	0.728
$\ln w_0$	0.073	97	0.200	0.989	97	0.625
$\log w_0$	0.073	97	0.200	0.989	97	0.625
$1/\ln w_0$	0.052	97	0.200	0.990	97	0.707
$1/\log w_0$	0.052	97	0.200	0.990	97	0.707
$1/\sqrt{w_0}$	0.054	97	0.200	0.993	97	0.895
w_L	0.053	97	0.200	0.982	97	0.192
w_L^2	0.062	97	0.200	0.982	97	0.214
$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	0.060	97	0.200	0.987	97	0.429
γ_0^2	0.070	96	0.200	0.983	96	0.244
γ_0^3	0.065	96	0.200	0.987	96	0.455

4.3.4 ML - OL Zemin Sınıfı İçin Normallik Testleri

37 adet zemin numunesi içeren MH ve OH zemin grubu için normallik testleri uygulanmıştır. Normal dağılıma uyduğu tespit edilen parametre fonksiyonları ve normallik test sonuçları Tablo 4.10' da görülmektedir.

Tablo 4 10: ML - OL zemin grubuna ait normallik testi sonuçları

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
e_0^2	0.143	37	0.055	0.946	37	0.074
e_0^3	0.143	37	0.053	0.944	37	0.060
w_0	0.129	37	0.127	0.968	37	0.358
w_0^2	0.126	37	0.146	0.964	37	0.269
w_L^3	0.086	37	0.200	0.955	37	0.136
wp	0.117	37	0.200	0.973	37	0.482
$\sqrt{wp}$	0.108	37	0.200	0.978	37	0.660
$\sqrt[3]{wp}$	0.104	37	0.200	0.979	37	0.699
1/ wp	0.090	37	0.200	0.975	37	0.560
ln wp	0.098	37	0.200	0.980	37	0.737
log wp	0.098	37	0.200	0.980	37	0.736
1/ln wp	0.088	37	0.200	0.978	37	0.666
1/log wp	0.087	37	0.200	0.978	37	0.679
$1/\sqrt{wp}$	0.089	37	0.200	0.979	37	0.703
I_L	0.072	37	0.200	0.982	37	0.792
$\sqrt{I_L}$	0.126	21	0.200	0.958	21	0.473
ln I_L	0.116	21	0.200	0.939	21	0.208
log I_L	0.116	21	0.200	0.939	21	0.208
$\sqrt{\lvert I_L \rvert}$	0.092	37	0.200	0.976	37	0.580
$\lvert \sqrt[3]{I_L} \rvert$	0.069	37	0.200	0.982	37	0.809
I_P^2	0.107	37	0.200	0.978	37	0.673
I_P^3	0.084	37	0.200	0.967	37	0.323
γ_0	0.076	36	0.200	0.976	36	0.615
γ_0^2	0.081	36	0.200	0.976	36	0.607
$\sqrt{\gamma_0}$	0.073	36	0.200	0.975	36	0.588
γ_0^3	0.086	36	0.200	0.973	36	0.521
$\sqrt[3]{\gamma_0}$	0.073	36	0.200	0.975	36	0.574
$1/\gamma_0$	0.088	36	0.200	0.969	36	0.398
ln γ_0	0.077	36	0.200	0.974	36	0.540
log γ_0	0.077	36	0.200	0.974	36	0.540
1/ln γ_0	0.119	36	0.200	0.947	36	0.087
1/log γ_0	0.119	36	0.200	0.947	36	0.087
$1/\sqrt{\gamma_0}$	0.082	36	0.200	0.972	36	0.475

4.3.5 MH - OH Zemin Sınıfı İçin Normallik Testleri

100 adet zemin numunesi içeren MH ve OH zemin grubu için normallik testleri uygulanmıştır. Normal dağılıma uyduğu tespit edilen parametre fonksiyonları ve normallik test sonuçları Tablo 4.11' de görülmektedir.

Tablo 4 11: MH - OH zemin grubuna ait normallik testi sonuçları

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
$1/e_0$	0.074	100	0.200	0.986	100	0.385
$1/\sqrt{e_0}$	0.060	100	0.200	0.990	100	0.642
$\sqrt[3]{w_0}$	0.057	100	0.200	0.982	100	0.201
$\ln w_0$	0.056	100	0.200	0.990	100	0.626
$\log w_0$	0.056	100	0.200	0.990	100	0.626
$1/\ln w_0$	0.065	100	0.200	0.988	100	0.484
$1/\log w_0$	0.065	100	0.200	0.988	100	0.484
$1/\sqrt{w_0}$	0.065	100	0.200	0.988	100	0.484
$1/w_L$	0.054	100	0.200	0.987	100	0.447
$1/\ln w_L$	0.051	100	0.200	0.981	100	0.152
$1/\log w_L$	0.051	100	0.200	0.981	100	0.152
$1/\sqrt{w_L}$	0.051	100	0.200	0.982	100	0.180
$1/w_P$	0.055	100	0.200	0.985	100	0.342
$\sqrt{I_L}$	0.103	66	0.081	0.975	66	0.193
$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	0.088	100	0.052	0.979	100	0.104
γ_0	0.045	100	0.200	0.983	100	0.233
γ_0^2	0.046	100	0.200	0.991	100	0.730
γ_0^3	0.061	100	0.200	0.991	100	0.714

5. VERİ ANALİZİ

5.1 Hesap Adımları

İstatistik programları kullanılarak düzeltilmiş sıkışma indisi, kabarma indisi ile 0.00 – 0.25, 0.25 -0.50, 0.50 – 1.00, 1.00 – 2.00, 2.00 – 4.00, 4.00 – 6.00, 6.00 – 10.00 ve 4.00 – 10.00 kg / cm^2 basınç kademelerinde hacimsel sıkışma katsayısı değerlerinin zemin indeks özellikleri ile olan ilişkileri incelenerek korelasyonlar geliştirilmiştir. Çok değişkenli analiz yapılarak lineer regresyon modelleri kurulmuştur.

Eksik veriler analizlere dahil edilmeden, her bir korelasyon için tam veri setleri kullanılmıştır. Regresyon analizi ile veri grupları için belirlilik katsayıları belirlenmiş, değişkenlerin ilişkiyi hangi oranlarda etkilediği bulunmuştur.

İstatistiksel yöntemlerde temel prensip ilişkiyi güven aralığı içerisinde ifade eden parametrelerin analize dahil edilmesidir. Bu amaçla zemin indeks özelliklerinin normal dağılım gösteren dönüşüm değerleri kullanılmıştır.

Çalışma ayrım yapmadan tüm zemin sınıfları ile ayrı ayrı CH, CL, MH – OH ve ML-OL zemin sınıfları olmak üzere toplam 5 grup kullanılarak yapılmıştır.

Tüm zemin sınıfları için, normallik testleri sonucu normal dağılıma uyduğu belirlenen $1/\sqrt{e_0}$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{w_P}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, γ_0^2, γ_0^3 değerleri bağımsız değişkenler olarak regresyon analizinde değerlendirilecektir.

CH zemin grubuna dahil olan zeminler için, normallik testleri sonucu normal dağılıma uyduğu belirlenen $1/e_0$, $1/\sqrt{e_0}$, $1/w_P$, 1/ln w_P, 1/log w_P, $1/\sqrt{w_P}$, 1/ I_P, 1/ln I_P, 1/log I_P, $1/\sqrt{I_P}$, γ_0^2, γ_0^3 değerleri bağımsız değişkenler olarak regresyon analizinde değerlendirilecektir.

CL zemin grubuna dahil olan zeminler için, normallik testleri sonucu normal dağılıma uyduğu belirlenen $1/e_0$, ln e_0, log e_0, $1/\sqrt{e_0}$, ln w_0, log w_0, 1 / ln w_0, 1 / log w_0, $1/\sqrt{w_0}$, w_L, w_L^2, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, γ_0^2, γ_0^3 değerleri bağımsız değişkenler olarak regresyon analizinde değerlendirilecektir.

MH - OH zemin grubuna dahil olan zeminler için, normallik testleri sonucu normal dağılıma uyduğu belirlenen $1/e_0$, $1/\sqrt{e_0}$, $\sqrt[3]{w_0}$, ln w_0, log w_0, 1 / ln w_0, 1 / log w_0, $1/\sqrt{w_0}$, $1/w_L$, $1/\ln w_L$, $1/\log w_L$, $1/\sqrt{w_L}$, $1/w_P$, $\sqrt{I_L}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, γ_0, γ_0^2, γ_0^3 değerleri bağımsız değişkenler olarak regresyon analizinde değerlendirilecektir.

ML - OL zemin grubuna dahil olan zeminler için, normallik testleri sonucu normal dağılıma uyduğu belirlenen e_0^2, e_0^3, w_0, w_0^2, w_L^3, w_P, $\sqrt{w_P}$, $\sqrt[3]{w_P}$, $1/w_P$, ln w_P, log w_P, 1 / ln w_P, 1 / log w_P, $1/\sqrt{w_P}$, I_L, $\sqrt{I_L}$, ln I_L, log I_L, $\sqrt{|I_L|}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, I_P^2, I_P^3, γ_0, γ_0^2, $\sqrt{\gamma_0}$, γ_0^3, $\sqrt[3]{\gamma_0}$, $1/\gamma_0$, ln γ_0, log γ_0, $1/\ln \gamma_0$, $1/\log \gamma_0$, $1/\sqrt{\gamma_0}$ değerleri bağımsız değişkenler olarak regresyon analizinde değerlendirilecektir.

Analiz sonuçları her bir model için belirlilik katsayıları ile birlikte sunulacaktır. Korelasyon denklemlerinde dikkat edilmesi gereken husus değişkenlerin birimleridir. γ ve γ_0 parametrelerinin birimi t/m^3' tür. Plastisite özellikleri (w_L, w_0, w_P, I_L, I_P) kuvvetleri (Örn : w_0^2, $1/w_0$, $\sqrt[3]{w_0}$) yüzdesi alınmış şekilde (Örn : w_0 = 0.45), logaritmik özellikleri ise yüzde ifadesi olarak (Örn : % 45) değerlendirilmiştir. Ayrıca likidite indisi için yararlanılan $\sqrt{|I_L|}$ ve $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ fonksiyonlarında I_L değeri yine yüzdesi alınmış şekli ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmedeki farklılığın nedeni parametre ile fonksiyon değerlerinin değer olarak birbirinden çok fazla uzaklaşmamasıdır.

Tüm zemin sınıfları analizlerinde yer alan bağımsız değişkenlere ait istatistiksel veriler özeti Tablo 5.1' de görülmektedir.

Tablo 5. 1: Tüm zemin sınıfları için bağımsız değişkenlere ait istatistiksel parametreler özeti

	N	Minimum	Maximum	Ortalama		Varyans	Çarpıklık Katsayısı		Basıklık Katsayısı	
	İstatistik	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Error	İstatistik	İstatistik	Std. Error	İstatistik	Std. Error
$1/\sqrt{e_0}$	299	0.5343	1.4841	1.012068	0.0105070	0.033	0.112	0.141	-0.380	0.281
$\ln w_L$	299	3.1355	5.1120	3.974147	0.0197285	0.116	0.140	0.141	-0.306	0.281
$1/\ln w_P$	299	0.2238	0.3607	0.298529	0.0015054	0.001	0.006	0.141	-0.400	0.281
$1/\sqrt{w_P}$	299	1.0709	2.5000	1.869591	0.0157553	0.074	-0.056	0.141	-0.409	0.281
$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	298	0.0000	1.3221	0.644260	0.0128730	0.049	-0.046	0.141	-0.250	0.281
γ_0^2	296	1.5376	5.1076	3.393963	0.0353111	0.369	-0.108	0.142	-0.345	0.282
γ_0^3	296	1.9066	11.5432	6.328140	0.0969163	2.780	0.114	0.142	-0.375	0.282

5.2 Tüm Zemin Sınıfları için Korelasyonlar

5.2.1 Sıkışma İndisi ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

Düzeltilmiş sıkışma indisi ile indeks özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığının araştırılmasında, eksik veri içermeyen 296 adet veri seti kullanılmıştır. Analizde düzeltilmiş sıkışma indisi (C_{c1}) bağımlı değişkendir. Normallik testleri sonucunda bağımsız değişkenler $1/\sqrt{e_0}$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{w_P}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, γ_0^2, γ_0^3 olarak belirlenmiştir. Regresyon analizinde aynı değişkene ait birden fazla fonksiyondan yararlanılması hatalı sonuçlara yol açacağından, 4 adet model analizi yapılarak her analizde plastik limit ve deney başı birim hacim ağırlığının farklı fonksiyonları kullanılacaktır.

Bağımlı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve derecesini belirten Pearson korelasyon katsayıları Tablo 5.2' de görülmektedir. Sıkışma indisi ile $1/\sqrt{e_0}$, 1/ln w_P ve γ_0^2 arasındaki ilişki ters; ln w_L ve $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ arasındaki ilişki ise aynı yönlüdür. Düzeltilmiş sıkışma indisi ile en güçlü ilişkisi olan parametrenin ise $1/\sqrt{e_0}$ olduğu görülmektedir.

Tablo 5. 2: Tüm zemin sınıfları için sıkışma indisi ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

		Cc_1	$1/\sqrt{e_0}$	ln w_L	1/ln w_P	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	γ_0^2
Pearson Correlation	Cc_1	1.000	-.702	.495	-.365	.379	-.664
	$1/\sqrt{e_0}$	-.702	1.000	-.776	.737	-.278	.924
	ln w_L	.495	-.776	1.000	-.856	-.135	-.712
	1/ln w_P	-.365	.737	-.856	1.000	.115	.727
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.379	-.278	-.135	.115	1.000	-.253
	γ_0^2	-.664	.924	-.712	.727	-.253	1.000
Sig. (1-tailed)	Cc_1	.	.000	.000	.000	.000	.000
	$1/\sqrt{e_0}$	.000	.	.000	.000	.000	.000
	ln w_L	.000	.000	.	.000	.010	.000
	1/ln w_P	.000	.000	.000	.	.024	.000
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.000	.000	.010	.024	.	.000
	γ_0^2	.000	.000	.000	.000	.000	.
N	Cc_1	296	296	296	296	296	296
	$1/\sqrt{e_0}$	296	296	296	296	296	296
	ln w_L	296	296	296	296	296	296
	1/ln w_P	296	296	296	296	296	296
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	296	296	296	296	296	296
	γ_0^2	296	296	296	296	296	296

Tablo 5.2' de yer alan anlamlılık katsayısı (Sig.) ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirtmektedir. Bu değer 0.05' den küçük ise değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. Tablo 5.2 sonuçlarına göre bağımlı değişken ile

tüm bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Analizde kullanılan eksik veri içermeyen değişken sayısı ise N değeri olarak görülmektedir.

Sıkışma indisi ve bağımsız değişkenler arasında kurulan 1. regresyon modeline ait özet bilgiler Tablo 5.3' te görülmektedir. Modelde düzeltilmiş R^2 değeri 0.574 olmakta; yani sıkışma indisinin değişiminin % 57.4' lük kısmı modele dahil edilen değişkenler yardımıyla açıklanmıştır. Geri kalan % 42.6' lık kısım ise modele dahil edilmeyen parametrelere bağlıdır. Modelde otokorelasyon olup olmadığının tespiti ise Durbin – Watson testi ile belirlenmiştir. Modelde Durbin – Watson katsayısının 1.846 değer almış olması, otokorelasyon olmadığını belirtmektedir. Modelin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığının kontrolü F testi ile belirlenmiştir. F testine ait anlamlılık düzeyi 0.05' den küçük olduğu için modelin bütün olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5. 3: Tüm zemin sınıfları için sıkışma indisi 1. regresyon modeline ait model özeti.

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standart Hata	İstatistik Değişimi			Durbin-Watson
					R^2 Değişimi	F Değişimi	Sig. F Değişimi	
1	0.763	0.582	0.574	0.152	0.582	80.592	0.00	1.846
a	Bağımsız değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$							

1. regresyon modeline ait katsayılar ve model sonuçları Tablo 5.4' te yer almaktadır. β değeri parametrenin modeldeki katsayısını belirtmektedir. Modelde yer alan bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı anlamlılığının test edilmesi t testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.4 verilerine göre tüm bağımsız değişkenler model için anlamlı bulunmuştur.

Tablo 5. 4: Tüm zemin sınıfları için sıkışma indisi 1. regresyon modeline ait model katsayıları

	Katsayılar		t	Sig.	β için 95% Güven Aralığı	
	β	Std. Hata			Alt Sınır	Üst Sınır
(Sabit)	-1.058	0.436	-2.424	0.016	-1.917	-0.199
$1/\sqrt{e_0}$	-0.594	0.155	-3.828	0.000	-0.899	-0.289
ln w_L	0.250	0.061	4.127	0.000	0.131	0.369
1/ln w_P	4.125	0.708	5.830	0.000	2.733	5.518
$\left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert$	0.188	0.052	3.636	0.000	0.086	0.289
γ_0^2	-0.102	0.039	-2.589	0.010	-0.180	-0.024

Sıkışma indisi ile indeks özellikleri arasında kurulan 1. regresyon modeli denklemi denklem (5.1)' de ifade edilmiştir. Denklemin belirlilik katsayısı 0.574' tür.

$$C_{cl} = -1.058 - 0.594\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.250 \ln w_L + 4.125\frac{1}{\ln w_P} + 0.188\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.102\,\gamma_0^2 \quad \textbf{(5.1)}$$

Denklemde dikkat edilmesi gereken husus ln w_L ve ln w_P değerlerinin yüzde (%) cinsinden ifade edilmiş olmasıdır. Tüm zemin sınıfları için sıkışma indisinin araştırılmasında belirlenen 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model bilgileri ve katsayıları tabloları Ek G' de yer almaktadır. 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model denklemleri sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

$$C_{cl} = -0.567 - 0.591\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.250 \ln w_L + 0.395\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.188\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.103\gamma_0^2 \quad \textbf{(5.2)}$$

Denklem (5.2)' nin belirlilik katsayısı 0.574' tür.

$$C_{cl} = -0.615 - 0.683\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.245 \ln w_L + 0.380\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.191\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.026\gamma_0^3 \quad \textbf{(5.3)}$$

Denklem (5.3)' ün belirlilik katsayısı 0.569' dur.

$$C_{cl} = -1.090 - 0.684\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.245 \ln w_L + 3.980\frac{1}{\ln w_P} + 0.191\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.025\gamma_0^3 \quad \textbf{(5.4)}$$

Denklem (5.4)' ün belirlilik katsayısı 0.569' dur.

5.2.2 Kabarma İndisi ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

Kabarma indisi ile indeks özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığının araştırılmasında, eksik veri içermeyen 296 adet veri seti kullanılmıştır. Analizde bağımlı değişken kabarma indisi (C_s), bağımsız değişkenler ise normallik testleri sonucunda $1/\sqrt{e_0}$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{w_P}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, γ_0^2, γ_0^3 olarak belirlenmiştir. Regresyon analizinde aynı değişkene ait birden fazla fonksiyondan yararlanılması hatalı sonuçlara yol açacağından, 4 adet model analizi yapılarak her analizde plastik limit ve deney başı birim hacim ağırlığının farklı fonksiyonları kullanılacaktır.

Bağımlı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirten Pearson korelasyon katsayıları Tablo 5.5' te görülmektedir. Kabarma indisi ile $1/\sqrt{e_0}$, 1/ln w_P ve γ_0^2 arasındaki ilişki ters; ln w_L ve $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ arasındaki ilişki ise aynı yönlüdür. Kabarma indisi ile en güçlü ilişkisi olan değişkenin $1/\sqrt{e_0}$ olduğu görülmektedir. Tabloda yer alan anlamlılık düzeyi (Sig.) ise ilişki katsayısının istatistiksel olarak

anlamlı olup olmadığını belirtmektedir. Bu değerin tüm bağımsız değişkenler için 0.05' ten küçük olması nedeniyle, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Analizde kullanılan eksik veri içermeyen değişken sayısı ise N değeri olarak görülmektedir.

Tablo 5. 5: Tüm zemin sınıfları için kabarma indisi ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.

		Cs	$1/\sqrt{e_0}$	ln w_L	1/ln w_P	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	γ_0^2
Pearson Correlation	Cs	1.000	-.403	.374	-.293	.201	-.328
	$1/\sqrt{e_0}$	-.403	1.000	-.776	.737	-.278	.924
	ln w_L	.374	-.776	1.000	-.856	-.135	-.712
	1/ln w_P	-.293	.737	-.856	1.000	.115	.727
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.201	-.278	-.135	.115	1.000	-.253
	γ_0^2	-.328	.924	-.712	.727	-.253	1.000
Sig. (1-tailed)	Cs	.	.000	.000	.000	.000	.000
	$1/\sqrt{e_0}$	.000	.	.000	.000	.000	.000
	ln w_L	.000	.000	.	.000	.010	.000
	1/ln w_P	.000	.000	.000	.	.024	.000
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.000	.000	.010	.024	.	.000
	γ_0^2	.000	.000	.000	.000	.000	.
N	Cs	296	296	296	296	296	296
	$1/\sqrt{e_0}$	296	296	296	296	296	296
	ln w_L	296	296	296	296	296	296
	1/ln w_P	296	296	296	296	296	296
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	296	296	296	296	296	296
	γ_0^2	296	296	296	296	296	296

Kabarma indisi ve bağımsız değişkenler arasında kurulan 1. regresyon modeline ait özet bilgiler Tablo 5.6' da görülmektedir. Modelde düzeltilmiş R^2 değeri 0.207 olmakta; yani kabarma indisinin değişiminin % 20.7' lik kısmı modele dahil edilen değişkenler yardımıyla açıklanmıştır. Geri kalan % 79.3' lik kısım ise modele dahil edilmeyen parametrelere bağlıdır. Modelde otokorelasyon olup olmadığının tespiti ise Durbin – Watson testi ile belirlenmiştir. Modelde Durbin – Watson katsayısının 1.801 değer almış olması, otokorelasyon olmadığını belirtmektedir.

Tablo 5. 6: Tüm zemin sınıfları için kabarma indisi 1. regresyon modeline ait model özeti

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standart Hata	İstatistik Değişimi			Durbin-Watson
					R^2 Değişimi	F Değişimi	Sig. F Değişimi	
1	0.468	0.219	0.205	0.081	0.219	16.237	0.00	
2	0.466	0.217	0.207	0.080	-0.001	0.513	0.47	1.801
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit). γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$							
b	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln w_L, $1/\sqrt{e_0}$							

Modelin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığının kontrolü F testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.6' da ilişkiye ait iki model denklemi kurulduğu görülmektedir. İlk modelde yer alan 1/ln w_P parametresinin anlamsız bulunarak denklemden çıkartılmıştır.

Düzeltilmiş denkleme ait F testi sonucu Tablo 5.7' de görülmektedir. F istatistiğine bağlı olarak modelin bütün olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5. 7: Tüm zemin sınıfları için kabarma indisi 1. regresyon modeline ait F istatistiği

Model		F İstatistiği	Sig.
1	Regresyon	16.237	0.000
2	Regresyon	20.201	0.000
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$		
b	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2. $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln w_L, $1/\sqrt{e_0}$		

1. regresyon modeline ait katsayılar ve model sonuçları Tablo 5.8' de yer almaktadır. β değeri parametrenin modeldeki katsayısını belirtmektedir. Modelde yer alan bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı anlamlılığının test edilmesi t testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.8' de yer alan ilk model verilerine göre t testi sonucunda 1/ln w_P ve γ_0^2 bağımsız değişkenleri model için anlamsız bulunmuştur.

Tablo 5. 8: Tüm zemin sınıfları için kabarma indisi 1. regresyon modeline ait model katsayıları.

Model		Katsayılar		t	Sig.	β için 95% Güven Aralığı	
		β	Std. Hata			Alt Sınır	Üst Sınır
1	(Sabit)	-0.454	0.231	-1.966	0.050	-0.908	0.001
	$1/\sqrt{e_0}$	-0.161	0.082	-1.968	0.050	-0.323	0.000
	ln w_L	0.106	0.032	3.324	0.001	0.043	0.169
	1/ln w_P	0.268	0.374	0.716	0.474	-0.469	1.005
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	0.090	0.027	3.303	0.001	0.036	0.144
	γ_0^2	0.039	0.021	1.850	0.065	-0.002	0.080
2	(Sabit)	-0.337	0.164	-2.059	0.040	-0.660	-0.015
	$1/\sqrt{e_0}$	-0.162	0.082	-1.980	0.049	-0.324	-0.001
	ln w_L	0.094	0.027	3.523	0.000	0.041	0.146
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	0.094	0.027	3.484	0.001	0.041	0.146
	γ_0^2	0.042	0.020	2.104	0.036	0.003	0.082

Anlamlılık düzeyi değeri en yüksek bulunan (0.474) bulunan 1/ln wp bağımsız değişkeni modelden çıkarılarak analiz tekrarlanmıştır. Tablo 5.8' de görülen 2 numaralı modelde tüm bağımsız değişkenler model için anlamlı bulunmuştur.

Kabarma indisi ile indeks özellikleri arasında kurulan 1. regresyon modeli denklemi denklem (5.5)' te ifade edilmiştir. Denklemin belirlilik katsayısı 0.207' dir.

$$C_s = -0.337 - 0.162\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.094 \ln w_L + 0.094\left|\sqrt[3]{I_L}\right| + 0.042\gamma_0^2 \quad \textbf{(5.5)}$$

Denklemde dikkat edilmesi gereken husus w_L değerinin yüzde (%) cinsinden ifade edilmiş olmasıdır. Plastik limit değerinin model için anlamsız bulunarak denklemlerden çıkarılması nedeni ile, kabarma katsayısı ile indeks özellikleri arasında 2 model denklemi kurulmuştur. Kabarma indisi için kurulan 2. regresyon modellerine ait model özetleri ve katsayıları Ek G' de görülmektedir. 2. regresyon modellerine ait model denklemi sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

$$C_s = -0.275 - 0.179\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.092 \ln w_L + 0.092\left|\sqrt[3]{I_L}\right| + 0.017\gamma_0^3 \quad \textbf{(5.6)}$$

Denklem (5.6)' nin belirlilik katsayısı 0.209' dur.

5.2.3 Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

Çalışmada, 0.00 – 0.25, 0.25 -0.50, 0.50 – 1.00, 1.00 – 2.00, 2.00 – 4.00, 4.00 – 6.00, 6.00 – 10.00 ve 4.00 – 10.00 kg / cm^2 basınç kademelerinde hacimsel sıkışma indisi değerleri ile indeks özellikleri arasındaki korelasyonlar bulunması hedeflenmiştir. Analiz parametreleri normallik testleri sonucunda $1/\sqrt{e_0}$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{w_P}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, γ_0^2, γ_0^3 olarak belirlenmiştir. Regresyon analizinde aynı değişkene ait birden fazla fonksiyondan yararlanılması hatalı sonuçlara yol açacağından, her basınç kademesi için 4 adet model analizi yapılarak her analizde plastik limit ve deney başı birim hacim ağırlığının farklı fonksiyonları kullanılacaktır.

5.2.4 0.00 – 0.25 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

0.00 – 0.25 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığının araştırılmasında, eksik veri içermeyen 277 adet veri seti kullanılmıştır. Analizde bağımlı değişken m_v, bağımsız değişkenler ise normallik testleri sonucunda $1/\sqrt{e_0}$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{w_P}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, γ_0^2, γ_0^3 olarak belirlenmiştir. Bağımlı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve derecesini belirten Pearson korelasyon katsayıları Tablo 5.9' da görülmektedir. 0.00 – 0.25 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile

$1/\sqrt{e_0}$, 1/ln w_P ve γ_0^2 arasındaki ilişki ters; ln w_L ve $|\sqrt[3]{I_L}|$ arasındaki ilişki ise aynı yönlüdür. İlişkinin en kuvvetli olduğu değişken ise $|\sqrt[3]{I_L}|$ olarak görülmektedir. Tabloda yer alan anlamlılık düzeyi (Sig.) ise ilişki katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirtmektedir. Bu değer 0.05' ten küçük olduğunda bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Tablo 5.5' e göre ln w_L, 1/ln w_P değişkenleri ile 0.00 – 0.25 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir Ancak bahsedilen değişkenler modelden bu aşamada çıkarılmayacaktır. Analizde kullanılan eksik veri içermeyen değişken sayısı ise N değeri olarak görülmektedir.

Tablo 5. 9: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (0.00 – 0.25 kg/cm^2)

		m_{v1}	$1/\sqrt{e_0}$	ln w_L	1/ln w_P	$\|\sqrt[3]{I_L}\|$	γ_0^2
Pearson Correlation	m_{v1}	1.000	-.401	.080	-.033	.515	-.402
	$1/\sqrt{e_0}$	-.401	1.000	-.783	.733	-.305	.927
	ln w_L	.080	-.783	1.000	-.850	-.085	-.721
	1/ln w_P	-.033	.733	-.850	1.000	.079	.728
	$\|\sqrt[3]{I_L}\|$	.515	-.305	-.085	.079	1.000	-.278
	γ_0^2	-.402	.927	-.721	.728	-.278	1.000
Sig. (1-tailed)	m_{v1}	.	.000	.093	.293	.000	.000
	$1/\sqrt{e_0}$	.000	.	.000	.000	.000	.000
	ln w_L	.093	.000	.	.000	.080	.000
	1/ln w_P	.293	.000	.000	.	.095	.000
	$\|\sqrt[3]{I_L}\|$	.000	.000	.080	.095	.	.000
	γ_0^2	.000	.000	.000	.000	.000	.
N	m_{v1}	277	277	277	277	277	277
	$1/\sqrt{e_0}$	277	277	277	277	277	277
	ln w_L	277	277	277	277	277	277
	1/ln w_P	277	277	277	277	277	277
	$\|\sqrt[3]{I_L}\|$	277	277	277	277	277	277
	γ_0^2	277	277	277	277	277	277

0.00 – 0.25 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ve bağımsız değişkenler arasında kurulan 1. regresyon modeline ait özet bilgiler Tablo 5.10' da görülmektedir. Modelde düzeltilmiş R^2 değeri 0.387 olmakta; yani 0.00 – 0.25 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı değişiminin % 38.7' lik kısmı modele dahil edilen değişkenler yardımıyla açıklanmıştır. Geri kalan % 61.3' lük kısım ise modele dahil edilmeyen parametrelere bağlıdır. Modelde otokorelasyon olup olmadığının tespiti ise Durbin – Watson testi ile belirlenmiştir. Modelde Durbin – Watson katsayısının 1.433 değer almış olması, az da olsa otokorelasyon olduğunu belirtmektedir. Durbin – Watson oranı, kabul edilebilir aralıktan çok uzak olmadığı için otokorelasyon olmadığı düşünülecektir.

Tablo 5. 10: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (0.00 – 0.25 kg/cm^2)

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standart Hata	İstatistik Değişimi			Durbin-Watson
					R^2 Değişimi	F Değişimi	Sig. F Değişimi	
1	0.631	0.398	0.387	0.048	0.398	35.895	0.00	
2	0.629	0.395	0.387	0.048	-0.003	1.331	0.250	1.433
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$							
b	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$							

Modelin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığının kontrolü F testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.11' de ilişkiye ait iki model denklemi kurulduğu görülmektedir. İlk modelde yer alan ln w_L parametresi anlamsız bulunarak denklemden çıkartılmıştır. Düzeltilmiş denkleme ait F testi sonucu Tablo 5.7' de görülmektedir. F testine ait belirlilik düzeyi 0.05' den küçük olduğu için modelin bütün olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5. 11: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait F istatistiği (0.00 – 0.25 kg/cm^2)

Model		F İstatistiği	Sig.
1	Regresyon	35.895	0.000
2	Regresyon	44.481	0.000
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$		
b	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$		

1. regresyon modeline ait katsayılar ve model sonuçları Tablo 5.12' de yer almaktadır. β değeri parametrenin modeldeki katsayısını belirtmektedir. Modeldeki bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı anlamlılığının test edilmesi t testi ile belirlenmiştir.

Tablo 5. 12: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (0.00 – 0.25 kg/cm^2)

Model		Katsayılar		t	Sig.	β için 95% Güven Aralığı	
		β	Std. Hata			Alt Sınır	Üst Sınır
1	(Sabit)	0.083	0.142	0.582	0.561	-0.197	0.362
	$1/\sqrt{e_0}$	-0.119	0.052	-2.315	0.021	-0.221	-0.018
	ln w_L	-0.023	0.020	-1.154	0.250	-0.062	0.016
	1/ln w_P	0.818	0.228	3.594	0.000	0.370	1.267
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	0.079	0.017	4.577	0.000	0.045	0.113
	γ_0^2	-0.034	0.013	-2.596	0.010	-0.060	-0.008
2	(Sabit)	-0.076	0.036	-2.111	0.036	-0.146	-0.005
	$1/\sqrt{e_0}$	-0.091	0.045	-2.006	0.046	-0.180	-0.002
	1/ln w_P	0.964	0.190	5.081	0.000	0.590	1.337
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	0.086	0.016	5.320	0.000	0.054	0.117
	γ_0^2	-0.037	0.013	-2.842	0.005	-0.063	-0.011

Tablo 5.12 verilerine göre t testi sonucunda ln w_L bağımsız değişkeni model için anlamsız bulunmuş ve modelden çıkarılarak analiz tekrarlanmıştır. 2 numaralı modelde tüm bağımsız değişkenler model için anlamlı bulunduğu görülmektedir.

0.00 – 0.25 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında kurulan 1. regresyon modeli denklemi denklem (5.7)' de ifade edilmiştir. Denklemin belirlilik katsayısı 0.387' dir.

$$m_{v(0.00\ -\ 0.25)} = -0.076 - 0.091\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.964\frac{1}{\ln w_P} + 0.086\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.037\gamma_0^{\,2} \qquad \textbf{(5.7)}$$

Denklemde dikkat edilmesi gereken husus w_P değerinin yüzde (%) cinsinden ifade edilmiş olmasıdır. 0.00 – 0.25 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı için kurulan 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model özetleri ve katsayıları Ek G' de görülmektedir. 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model denklemleri sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

$$m_{v(0.00\ -\ 0.25)} = 0.039 - 0.091\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.093\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.085\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.037\gamma_0^{\,2} \qquad \textbf{(5.8)}$$

Denklem (5.8)' in belirlilik katsayısı 0.388' dir.

$$m_{v(0.00\ -\ 0.25)} = 0.003 - 0.101\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.091\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.087\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.012\gamma_0^{\,3} \qquad \textbf{(5.9)}$$

Denklem (5.9)' un belirlilik katsayısı 0.383' dür.

$$m_{v(0.00\ -\ 0.25)} = -0.110 - 0.101\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.944\frac{1}{\ln w_P} + 0.087\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.012\gamma_0^{\,3} \qquad \textbf{(5.10)}$$

Denklem (5.10)' un belirlilik katsayısı 0.383' dür.

5.2.4.1 0.25 – 0.50 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

0.25 – 0.50 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığının araştırılmasında, eksik veri içermeyen 266 adet veri seti kullanılmıştır. Analizde bağımlı değişken m_v, bağımsız değişkenler ise normallik testleri sonucunda $1/\sqrt{e_0}$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{w_P}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, $\gamma_0^{\,2}$, $\gamma_0^{\,3}$ olarak belirlenmiştir. Bağımlı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin

yönünü ve derecesini belirten Pearson korelasyon katsayıları Tablo 5.13' te görülmektedir. 0.25 – 0.50 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile $1/\sqrt{e_0}$, 1/ln w_P ve $\gamma_0{}^2$ arasındaki ilişki ters; ln w_L ve $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ arasındaki ilişki ise aynı yönlüdür. İlişkinin en güçlü olduğu bağımsız değişken ise $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ olarak görülmektedir.

Tablo 5. 13: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (0.25 – 0.50 kg/cm^2)

		m_{v2}	$1/\sqrt{e_0}$	ln w_L	1/ln w_P	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	$\gamma_0{}^2$
Pearson Correlation	m_{v2}	1.000	-,.539	.260	-.167	.574	-.534
	$1/\sqrt{e_0}$	-.539	1.000	-.780	.736	-.327	.925
	ln w_L	.260	-.780	1.000	-.847	-.062	-.720
	1/ln w_P	-.167	.736	-.847	1.000	.050	.729
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.574	-.327	-.062	.050	1.000	-.290
	$\gamma_0{}^2$	-.534	.925	-.720	.729	-.290	1.000
Sig. (1-tailed)	m_{v2}	.	.000	.000	.003	.000	.000
	$1/\sqrt{e_0}$	.000	.	.000	.000	.000	.000
	ln w_L	.000	.000	.	.000	.158	.000
	1/ln w_P	.003	.000	.000	.	.208	.000
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.000	.000	.158	.208	.	.000
	$\gamma_0{}^2$	.000	.000	.000	.000	.000	.
N	m_{v2}	266	266	266	266	266	266
	$1/\sqrt{e_0}$	266	266	266	266	266	266
	ln w_L	266	266	266	266	266	266
	1/ln w_P	266	266	266	266	266	266
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	266	266	266	266	266	266
	$\gamma_0{}^2$	266	266	266	266	266	266

Tablo 5.13' te yer alan anlamlılık düzeyi (Sig.) ilişki katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirtmektedir. Bu değer 0.05' ten küçük bulunduğunda bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Tablo 5.13' e göre 0.25 – 0.50 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile tüm bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Analizde kullanılan eksik veri içermeyen değişken sayısı ise N değeri olarak görülmektedir.

0.25 – 0.50 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ve bağımsız değişkenler arasında kurulan 1. regresyon modeline ait özet bilgiler Tablo 5.14' te görülmektedir. Modelde düzeltilmiş R^2 değeri 0.512 olmakta; yani 0.25 – 0.50 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı değişiminin % 51.2' lik kısmı modele dahil edilen değişkenler yardımıyla açıklanmıştır. Geri kalan % 48.8' lik kısım ise modele dahil edilmeyen parametrelere bağlıdır. Modelde otokorelasyon olup olmadığının tespiti ise Durbin – Watson testi ile belirlenmiştir. Durbin – Watson test istatistiğinin 1.5 ile 2.5 arasındaki değerleri modelde otokorelasyon olmadığını

belirtmektedir. Ancak modelde Durbin – Watson katsayısının 1.490 değer almış olması, az da olsa otokorelasyon olduğunu belirtmektedir. Durbin – Watson oranı, kabul edilebilir aralıktan çok uzak olmadığı için otokorelasyon olmadığı düşünülecektir.

Tablo 5. 14: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (0.25 – 0.50 kg/cm^2)

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standart Hata	İstatistik Değişimi			Durbin-Watson
					R^2 Değişimi	F Değişimi	Sig. F Değişimi	
1	0.723	0.523	0.513	0.031	0.523	56.917	0.00	
2	0.721	0.519	0.512	0.031	-0.003	1.764	0.185	1.490
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$							
b	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln w_L, 1/ln w_P							

Modelin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığının kontrolü F testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.15' te ilişkiye ait iki model denklemi kurulduğu görülmektedir. İlk modelde yer alan $1/\sqrt{e_0}$ parametresi anlamsız bulunarak denklemden çıkartılmıştır. Düzeltilmiş denkleme ait F testi sonucu Tablo 5.15' te görülmektedir. F testine ait belirlilik düzeyi 0.05' den küçük olduğu için kurulan 2. modelin bütün olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5. 15: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait F testi (0.25 – 0.50 kg/cm^2)

Model		F istatistiği	Sig.
1	Regresyon	56.917	0.000
2	Regresyon	70.499	0.000
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$		
b	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln w_L, 1/ln w_P		

1. regresyon modeline ait katsayılar ve model sonuçları Tablo 5.16' da yer almaktadır. Tablo 5.16' da görülmekte olan β değeri parametrenin modeldeki katsayısını belirtmektedir. β katsayısının %95 güven aralığı için alt ve üst sınırları görülmektedir. Modelde yer alan bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı anlamlılığının test edilmesi t testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.16 verilerine göre 2 adet model denklemi kurulmuş; t testi sonucunda ilk denklemde $1/\sqrt{e_0}$ bağımsız değişkeni model için anlamsız bulunmuş ve değişken modelden çıkarılarak analiz tekrarlanmıştır. Kurulan 2 numaralı model denkleminde ise tüm bağımsız değişkenler model için anlamlı bulunmuştur.

Tablo 5. 16: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (0.25 – 0.50 kg/cm^2)

Model		Katsayılar		t	Sig.	β için 95% Güven Aralığı	
		B	Std. Hata			Alt Sınır	Üst Sınır
1	(Sabit)	-0.176	0.092	-1.905	0.058	-0.357	0.006
	$1/\sqrt{e_0}$	-0.044	0.033	-1.328	0.185	-0.108	0.021
	ln w_L	0.025	0.013	1.986	0.048	0.000	0.051
	1/ln w_P	0.720	0.150	4.808	0.000	0.425	1.014
	$\left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert$	0.079	0.011	7.044	0.000	0.057	0.101
	γ_0^2	-0.030	0.008	-3.623	0.000	-0.047	-0.014
2	(Sabit)	-0.227	0.084	-2.705	0.007	-0.392	-0.062
	ln w_L	0.033	0.011	2.931	0.004	0.011	0.056
	1/ln w_P	0.721	0.150	4.813	0.000	0.426	1.016
	$\left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert$	0.085	0.010	8.248	0.000	0.065	0.105
	γ_0^2	-0.039	0.005	-7.081	0.000	-0.050	-0.028

0.25 – 0.50 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında kurulan 1. regresyon modeli denklemi denklem (5.11)' de ifade edilmiştir. Denklemin belirlilik katsayısı 0.512' dir.

$$m_{v(0.25\ -\ 0.50)} = -0.227 + 0.033 \ln w_L + 0.721 \frac{1}{\ln w_P} + 0.085 \left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert - 0.039 \gamma_0^2 \qquad \textbf{(5.11)}$$

Denklemde dikkat edilmesi gereken husus w_L ve w_P değerinin yüzde (%) cinsinden ifade edilmiş olmasıdır. 0.25 – 0.50 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı için kurulan 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model özetleri ve katsayıları Ek G' de görülmektedir. 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model denklemi sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

$$m_{v(0.25\ -\ 0.50)} = -0.143 + 0.034 \ln w_L + 0.070 \frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.085 \left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert - 0.039 \gamma_0^2 \qquad \textbf{(5.12)}$$

Denklem (5.12)' nin belirlilik katsayısı 0.513' dür.

$$m_{v(0.25\ -\ 0.50)} = -0.197 + 0.036 \ln w_L + 0.069 \frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.087 \left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert - 0.014 \gamma_0^3 \qquad \textbf{(5.13)}$$

Denklem (5.13)' ün belirlilik katsayısı 0.506' dır.

$$m_{v(0.25\ -\ 0.50)} = -0.280 + 0.036 \ln w_L + 0.711 \frac{1}{\ln w_P} + 0.087 \left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert - 0.013 \gamma_0^3 \qquad \textbf{(5.14)}$$

Denklem (5.14)' ün belirlilik katsayısı 0.505' dir.

5.2.4.2 0.50 – 1.00 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

0.50 – 1.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığının araştırılmasında, eksik veri içermeyen 249 adet veri seti kullanılmıştır. Analizde bağımlı değişken m_v, bağımsız değişkenler ise normallik testleri sonucunda $1/\sqrt{e_0}$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{w_P}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, γ_0^2, γ_0^3 olarak belirlenmiştir. Bağımlı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve derecesini belirten Pearson korelasyon katsayıları Tablo 5.17' de görülmektedir. 0.50 – 1.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile $1/\sqrt{e_0}$, 1/ln w_P ve γ_0^2 arasındaki ilişki ters; ln w_L ve $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ arasındaki ilişki ise aynı yönlüdür. 0.50 – 1.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile en güçlü ilişkisi olan parametrenin $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ olduğu görülmektedir. Tabloda yer alan anlamlılık düzeyi (Sig.) ise ilişki katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirtmektedir. Bu değer 0.05' ten küçük olduğunda bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Tablo 5.17' ye göre 0.50 – 1.00 kg/cm^2 basınç kademesine ait hacimsel sıkışma katsayısı ile tüm indeks özellikleri arasında anlamlı ilişki olduğu görülmektedir. Analizde kullanılan eksik veri içermeyen değişken sayısı ise N değeri olarak görülmektedir.

Tablo 5. 17: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (0.50 – 1.00 kg/cm^2)

		m_{v3}	$1/\sqrt{e_0}$	ln w_L	1/ln w_P	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	γ_0^2
Pearson Correlation	m_{v3}	1.000	-.561	.267	-.134	.582	-.537
	$1/\sqrt{e_0}$	-.561	1.000	-.779	.729	-.329	.918
	ln w_L	.267	-.779	1.000	-.839	-.057	-.715
	1/ln w_P	-.134	.729	-.839	1.000	.048	.724
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.582	-.329	-.057	.048	1.000	-.286
	γ_0^2	-.537	.918	-.715	.724	-.286	1.000
Sig. (1-tailed)	m_{v3}	.	.000	.000	.017	.000	.000
	$1/\sqrt{e_0}$	.000	.	.000	.000	.000	.000
	ln w_L	.000	.000	.	.000	.187	.000
	1/ln w_P	.017	.000	.000	.	.225	.000
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.000	.000	.187	.225	.	.000
	γ_0^2	.000	.000	.000	.000	.000	.
N	m_{v3}	249	249	249	249	249	249
	$1/\sqrt{e_0}$	249	249	249	249	249	249
	ln w_L	249	249	249	249	249	249
	1/ln w_P	249	249	249	249	249	249
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	249	249	249	249	249	249
	γ_0^2	249	249	249	249	249	249

0.50 – 1.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ve bağımsız değişkenler arasında kurulan 1. regresyon modeline ait özet bilgiler Tablo 5.18' de

görülmektedir. Modelde düzeltilmiş R^2 değeri 0.567 olmakta; yani 0.50 – 1.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı değişiminin % 56.7' lik kısmı modele dahil edilen değişkenler yardımıyla açıklanmıştır. Geri kalan % 43.3' lük kısım ise modele dahil edilmeyen parametrelere bağlıdır. Modelde otokorelasyon olup olmadığının tespiti ise Durbin – Watson testi ile belirlenmiştir. Modelde Durbin – Watson katsayısının 1.508 değer almış olması, modelde otokorelasyon olmadığını göstermektedir.

Modelin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığının kontrolü F testi ile belirlenmiştir. F testine ait belirlilik düzeyi 0.05' den küçük olduğu için modelin bütün olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5. 18: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (0.50 – 1.00 kg/cm^2)

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standart Hata	İstatistik Değişimi			Durbin-Watson
					R^2 Değişimi	F Değişimi	Sig. F Değişimi	
1	0.759	0.576	0.567	0.021	0.576	65.905	0.00	1.508
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$							

1. regresyon modeline ait katsayılar ve model sonuçları Tablo 5.19' da yer almaktadır. β değeri parametrenin modeldeki katsayısını belirtmektedir. Modelde yer alan bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı anlamlılığının test edilmesi t testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.19 verilerine göre t testi sonucunda tüm bağımsız değişkenlerin model için anlamlı bulunduğu görülmektedir.

Tablo 5. 19: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (0.50 – 1.00 kg/cm^2)

	Katsayılar		t	Sig.	β için 95% Güven Aralığı	
	β	Std. Hata			Alt Sınır	Üst Sınır
(Sabit)	-0.157	0.062	-2.519	0.012	-0.280	-0.034
$1/\sqrt{e_0}$	-0.056	0.022	-2.498	0.013	-0.100	-0.012
ln w_L	0.021	0.009	2.458	0.015	0.004	0.038
1/ln w_P	0.660	0.101	6.558	0.000	0.462	0.859
$\left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert$	0.053	0.008	6.765	0.000	0.038	0.069
γ_0^2	-0.019	0.006	-3.377	0.001	-0.030	-0.008

0.50 – 1.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında kurulan 1. regresyon modeli denklemi denklem (5.15)' te ifade edilmiştir. Denklemin belirlilik katsayısı 0.567' dir.

$$m_{v(0.50\ -\ 1.00)} = -0.157 - 0.056\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.021 \ln w_L + 0.660\frac{1}{\ln w_P} + 0.053\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.019\gamma_0^{\ 2} \quad \textbf{(5.15)}$$

Denklemde dikkat edilmesi gereken husus w_L ve w_P değerinin yüzde (%) cinsinden ifade edilmiş olmasıdır. 0.50 – 1.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı için kurulan 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model özetleri ve katsayıları Ek G' de görülmektedir. 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model denklemi sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

$$m_{v(0.50\ -\ 1.00)} = -0.080 - 0.056\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.022 \ln w_L + 0.064\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.053\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.019\gamma_0^{\ 2} \quad \textbf{(5.16)}$$

Denklem (5.16)' nın belirlilik katsayısı 0.568' dir.

$$m_{v(0.50\ -\ 1.00)} = -0.100 - 0.060\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.022 \ln w_L + 0.063\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.054\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.006\gamma_0^{\ 3} \quad \textbf{(5.17)}$$

Denklem (5.17)' nin belirlilik katsayısı 0.563' tür.

$$m_{v(0.50\ -\ 1.00)} = -0.177 - 0.060\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.022 \ln w_L + 0.653\frac{1}{\ln w_P} + 0.054\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.006\gamma_0^{\ 3} \quad \textbf{(5.18)}$$

Denklem (5.18)' in belirlilik katsayısı 0.563' tür.

5.2.4.3 1.00 – 2.00 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

1.00 – 2.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığının araştırılmasında, eksik veri içermeyen 258 adet veri seti kullanılmıştır. Analizde bağımlı değişken m_v, bağımsız değişkenler ise normallik testleri sonucunda $1/\sqrt{e_0}$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{w_P}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, $\gamma_0^{\ 2}$, $\gamma_0^{\ 3}$ olarak belirlenmiştir. Bağımlı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve derecesini belirten Pearson korelasyon katsayıları Tablo 5.20' de görülmektedir. 1.00 – 2.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile $1/\sqrt{e_0}$, 1/ln w_P ve $\gamma_0^{\ 2}$ arasındaki ilişki ters; ln w_L ve $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ arasındaki ilişki ise aynı yönlüdür. İlişkinin en yüksek olduğu bağımsız değişken ise $1/\sqrt{e_0}$ olarak görülmektedir. Tabloda yer alan anlamlılık düzeyi (Sig.) ise ilişki katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirtmektedir. Bu değer 0.05' ten küçük

olduğu için bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu söylenebilir.

Tablo 5. 20: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (1.00 – 2.00 kg/cm^2)

		m_{v4}	$1/\sqrt{e_0}$	ln w_L	1/ln w_P	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	γ_0^2
Pearson Correlation	m_{v4}	1.000	-.632	.381	-.234	.513	-.614
	$1/\sqrt{e_0}$	-.632	1.000	-.779	.735	-.337	.922
	ln w_L	.381	-.779	1.000	-.844	-.053	-.716
	1/ln w_P	-.234	.735	-.844	1.000	.031	.728
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.513	-.337	-.053	.031	1.000	-.302
	γ_0^2	-.614	.922	-.716	.728	-.302	1.000
Sig. (1-tailed)	m_{v4}	.	.000	.000	.000	.000	.000
	$1/\sqrt{e_0}$	.000	.	.000	.000	.000	.000
	ln w_L	.000	.000	.	.000	.199	.000
	1/ln w_P	.000	.000	.000	.	.310	.000
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.000	.000	.199	.310	.	.000
	γ_0^2	.000	.000	.000	.000	.000	.
N	m_{v4}	258	258	258	258	258	258
	$1/\sqrt{e_0}$	258	258	258	258	258	258
	ln w_L	258	258	258	258	258	258
	1/ln w_P	258	258	258	258	258	258
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	258	258	258	258	258	258
	γ_0^2	258	258	258	258	258	258

1.00 – 2.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ve bağımsız değişkenler arasında kurulan 1. regresyon modeline ait özet bilgiler Tablo 5.21' de görülmektedir. Modelde düzeltilmiş R^2 değeri 0.585 olmakta; yani 1.00 – 2.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı değişiminin % 58.5' lik kısmı modele dahil edilen değişkenler yardımıyla açıklanmıştır. Geri kalan % 41.5' lik kısım ise modele dahil edilmeyen parametrelere bağlıdır. Modelde otokorelasyon olup olmadığının tespiti ise Durbin – Watson testi ile belirlenmiştir. Modelde Durbin – Watson katsayısının 1.326 değer almış olması, az da olsa otokorelasyon olduğunu belirtmektedir. Durbin – Watson oranı, kabul edilebilir aralıktan çok uzak olmadığı için otokorelasyon olmadığı düşünülecektir.

Tablo 5. 21: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (1.00 – 2.00 kg/cm^2)

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standart Hata	İstatistik Değişimi			Durbin-Watson
					R^2 Değişimi	F Değişimi	Sig. F Değişimi	
1	0.770	0.593	0.585	0.012	0.593	73.375	0.00	1.326
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$							

Modelin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığının kontrolü F testi ile belirlenmiştir. F testine ait belirlilik düzeyi 0.05' den küçük olduğu için modelin bütün olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

1. regresyon modeline ait katsayılar ve model sonuçları Tablo 5.22' de yer almaktadır. β değeri parametrenin modeldeki katsayısını belirtmektedir. Modelde yer alan bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı anlamlılığının test edilmesi için yapılan t testi sonuçlarına göre tüm bağımsız değişkenler model için anlamlı bulunmuştur.

Tablo 5. 22: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (1.00 – 2.00 kg/cm^2)

	Katsayılar		t	Sig.	β için 95% Güven Aralığı	
	β	Std. Hata			Alt Sınır	Üst Sınır
(Sabit)	-0.117	0.037	-3.197	0.002	-0.190	-0.045
$1/\sqrt{e_0}$	-0.031	0.013	-2.422	0.016	-0.057	-0.006
ln w_L	0.019	0.005	3.811	0.000	0.009	0.030
1/ln w_P	0.424	0.059	7.206	0.000	0.308	0.539
$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	0.025	0.005	5.543	0.000	0.016	0.034
γ_0^2	-0.013	0.003	-3.932	0.000	-0.019	-0.006

1.00 – 2.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında kurulan 1. regresyon modeli denklemi denklem (5.19)' da ifade edilmiştir. Denklemin belirlilik katsayısı 0.585' dir.

$$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = -0.117 - 0.031\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.019 \ln w_L + 0.424\frac{1}{\ln w_P} + 0.025\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.013\gamma_0^2 \qquad \textbf{(5.19)}$$

Denklemde dikkat edilmesi gereken husus w_L ve w_P değerinin yüzde (%) cinsinden ifade edilmiş olmasıdır. 1.00 – 2.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı için kurulan 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model özetleri ve katsayıları Ek G' de görülmektedir. 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model denklemi sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

$$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = -0.068 - 0.031\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.020 \ln w_L + 0.041\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.025\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.013\gamma_0^2 \qquad \textbf{(5.20)}$$

Denklem (5.20)' nin belirlilik katsayısı 0.586' dır.

$$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = -0.082 - 0.034\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.02 \ln w_L + 0.040\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.026\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.004\gamma_0^3 \qquad \textbf{(5.21)}$$

Denklem (5.21)' in belirlilik katsayısı 0.581' dir.

$$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = -0.131 - 0.034\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.020 \ln w_L + 0.418\frac{1}{\ln w_P} + 0.026\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.004\gamma_0^3 \quad \textbf{(5.22)}$$

Denklem (5.22)' nin belirlilik katsayısı 0.579' dur.

5.2.4.4 2.00 – 4.00 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

2.00 – 4.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığının araştırılmasında, eksik veri içermeyen 250 adet veri seti kullanılmıştır. Analiz parametreleri normallik testleri sonucunda $1/\sqrt{e_0}$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{w_P}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, γ_0^2, γ_0^3 olarak belirlenmiştir. Bağımlı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve derecesini belirten Pearson korelasyon katsayıları Tablo 5.23' te görülmektedir. 2.00 – 4.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile $1/\sqrt{e_0}$, 1/ln w_P ve γ_0^2 arasındaki ilişki ters; ln w_L ve $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ arasındaki ilişki ise aynı yönlüdür. İlişkinin en güçlü olduğı bağımsız değişken $1/\sqrt{e_0}$ olarak görülmektedir. Tabloda yer alan anlamlılık düzeyi (Sig.) ise ilişki katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirtmektedir. Bu değer 0.05' ten küçük olduğu için bağımlı değişken ile tüm bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Analizde kullanılan eksik veri içermeyen değişken sayısı ise N değeri olarak görülmektedir.

Tablo 5. 23: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (2.00 – 4.00 kg/cm^2)

		m_{v5}	$1/\sqrt{e_0}$	ln w_L	1/ln w_P	$\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\|$	γ_0^2
Pearson Correlation	m_{v5}	1.000	-.671	.447	-.277	.458	-.633
	$1/\sqrt{e_0}$	-.671	1,000	-,782	.738	-.338	.921
	ln w_L	.447	-.782	1.000	-.845	-.047	-.723
	1/ln w_P	-.277	.738	-.845	1.000	.023	.733
	$\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\|$	.458	-.338	-.047	.023	1.000	-.296
	γ_0^2	-.633	.921	-.723	.733	-.296	1.000
Sig. (1-tailed)	m_{v5}	.	.000	.000	.000	.000	.000
	$1/\sqrt{e_0}$	.000	.	.000	.000	.000	.000
	ln w_L	.000	.000	.	.000	.229	.000
	1/ln w_P	.000	.000	.000	.	.357	.000
	$\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\|$	.000	.000	.229	.357	.	.000
	γ_0^2	.000	.000	.000	.000	.000	.
N	m_{v5}	250	250	250	250	250	250
	$1/\sqrt{e_0}$	250	250	250	250	250	250
	ln w_L	250	250	250	250	250	250
	1/ln w_P	250	250	250	250	250	250
	$\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\|$	250	250	250	250	250	250
	γ_0^2	250	250	250	250	250	250

2.00 – 4.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ve bağımsız değişkenler arasında kurulan 1. regresyon modeline ait özet bilgiler Tablo 5.24' te görülmektedir. Modelde düzeltilmiş R^2 değeri 0.602 olmakta; yani 2.00 – 4.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı değişiminin % 60.2' lik kısmı modele dahil edilen değişkenler yardımıyla açıklanmıştır. Geri kalan % 39.8' lik kısım ise modele dahil edilmeyen parametrelere bağlıdır. Modelde otokorelasyon olup olmadığının tespiti ise Durbin – Watson testi ile belirlenmiştir. Modelde Durbin – Watson katsayısının 1.521 değer almış olması, otokorelasyon olmadığını belirtmektedir. Modelin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığının kontrolü F testi ile belirlenmiştir.. F testine ait belirlilik düzeyi 0.05' den küçük olduğu için modelin bütün olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5. 24: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (2.00 – 4.00 kg/cm^2)

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standart Hata	İstatistik Değişimi			Durbin-Watson
					R^2 Değişimi	F Değişimi	Sig. F Değişimi	
1	0.781	0.610	0.602	0.007	0.610	76.438	0.00	1.521
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$							

1. regresyon modeline ait katsayılar ve model sonuçları Tablo 5.25' te yer almaktadır. β değeri parametrenin modeldeki katsayısını belirtmektedir. Modelde yer alan bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı anlamlılığının test edilmesi t testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.25 verilerine göre t testi sonucunda tüm bağımsız değişkenler model için anlamlı bulunmuştur.

Tablo 5. 25: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (2.00 – 4.00 kg/cm^2)

	Katsayılar		t	Sig.	β için 95% Güven Aralığı	
	β	Std. Hata			Alt Sınır	Üst Sınır
(Sabit)	-0.070	0.021	-3.390	0.001	-0.110	-0.029
$1/\sqrt{e_0}$	-0.025	0.007	-3.524	0.001	-0.040	-0.011
ln w_L	0.013	0.003	4.398	0.000	0.007	0.018
1/ln w_P	0.256	0.033	7.777	0.000	0.191	0.321
$\left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert$	0.011	0.003	4.261	0.000	0.006	0.016
γ_0^2	-0.006	0.002	-3.113	0.002	-0.009	-0.002

2.00 – 4.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında kurulan 1. regresyon modeli denklemi denklem (5.23)' te ifade edilmiştir. Denklemin belirlilik katsayısı 0.602' dir.

$$m_{v(2.00\ -\ 4.00)} = -0.070 - 0.025\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.013 \ln w_L + 0.256\frac{1}{\ln w_P} + 0.011\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.006\gamma_0{}^2 \quad \textbf{(5.23)}$$

Denklemde dikkat edilmesi gereken husus w_L ve w_P değerinin yüzde (%) cinsinden ifade edilmiş olmasıdır. 2.00 – 4.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı için kurulan 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model özetleri ve katsayıları Ek G' de görülmektedir. 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model denklemi sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

$$m_{v(2.00\ -\ 4.00)} = -0.040 - 0.025\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.013 \ln w_L + 0.025\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.011\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.006\gamma_0{}^2 \quad \textbf{(5.24)}$$

Denklem (5.24)' ün belirlilik katsayısı 0.604' tür.

$$m_{v(2.00\ -\ 4.00)} = -0.047 - 0.026\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.013 \ln w_L + 0.025\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.011\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.002\gamma_0{}^3 \quad \textbf{(5.25)}$$

Denklem (5.25)' in belirlilik katsayısı 0.602' dir.

$$m_{v(2.00\ -\ 4.00)} = -0.077 - 0.026\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.013 \ln w_L + 0.255\frac{1}{\ln w_P} + 0.011\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.002\gamma_0{}^3 \quad \textbf{(5.26)}$$

Denklem (5.26)' nın belirlilik katsayısı 0.600' dür.

5.2.4.5 4.00 – 6.00 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

4.00 – 6.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığının araştırılmasında, eksik veri içermeyen 63 adet veri seti kullanılmıştır. Analizde bağımlı değişken 4.00 – 6.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı (m_v), bağımsız değişkenler ise normallik testleri sonucunda $1/\sqrt{e_0}$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{w_P}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, $\gamma_0{}^2$, $\gamma_0{}^3$ olarak belirlenmiştir. Bağımlı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve derecesini belirten Pearson korelasyon katsayıları Tablo 5.26' da görülmektedir. 4.00 – 6.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile $1/\sqrt{e_0}$, 1/ln w_P ve $\gamma_0{}^2$ arasındaki ilişki ters; ln w_L ve $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ arasındaki ilişki ise aynı yönlüdür. İlişkinin en güçlü olduğu bağımsız değişkenin ise $\gamma_0{}^2$ olduğu görülmektedir. Tabloda yer alan anlamlılık düzeyi (Sig.) ise ilişki katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirtmektedir. Bu değer 0.05' ten küçük olduğu için bağımlı değişken ile

tüm bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Analizde kullanılan eksik veri içermeyen veri sayısı ise N değeri olarak görülmektedir. N değeri tüm bağımsız değişkenler için eksik veri içermeyen ortak grubun sayısı olan 63 olarak belirlenmiştir.

Tablo 5. 26: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (4.00 – 6.00 kg/cm^2)

		m_{v6}	$1/\sqrt{e_0}$	ln w_L	1/ln w_P	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	γ_0^2
Pearson Correlation	m_{v6}	1.000	-.806	.711	-.559	.542	-.809
	$1/\sqrt{e_0}$	-.806	1.000	-.870	.800	-.497	.914
	ln w_L	.711	-.870	1.000	-.867	.253	-.858
	1/ln w_P	-.559	.,800	-.867	1.000	-.254	.842
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.542	-.497	.253	-.254	1.000	-.426
	γ_0^2	-.809	.914	-.858	.842	-.426	1.000
Sig. (1-tailed)	m_{v6}	.	.000	.000	.000	.000	.000
	$1/\sqrt{e_0}$	.000	.	.000	.000	.000	.000
	ln w_L	.000	.000	.	.000	.023	.000
	1/ln w_P	.000	.000	.000	.	.022	.000
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.000	.000	.023	.022	.	.000
	γ_0^2	.000	.000	.000	.000	.000	.
N	m_{v6}	63	63	63	63	63	63
	$1/\sqrt{e_0}$	63	63	63	63	63	63
	ln w_L	63	63	63	63	63	63
	1/ln w_P	63	63	63	63	63	63
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	63	63	63	63	63	63
	γ_0^2	63	63	63	63	63	63

4.00 – 6.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ve bağımsız değişkenler arasında kurulan 1. regresyon modeline ait özet bilgiler Tablo 5.27' de görülmektedir. Modelde düzeltilmiş R^2 değeri 0.763 olmakta; yani 4.00 – 6.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı değişiminin % 76.3' lik kısmı modele dahil edilen değişkenler yardımıyla açıklanmıştır. Geri kalan % 23.7' lik kısım ise modele dahil edilmeyen parametrelere bağlıdır. Modelde otokorelasyon olup olmadığının tespiti ise Durbin – Watson testi ile belirlenmiştir. Modelde Durbin – Watson katsayısının 1.796 değer almış olması, otokorelasyon olmadığını belirtmektedir.

Tablo 5. 27: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (4.00 – 6.00 kg/cm^2)

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standart Hata	İstatistik Değişimi			Durbin-Watson
					R^2 Değişimi	F Değişimi	Sig. F Değişimi	
1	0.884	0.782	0.763	0.004	0.782	40.819	0.00	
2	0.882	0.779	0.763	0.004	-0.003	0.766	0.385	1.796
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, 1/ln w_P, ln w_L, $1/\sqrt{e_0}$							
b	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, 1/ln w_P, ln w_L							

Tablo 5.28' de ilişkiye ait iki model denklemi kurulduğu görülmektedir. İlk modelde yer alan $1/\sqrt{e_0}$ parametresi anlamsız bulunarak denklemden çıkartılmıştır. Düzeltilmiş denkleme ait F testi sonucu Tablo 5.28' de görülmektedir.

Tablo 5. 28: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait F testi (4.00 – 6.00 kg/cm^2)

Model		F İstatistiği	Sig.
1	Regresyon	40.819	0.000
2	Regresyon	51.038	0.000
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, 1/ln w_P, ln w_L, $1/\sqrt{e_0}$		
b	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, 1/ln w_P, ln w_L		

1. regresyon modeline ait katsayılar ve model sonuçları Tablo 5.29' da yer almaktadır. β değeri parametrenin modeldeki katsayısını belirtmektedir. Modelde yer alan bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı anlamlılığının test edilmesi t testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.7 verilerine göre t testi sonucunda $1/\sqrt{e_0}$ bağımsız değişkeni model için anlamsız bulunmuş ve modelden çıkarılarak analiz tekrarlanmıştır. 2 numaralı modelde tüm bağımsız değişkenler model için anlamlı bulunmuştur.

Tablo 5. 29: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (4.00 – 6.00 kg/cm^2)

Model		Katsayılar		t	Sig.	β için 95% Güven Aralığı	
		B	Std. Hata			Alt Sınır	Üst Sınır
1	(Sabit)	-0.036	0.023	-1.575	0.121	-0.083	0.010
	$1/\sqrt{e_0}$	-0.006	0.007	-0.875	0.385	-0.020	0.008
	ln w_L	0.008	0.003	2.504	0.015	0.002	0.015
	1/ln w_P	0.145	0.035	4.188	0.000	0.076	0.215
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	0.008	0.003	2.591	0.012	0.002	0.015
	γ_0^2	-0.008	0.002	-4.038	0.000	-0.012	-0.004
2	(Sabit)	-0.046	0.020	-2.290	0.026	-0.087	-0.006
	ln w_L	0.010	0.003	3.365	0.001	0.004	0.015
	1/ln w_P	0.147	0.035	4.253	0.000	0.078	0.216
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	0.009	0.003	3.317	0.002	0.004	0.015
	γ_0^2	-0.009	0.002	-5.411	0.000	-0.012	-0.005

4.00 – 6.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında kurulan 1. regresyon modeli denklemi denklem (5.27)' te ifade edilmiştir. Denklemin belirlilik katsayısı 0.763' dir.

$$m_{v(4.00\ -\ 6.00)} = -0.046 + 0.010 \ln w_L + 0.147 \frac{1}{\ln w_P} + 0.009 \left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.009\gamma_0^2 \qquad \textbf{(5.27)}$$

Denklemde dikkat edilmesi gereken husus w_L ve w_P değerlerinin yüzde (%) cinsinden ifade edilmiş olmasıdır. 4.00 – 6.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı için kurulan 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model özetleri ve katsayıları Ek G' de görülmektedir. 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model denklemi sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

$$m_{v(4.00\ -\ 6.00)} = -0.029 + 0.010 \ln w_L + 0.014 \frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.010 \left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.009\gamma_0^{\,2} \qquad \textbf{(5.28)}$$

Denklem (5.28)' in belirlilik katsayısı 0.764' tür.

$$m_{v(4.00\ -\ 6.00)} = -0.043 + 0.010 \ln w_L + 0.014 \frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.010 \left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.003\gamma_0^{\,3} \qquad \textbf{(5.29)}$$

Denklem (5.29)' un belirlilik katsayısı 0.749' dur.

$$m_{v(4.00\ -\ 6.00)} = -0.061 + 0.010 \ln w_L + 0.148 \frac{1}{\ln w_P} + 0.010 \left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.003\gamma_0^{\,3} \qquad \textbf{(5.30)}$$

Denklem (5.30)' un belirlilik katsayısı 0.749' dur.

5.2.4.6 6.00 – 10.00 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

6.00 – 10.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığının araştırılmasında, eksik veri içermeyen 57 adet veri seti kullanılmıştır. Analizde bağımlı değişken m_v, bağımsız değişkenler ise normallik testleri sonucunda $1/\sqrt{e_0}$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{w_P}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, $\gamma_0^{\,2}$, $\gamma_0^{\,3}$ olarak belirlenmiştir. Bağımlı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirten Pearson korelasyon katsayıları Tablo 5.30' da görülmektedir. 6.00 – 10.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile $1/\sqrt{e_0}$, 1/ln w_P ve $\gamma_0^{\,2}$ arasındaki ilişki ters; ln w_L ve $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ arasındaki ilişki ise aynı yönlüdür. İlişkinin en güçlü olduğu parametrenin $1/\sqrt{e_0}$ olduğu görülmektedir. Tabloda yer alan anlamlılık düzeyi (Sig.) ise ilişki katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirtmektedir. Bu değer 0.05' ten küçük olduğu için bağımlı değişken ile tüm bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Analizde kullanılan eksik veri içermeyen değişken sayısı ise N değeri olarak görülmektedir.

Tablo 5. 30: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (6.00 – 10.00 kg/cm^2)

		m_{v7}	$1/\sqrt{e_0}$	ln w_L	1/ln w_P	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	γ_0^2
Pearson Correlation	m_{v7}	1.000	-.802	.710	-.538	.468	-.783
	$1/\sqrt{e_0}$	-.802	1.000	-.878	.799	-.456	.913
	ln w_L	.710	-.878	1.000	-.866	.239	-.858
	1/ln w_P	-.538	.799	-.866	1.000	-.221	.842
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.468	-.456	.239	-.221	1.000	-.400
	γ_0^2	-.783	.913	-.858	.842	-.400	1.000
Sig. (1-tailed)	m_{v7}	.	.000	.000	.000	.000	.000
	$1/\sqrt{e_0}$	.000	.	.000	.000	.000	.000
	ln w_L	.000	.000	.	.000	.037	.000
	1/ln w_P	.000	.000	.000	.	.049	.000
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.000	.000	.037	.049	.	.001
	γ_0^2	.000	.000	.000	.000	.001	.
N	m_{v7}	57	57	57	57	57	57
	$1/\sqrt{e_0}$	57	57	57	57	57	57
	ln w_L	57	57	57	57	57	57
	1/ln w_P	57	57	57	57	57	57
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	57	57	57	57	57	57
	γ_0^2	57	57	57	57	57	57

6.00 – 10.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ve bağımsız değişkenler arasında kurulan 1. regresyon modeline ait özet bilgiler Tablo 5.31' de görülmektedir. Modelde düzeltilmiş R^2 değeri 0.721 olmakta; yani 6.00 – 10.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı değişiminin % 72.1' lik kısmı modele dahil edilen değişkenler yardımıyla açıklanmıştır. Geri kalan % 27.9' luk kısım ise modele dahil edilmeyen parametrelere bağlıdır. Modelde otokorelasyon olup olmadığının tespiti ise Durbin – Watson testi ile belirlenmiştir. Modelde Durbin – Watson katsayısının 2.012 değer almış olması, otokorelasyon olmadığını belirtmektedir.

Tablo 5. 31: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (6.00 – 10.00 kg/cm^2)

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standart Hata	İstatistik Değişimi			Durbin-Watson
					R^2 Değişimi	F Değişimi	Sig. F Değişimi	
1	0.865	0.749	0.724	0.002	0.749	30.390	0.00	
2	0.861	0.740	0.721	0.002	-0.008	1.667	0.203	2.012
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit). γ_0^2. $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$. 1/ln w_P. ln w_L. $1/\sqrt{e_0}$							
b	Bağımsız Değişkenler: (Sabit). γ_0^2. 1/ln w_P. ln w_L. $1/\sqrt{e_0}$							

Modelin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığının kontrolü F testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.32' de ilişkiye ait iki model denklemi kurulduğu görülmektedir. İlk modelde yer alan $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$ parametresi anlamsız bulunarak denklemden çıkartılmıştır. Düzeltilmiş denkleme ait F testi sonucu Tablo 5.32' de görülmektedir. F testine ait belirlilik

düzeyi 0.05' den küçük olduğu için modelin bütün olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5. 32: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait F testi (6.00 – 10.00 kg/cm^2)

Model		F İstatistiği	Sig.
1	Regresyon	30.390	0.000
2	Regresyon	37.096	0.000
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, 1/ln w_P, ln w_L, $1/\sqrt{e_0}$		
b	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, 1/ln w_P, ln w_L, $1/\sqrt{e_0}$		

1. regresyon modeline ait katsayılar ve model sonuçları Tablo 5.33' de yer almaktadır. β değeri parametrenin modeldeki katsayısını belirtmektedir. Modelde yer alan bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı anlamlılığının test edilmesi t testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.33 verilerine göre t testi sonucunda $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$ bağımsız değişkeni model için anlamsız bulunmuş ve modelden çıkarılarak analiz tekrarlanmıştır. 2 numaralı modelde tüm bağımsız değişkenler model için anlamlı bulunmuştur.

Tablo 5. 33: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları (6.00 – 10.00 kg/cm^2)

Model		Katsayılar		t	Sig.	β için 95% Güven Aralığı	
		B	Std. Hata			Alt Sınır	Üst Sınır
1	(Sabit)	-0.016	0.015	-1.047	0.300	-0.047	0.015
	$1/\sqrt{e_0}$	-0.008	0.005	-1.684	0.098	-0.017	0.001
	ln w_L	0.005	0.002	2.052	0.045	0.000	0.009
	1/ln w_P	0.090	0.023	3.891	0.000	0.044	0.137
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	0.003	0.002	1.291	0.203	-0.002	0.007
	γ_0^2	-0.004	0.001	-3.026	0.004	-0.007	-0.001
2	(Sabit)	-0.009	0.015	-0.615	0.541	-0.038	0.020
	$1/\sqrt{e_0}$	-0.010	0.004	-2.340	0.023	-0.019	-0.001
	ln w_L	0.004	0.002	1.741	0.088	-0.001	0.008
	1/ln w_P	0.093	0.023	4.018	0.000	0.047	0.140
	γ_0^2	-0.004	0.001	-3.162	0.003	-0.007	-0.001

6.00 – 10.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında kurulan 1. regresyon modeli denklemi denklem (5.31)' de ifade edilmiştir. Denklemin belirlilik katsayısı 0.721' dir.

$$m_{v(6.00\ -\ 10.00)} = -0.009 - 0.010\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.004\ \ln w_L + 0.093\frac{1}{\ln w_P} - 0.004\gamma_0^2 \qquad \textbf{(5.31)}$$

Denklemde dikkat edilmesi gereken husus w_L ve w_P değerinin yüzde (%) cinsinden ifade edilmiş olmasıdır. 6.00 – 10.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma

katsayısı için kurulan 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model özetleri ve katsayıları Ek G' de görülmektedir. 2., 3. ve 4. regresyon modellerine ait model denklemi sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

$$m_{v(6.00 - 10.00)} = 0.002 - 0.010\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.004\ \ln w_L + 0.009\frac{1}{\sqrt{w_P}} - 0.004\gamma_0^{\,2} \qquad \textbf{(5.32)}$$

Denklem (5.32)' nin belirlilik katsayısı 0.722' dir.

$$m_{v(6.00 - 10.00)} = -0.004 - 0.010\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.004\ \ln w_L + 0.009\frac{1}{\sqrt{w_P}} - 0.001\gamma_0^{\,3} \qquad \textbf{(5.33)}$$

Denklem (5.33)' ün belirlilik katsayısı 0.717' dir.

$$m_{v(6.00 - 10.00)} = -0.015 - 0.010\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.004\ \ln w_L + 0.096\frac{1}{\ln w_P} - 0.001\gamma_0^{\,3} \qquad \textbf{(5.34)}$$

Denklem (5.34)' ün belirlilik katsayısı 0.716' dır.

5.2.4.7 4.00 – 10.00 kg/cm^2 Basınç Kademesi Hacimsel Sıkışma Katsayısı ile İndeks Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

4.00 – 10.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığının araştırılmasında, eksik veri içermeyen 184 adet veri seti kullanılmıştır. Analizde bağımsız değişkenler normallik testleri sonucunda $1/\sqrt{e_0}$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{w_P}$, $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$, $\gamma_0^{\,2}$, $\gamma_0^{\,3}$ olarak belirlenmiştir. Bağımlı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirten Pearson korelasyon katsayıları Tablo 5.34' te görülmektedir. 4.00 – 10.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile $1/\sqrt{e_0}$, 1/ln w_P ve $\gamma_0^{\,2}$ arasındaki ilişki ters; ln w_L ve $\left|\sqrt[3]{I_L}\right|$ arasındaki ilişki ise aynı yönlüdür. İlişkinin en güçlü olduğu parametre -0.683 korelasyon katsayısı ile $1/\sqrt{e_0}$ olduğu görülmektedir. Tabloda yer alan anlamlılık düzeyi (Sig.) ise ilişki katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirtmektedir. Bu değer 0.05' ten küçük olduğu için bağımlı değişken ile tüm bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu söylenebilir.

Tablo 5. 34: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ve indeks özellikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları. (4.00 – 10.00 kg/cm^2)

		m_{v8}	$1/\sqrt{e_0}$	ln w_L	1/ln w_P	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	γ_0^2
Pearson Correlation	m_{v8}	1.000	-.683	.442	-.270	.397	-.602
	$1/\sqrt{e_0}$	-.683	1.000	-.748	.714	-.293	.919
	ln w_L	.442	-.748	1.000	-.829	-.128	-.664
	1/ln w_P	-.270	.714	-.829	1.000	.115	.683
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.397	-.293	-.128	.115	1.000	-.249
	γ_0^2	-.602	.919	-.664	.683	-.249	1.000
Sig. (1-tailed)	m_{v8}	.	.000	.000	.000	.000	.000
	$1/\sqrt{e_0}$	.000	.	.000	.000	.000	.000
	ln w_L	.000	.000	.	.000	.042	.000
	1/ln w_P	.000	.000	.000	.	.060	.000
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	.000	.000	.042	.060	.	.000
	γ_0^2	.000	.000	.000	.000	.000	.
N	m_{v8}	184	184	184	184	184	184
	$1/\sqrt{e_0}$	184	184	184	184	184	184
	ln w_L	184	184	184	184	184	184
	1/ln w_P	184	184	184	184	184	184
	$\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$	184	184	184	184	184	184
	γ_0^2	184	184	184	184	184	184

4.00 – 10.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ve bağımsız değişkenler arasında kurulan 1. regresyon modeline ait özet bilgiler Tablo 5.35' te görülmektedir. Modelde düzeltilmiş R^2 değeri 0.581 olmakta; yani 4.00 – 10.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı değişiminin % 58.1' lik kısmı modele dahil edilen değişkenler yardımıyla açıklanmıştır. Geri kalan % 41.9' luk kısım ise modele dahil edilmeyen parametrelere bağlıdır. Modelde otokorelasyon olup olmadığının tespiti ise Durbin – Watson testi ile belirlenmiştir. Modelde Durbin – Watson katsayısının 1.593 değer almış olması, otokorelasyon olmadığını belirtmektedir.

Tablo 5. 35: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model özeti (4.00 – 10.00 kg/cm^2)

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Standart Hata	İstatistik Değişimi			Durbin-Watson
					R^2 Değişimi	F Değişimi	Sig. F Değişimi	
1	0.768	0.590	0.579	0.003	0.590	51.315	0.00	
2	0.768	0.590	0.581	0.003	0.000	0.007	0.932	1.593
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$							
b	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), $\lvert\sqrt[3]{I_L}\rvert$, ln wL, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$							

Modelin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığının kontrolü F testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.36' da ilişkiye ait iki model denklemi kurulduğu görülmektedir. İlk modelde yer alan γ_0^2 parametresi anlamsız bulunarak denklemden çıkartılmıştır. Düzeltilmiş denkleme ait F testi sonucu Tablo 5.36' da görülmektedir. F testine ait belirlilik

düzeyi 0.05' den küçük olduğu için modelin bütün olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 5. 36: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait F testi (4.00 – 10.00 kg/cm^2)

Model		F İstatistiği	Sig.
1	Regresyon	51.315	0.000
2	Regresyon	64.499	0.000
a	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), γ_0^2, $\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\|$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$		
b	Bağımsız Değişkenler: (Sabit), $\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\|$, ln w_L, 1/ln w_P, $1/\sqrt{e_0}$		

1. regresyon modeline ait katsayılar ve model sonuçları Tablo 5.37' de yer almaktadır. β değeri parametrenin modeldeki katsayısını belirtmektedir. Modelde yer alan bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı anlamlılığının test edilmesi t testi ile belirlenmiştir. Tablo 5.37 verilerine göre t testi sonucunda γ_0^2 bağımsız değişkeni model için anlamsız bulunmuş ve modelden çıkarılarak analiz tekrarlanmıştır. 2 numaralı modelde tüm bağımsız değişkenler model için anlamlı bulunmuştur.

Tablo 5. 37: Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı 1. regresyon modeline ait model katsayıları

Model		Katsayılar		t	Sig.	β için 95% Güven Aralığı	
		β	Std. Hata			Alt Sınır	Üst Sınır
1	(Sabit)	-0.018	0.010	-1.840	0.067	-0.037	0.001
	$1/\sqrt{e_0}$	-0.019	0.004	-5.196	0.000	-0.026	-0.012
	ln w_L	0.004	0.001	3.087	0.002	0.002	0.007
	1/ln w_P	0.096	0.017	5.823	0.000	0.064	0.129
	$\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\|$	0.003	0.001	2.339	0.020	0.000	0.005
	γ_0^2	0.000	0.001	0.085	0.932	-0.002	0.002
2	(Sabit)	-0.018	0.010	-1.901	0.059	-0.037	0.001
	$1/\sqrt{e_0}$	-0.019	0.002	-8.349	0.000	-0.023	-0.014
	ln w_L	0.004	0.001	3.186	0.002	0.002	0.007
	1/ln w_P	0.097	0.016	5.951	0.000	0.065	0.129
	$\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\|$	0.003	0.001	2.361	0.019	0.000	0.005

4.00 – 10.00 kg/cm^2 basınç kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı ile indeks özellikleri arasında kurulan 1. regresyon modeli denklemi denklem (5.35)' te ifade edilmiştir. Denklemin belirlilik katsayısı 0.581' dir.

$$m_{v(4.00\ -\ 10.00)} = -0.018 - 0.019\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.004\ \ln w_L + 0.097\frac{1}{\ln w_P} + 0.003\left|\sqrt[3]{I_L}\right| \qquad \textbf{(5.35)}$$

Denklemde dikkat edilmesi gereken husus w_L değerinin yüzde (%) cinsinden ifade edilmiş olmasıdır. 4.00 – 10.00 kg/cm^2 basınç kademesinde deney başı birim hacim ağırlığı parametresi model için anlamsız bulunduğu için 2 adet model denklemi

kurulmuştur. Hacimsel sıkışma katsayısı için kurulan 2. regresyon modellerine ait model özetleri ve katsayıları Ek G' de görülmektedir. 2. regresyon modellerine ait model denklemi aşağıda özetlenmiştir.

$$m_{v(4.00\ -\ 10.00)} = -0.007 - 0.019\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.004\ \ln w_L + 0.009\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.003\left|\sqrt[3]{I_L}\right| \quad \textbf{(5.36)}$$

Denklem (5.36)' nın belirlilik katsayısı 0.583' tür.

5.3 CH Zemin Sınıfı için Korelasyonlar

CH zemin grubu için yukarıda bahsedilen çalışma tekrarlanmış, aynı yöntem ile model için anlamlı olmayan parametreler denklemlerden çıkartılarak model denklemleri elde edilmiştir. Çok sayıda model denklemi elde edildiğinden, belirlilik katsayısı yüksek olan denklemler dikkate alınmıştır. CH zemin grubu için düzeltilmiş sıkışma indisi ile ilgili model denklemleri aşağıda yer almaktadır.

$$C_{c1} = 1.209 - 0.816\frac{1}{e_0} \quad \textbf{(5.37)}$$

Denklem (5.37)' nin belirlilik katsayısı 0.445' tür.

$$C_{c1} = 2.006 - 1.632\frac{1}{\sqrt{e_0}} \quad \textbf{(5.38)}$$

Denklem (5.38)' in belirlilik katsayısı 0.485' tir. CH zemin grubu verileri kullanılarak kabarma indisi ile ilgili belirlenen model denklemleri aşağıda sunulmaktadır.

$$C_s = 0.380 - 0.059\frac{1}{e_0} - 0.028\,\gamma_0^{\,2} - 0.077\frac{1}{\sqrt{w_P}} \quad \textbf{(5.39)}$$

Denklem (5.39)' nin belirlilik katsayısı 0.614' tür.

$$C_s = 0.436 - 0.131\frac{1}{\sqrt{e_0}} - 0.078\frac{1}{\sqrt{w_P}} - 0.023\gamma_0^{\,2} \quad \textbf{(5.40)}$$

Denklem (5.40)' ın belirlilik katsayısı 0.607' dir. CH zemin grubu için hacimsel sıkışma katsayısı ile ilgili belirlenen model denklemleri aşağıda yer almaktadır.

$$m_{v(0.00\ -\ 0.25)} = 0.402 - 0.104\gamma_0^{\,2} \quad \textbf{(5.41)}$$

Denklem (5.41)' in belirlilik katsayısı 0.468' dir.

$$m_{v(0.00\ -\ 0.25)} = 0.293 - 0.039\,\gamma_0^{3} \qquad \textbf{(5.42)}$$

Denklem (5.42)' nin belirlilik katsayısı 0.457' dir.

$$m_{v(0.25\ -\ 0.50)} = 0.316 - 0.043\,\gamma_0^{2} - 0.128\,\frac{1}{\sqrt{e_0}} \qquad \textbf{(5.43)}$$

Denklem (5.43)' ün belirlilik katsayısı 0.610' dur.

$$m_{v(0.25\ -\ 0.50)} = 0.211 - 0.056\,\frac{1}{e_0} - 0.017\,\gamma_0^{3} \qquad \textbf{(5.44)}$$

Denklem (5.44)' ün belirlilik katsayısı 0.584' tür.

$$m_{v(0.50\ -\ 1.00)} = 0.212 - 0.062\,\frac{1}{e_0} - 0.031\,\gamma_0^{2} \qquad \textbf{(5.45)}$$

Denklem (5.45)' in belirlilik katsayısı 0.682' dir.

$$m_{v(0.50\ -\ 1.00)} = 0.236 - 0.127\,\frac{1}{\sqrt{e_0}} - 0.011\,\gamma_0^{3} \qquad \textbf{(5.46)}$$

Denklem (5.46)' nın belirlilik katsayısı 0.693' tür.

$$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = 0.127 - 0.030\,\frac{1}{e_0} - 0.019\,\gamma_0^{2} \qquad \textbf{(5.47)}$$

Denklem (5.47)' nin belirlilik katsayısı 0.679' dur.

$$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = 0.106 - 0.031\,\frac{1}{e_0} - 0.007\,\gamma_0^{3} \qquad \textbf{(5.48)}$$

Denklem (5.48)' in belirlilik katsayısı 0.670' dir.

$$m_{v(2.00\ -\ 4.00)} = 0.067 - 0.023\,\frac{1}{e_0} - 0.007\,\gamma_0^{2} \qquad \textbf{(5.49)}$$

Denklem (5.49)' un belirlilik katsayısı 0.676' dır.

$$m_{v(2.00\ -\ 4.00)} = 0.060 - 0.024\,\frac{1}{e_0} - 0.002\,\gamma_0^{3} \qquad \textbf{(5.50)}$$

Denklem (5.50)' nin belirlilik katsayısı 0.670' dir.

$$m_{v(4.00\ -\ 6.00)} = 0.040 - 0.008\,\frac{1}{e_0} \qquad \textbf{(5.51)}$$

Denklem (5.51)' in belirlilik katsayısı 0.462' dir.

$$m_{v(6.00\ -\ 10.00)} = 0.023 - 0.010\,\frac{1}{e_0} \qquad \textbf{(5.52)}$$

Denklem (5.52)' nin belirlilik katsayısı 0.462' dir.

$$m_{v(4.00\ -\ 10.00)} = 0.025 - 0.014\frac{1}{e_0} \qquad \textbf{(5.53)}$$

Denklem (5.53)' ün belirlilik katsayısı 0.678' dir.

5.4 CL Zemin Sınıfı için Korelasyonlar

CL zemin grubu için yukarıda bahsedilen çalışma tekrarlanmış, aynı yöntem ile model için anlamlı olmayan parametreler denklemlerden çıkartılarak model denklemleri elde edilmiştir. Çok sayıda model denklemi elde edildiğinden, belirlilik katsayısı yüksek olan denklemler dikkate alınmıştır. CL zemin grubu için düzeltilmiş sıkışma indisi ile ilgili model denklemleri aşağıda yer almaktadır.

$$C_{c1} = 0.615 - 0.139\frac{1}{e_0} + 0.084\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.064\,\gamma_0^{\,2} \qquad \textbf{(5.54)}$$

Denklem (5.54)' ün belirlilik katsayısı 0.580' dir.

$$C_{c1} = 0.036 + 0.348 \ln e_0 \qquad \textbf{(5.55)}$$

Denklem (5.55)' in belirlilik katsayısı 0.600' dür. CL zemin grubu verileri kullanılarak kabarma indisi ile ilgili belirlenen model denklemleri aşağıda sunulmaktadır.

$$C_s = 0.205 - 0.079\frac{1}{\sqrt{w_0}} \qquad \textbf{(5.56)}$$

Denklem (5.56)' nın belirlilik katsayısı 0.182' dir.

CL zemin grubu için hacimsel sıkışma katsayısı ile ilgili belirlenen model denklemleri aşağıda yer almaktadır.

$$m_{v(0.00\ -\ 0.25)} = 0.286 - 0.262\,w_L + 0.053\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.046\gamma_0^{\,2} \qquad \textbf{(5.57)}$$

Denklem (5.57)' nin belirlilik katsayısı 0.399' dur.

$$m_{v(0.25\ -\ 0.50)} = 0.145 + 0.019 \ln w_0 - 0.162\,w_L + 0.022\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.033\gamma_0^{\,2} \qquad \textbf{(5.58)}$$

Denklem (5.58)' in belirlilik katsayısı 0.699' dur.

$$m_{v(0.25\ -\ 0.50)} = 0.205 - 0.164\ w_L - 0.011\ \gamma_0^{\ 3} - 0.019\ \frac{1}{w_0} + 0.024\left|\sqrt[3]{I_L}\right| \quad \textbf{(5.59)}$$

Denklem (5.59)' un belirlilik katsayısı 0.688' dir.

$$m_{v(0.50\ -\ 1.00)} = 0.091 + 0.016 \ln w_0 - 0.105\ w_L + 0.020\left|\sqrt[3]{I_L}\right| - 0.022\gamma_0^{\ 2} \quad \textbf{(5.60)}$$

Denklem (5.60)' ın belirlilik katsayısı 0.647' dir.

$$m_{v(0.50\ -\ 1.00)} = 0.155 - 0.110\ w_L - 0.008\ \gamma_0^{\ 3} - 0.018\ \frac{1}{w_0} + 0.020\left|\sqrt[3]{I_L}\right| \quad \textbf{(5.61)}$$

Denklem (5.61)' in belirlilik katsayısı 0.646' dır.

$$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = 0.071 + 0.010 \ln w_0 - 0.046\ w_L - 0.017\ \gamma_0^{\ 2} \quad \textbf{(5.62)}$$

Denklem (5.62)' nin belirlilik katsayısı 0.629' tür.

$$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = 0.104 - 0.048\ w_L - 0.006\ \gamma_0^{\ 3} - 0.010\ \frac{1}{\sqrt{w_0}} \quad \textbf{(5.63)}$$

Denklem (5.63)' ün belirlilik katsayısı 0.617' dir.

$$m_{v(2.00\ -\ 4.00)} = 0.061 - 0.012\ \gamma_0^{\ 2} \quad \textbf{(5.64)}$$

Denklem (5.64)' ün belirlilik katsayısı 0.540' dır.

$$m_{v(2.00\ -\ 4.00)} = 0.046 - 0.004\ \gamma_0^{\ 3} \quad \textbf{(5.65)}$$

Denklem (5.65)' in belirlilik katsayısı 0.531' dir.

$$m_{v(4.00\ -\ 6.00)} = -0.014 - 0.007\ \frac{1}{e_0} + 0.013 \ln w_0 - 0.022 w_L \quad \textbf{(5.66)}$$

Denklem (5.66)' nın belirlilik katsayısı 0.866' dır.

$$m_{v(4.00\ -\ 6.00)} = 0.053 - 0.026\ w_L - 0.016\ \frac{1}{w_0} + 0.010 \ln e_0 \quad \textbf{(5.67)}$$

Denklem (5.67)' nin belirlilik katsayısı 0.864' tür.

$$m_{v(6.00\ -\ 10.00)} = 0.025 - 0.003\ \frac{1}{e_0} - 0.003 \ln \gamma_0^{\ 2} \quad \textbf{(5.68)}$$

Denklem (5.68)' in belirlilik katsayısı 0.833' tür.

$$m_{v(6.00\ -\ 10.00)} = 0.020 - 0.002\ \gamma_0^{\ 3} \quad \textbf{(5.69)}$$

Denklem (5.69)' un belirlilik katsayısı 0.804' tür.

$$m_{v(4.00\ -\ 10.00)} = 0.014 + 0.003 \ln w_0 - 0.004\ \gamma_0^{\ 2} \quad \textbf{(5.70)}$$

Denklem (5.70)' in belirlilik katsayısı 0.666' dır.

$$m_{v(4.00 - 10.00)} = 0.025 - 0.001\,\gamma_0^{\,3} - 0.003\,\frac{1}{\sqrt{w_0}} \qquad \textbf{(5.71)}$$

Denklem (5.71)' in belirlilik katsayısı 0.657' dir.

5.5 MH - OH Zemin Sınıfı için Korelasyonlar

MH ve OH zemin grubu için yukarıda bahsedilen çalışma tekrarlanmış, aynı yöntem ile model için anlamlı olmayan parametreler denklemlerden çıkartılarak model denklemleri elde edilmiştir. Çok sayıda model denklemi elde edildiğinden, belirlilik katsayısı yüksek olan denklemler dikkate alınmıştır. MH ve OH zemin grubu için sıkışma indisi ile kurulan model denklemleri aşağıda yer almaktadır.

$$C_{ci} = 1.610 - 0.406\,\frac{1}{w_L} + 0.249\,\frac{1}{w_P} + 0.353\sqrt{I_L} - 0.832\gamma_0 \qquad \textbf{(5.72)}$$

Denklem (5.72)' nin belirlilik katsayısı 0.672' dir.

$$C_{ci} = 1.452 + 0.375\sqrt{I_L} - 0.996\,\frac{1}{\sqrt{w_L}} + 0.244\,\frac{1}{w_P} - 0.224\gamma_0^{\,2} \qquad \textbf{(5.73)}$$

Denklem (5.73)' ün belirlilik katsayısı 0.665' tir. Kabarma indisi ile ilgili elde edilen model denklemleri aşağıda sunulmaktadır.

$$C_s = -3.702 + 3.225\,\sqrt[3]{w_0} + 0.43\,\gamma_0^{\,2} \qquad \textbf{(5.74)}$$

Denklem (5.74)' ün belirlilik katsayısı 0.449' dur.

$$C_s = -5.811 + 0.890 \ln w0 + 1.437\,\gamma_0 \qquad \textbf{(5.75)}$$

Denklem (5.75)' in belirlilik katsayısı 0.446' dır. Hacimsel sıkışma katsayısı ile ilgili elde edilen model denklemleri aşağıda sunulmaktadır.

$$m_v(0.00 - 0.25) = -0.063 - 0.195\,\frac{1}{e_0} + 0.084\,\frac{1}{w_P} + 0.086\,\left|\sqrt[3]{I_L}\right| \qquad \textbf{(5.76)}$$

Denklem (5.76)' nın belirlilik katsayısı 0.512' dir.

$$m_{v(0.00 - 0.25)} = -1.597 + 0.216\,\frac{1}{w_L} + 0.101\,\frac{1}{w_P}\,0.292 \ln w_0 \qquad \textbf{(5.77)}$$

Denklem (5.77)' nin belirlilik katsayısı 0.452' dir.

$$m_{w(0.25\ -\ 0.50)} = -1.217 + 0.115\frac{1}{w_P} + 0.25 \ln w_0 \quad \textbf{(5.78)}$$

Denklem (5.78)' in belirlilik katsayısı 0.660' dir.

$$m_{w(0.25\ -\ 0.50)} = -0.611 + 0.062\frac{1}{w_P} + 0.120 \ln w_0 + 0.076\left|\sqrt[3]{I_L}\right| \quad \textbf{(5.79)}$$

Denklem (5.79)' un belirlilik katsayısı 0.594' tür.

$$m_{w(0.50\ -\ 1.00)} = -0.438 + 0.041\frac{1}{w_P} + 0.089 \ln w_0 + 0.057\left|\sqrt[3]{I_L}\right| \quad \textbf{(5.80)}$$

Denklem (5.80)' in belirlilik katsayısı 0.648' dir.

$$m_{w(0.50\ -\ 1.00)} = 0.004 - 0.165\frac{1}{e_0} + 0.052\frac{1}{w_P} + 0.052\sqrt{I_L} \quad \textbf{(5.81)}$$

Denklem (5.81)' in belirlilik katsayısı 0.598' dir.

$$m_{w(1.00\ -\ 2.00)} = 0.005 - 0.600\frac{1}{e_0} + 0.037\frac{1}{w_P} - 0.031\frac{1}{w_L} + 0.037\left|\sqrt[3]{I_L}\right| \quad \textbf{(5.82)}$$

Denklem (5.82)' nin belirlilik katsayısı 0.689' dur.

$$m_{w(1.00\ -\ 2.00)} = 0.012 - 0.070\frac{1}{e_0} + 0.040\frac{1}{w_P} - 0.036\frac{1}{w_L} + 0.04\sqrt{I_L} \quad \textbf{(5.83)}$$

Denklem (5.83)' ün belirlilik katsayısı 0.648' dir.

$$m_{w(2.00\ -\ 4.00)} = 0.011 - 0.031\frac{1}{e_0} + 0.019\frac{1}{w_P} - 0.018\frac{1}{w_L} + 0.016\left|\sqrt[3]{I_L}\right| \quad \textbf{(5.84)}$$

Denklem (5.84)' ün belirlilik katsayısı 0.654' dir.

$$m_{w(2.00\ -\ 4.00)} = 0.009 + 0.016\frac{1}{w_P} - 0.030\frac{1}{w_L} + 0.033\sqrt{I_L} \quad \textbf{(5.85)}$$

Denklem (5.85)' in belirlilik katsayısı 0.592' dir.

$$m_{w(4.00\ -\ 6.00)} = -0.050 + 0.019 \ln w_0 - 0.001\gamma_0^{\ 3} \quad \textbf{(5.86)}$$

Denklem (5.86)' nın belirlilik katsayısı 0.877' dir.

$$m_{w(4.00\ -\ 6.00)} = 0.042 - 0.035\frac{1}{e_0} \quad \textbf{(5.87)}$$

Denklem (5.87)' nin belirlilik katsayısı 0.868' dir.

$$m_{w(6.00\ -\ 10.00)} = -0.033 + 0.002\frac{1}{w_P} + 0.011 \ln w_0 - 0.001\gamma_0^{\ 3} \quad \textbf{(5.88)}$$

Denklem (5.88)' in belirlilik katsayısı 0.869' dur.

$$m_{v(6.00\ -\ 10.00)} = 0.026 - 0.019\frac{1}{e_0} \quad \textbf{(5.89)}$$

Denklem (5.89)' un belirlilik katsayısı 0.827' dur.

$$m_{v(4.00\ -\ 10.00)} = 0.008 - 0.028\frac{1}{e_0} + 0.009\frac{1}{w_P} - 0.006\frac{1}{w_L} + 0.001\gamma_0^3 \quad \textbf{(5.90)}$$

Denklem (5.90)' ın belirlilik katsayısı 0.510' dır.

$$m_{v(4.00\ -\ 10.00)} = 0.010 - 0.021\frac{1}{e_0} + 0.013\frac{1}{w_P} - 0.011\frac{1}{w_L} \quad \textbf{(5.91)}$$

Denklem (5.91)' in belirlilik katsayısı 0.523' tür.

5.6 ML - OL Zemin Sınıfı için Korelasyonlar

ML ve OL zemin grubu için yukarıda bahsedilen çalışma tekrarlanmış, aynı yöntem ile model için anlamlı olmayan parametreler denklemlerden çıkartılarak model denklemleri elde edilmiştir. Çok sayıda model denklemi elde edildiğinden, belirlilik katsayısı yüksek olan denklemler dikkate alınmıştır. MH ve OH zemin grubu için düzeltilmiş sıkışma indisi ile ilgili model denklemleri aşağıda yer almaktadır.

$$C_{c1} = 0.023 + 0.256e_0^2 \quad \textbf{(5.92)}$$

Denklem (5.92)' nin belirlilik katsayısı 0.862' dir.

$$C_{c1} = 0.090 + 0.182e_0^3 \quad \textbf{(5.93)}$$

Denklem (5.93)' ün belirlilik katsayısı 0.855' tir. ML – OL zemin grubu verileri kullanılarak sıkışma indisi ile ilgili belirlenen model denklemleri aşağıda sunulmaktadır.

$$C_s = -0.076 + 0.328w_0 - 0.031I_L + 0.76I_P^2 \quad \textbf{(5.94)}$$

Denklem (5.94)' ün belirlilik katsayısı 0.336' dir.

$$C_s = -0.189 - 0.016\,I_L + 0.765\,I_P^2 + 0.073\,e_0^2 \quad \textbf{(5.95)}$$

Denklem (5.95)' in belirlilik katsayısı 0.325' dir.

$$C_s = -0.174 + 0.543 w_P + 1.579\, I_P^{\,2} + 0.041\sqrt{I_L} \qquad \textbf{(5.96)}$$

Denklem (5.96)' nın belirlilik katsayısı 0.345' dir.

$$C_s = -0.027 + 1.493\, I_P^{\,2} + 0.032 e_0^{\,2} \qquad \textbf{(5.97)}$$

Denklem (5.97)' nin belirlilik katsayısı 0.348' dir.

$$C_s = -0.019 + 0.033\, e_0^{\,2} + 7.083 I_L + 0.76 I_P^{\,3} \qquad \textbf{(5.98)}$$

Denklem (5.98)' in belirlilik katsayısı 0.376' dir.

ML – OL zemin grubu için hacimsel sıkışma katsayısı ile ilgili belirlenen model denklemleri aşağıda yer almaktadır.

$$m_{v(0.00\ -\ 0.25)} = 0.077 + 0.058\, I_L - 1.749\ I_P^{\,2} \qquad \textbf{(5.99)}$$

Denklem (5.99)' un belirlilik katsayısı 0.488' dir.

$$m_{v(0.00\ -\ 0.25)} = 0.127 + 0.065\, e_0^{\,2} - 1.599\ w_1^{\,3} \qquad \textbf{(5.100)}$$

Denklem (5.100)' ün belirlilik katsayısı 0.398' dir.

$$m_{v(0.25\ -\ 0.50)} = 0.099 - 0.386\, w_L^{\,3} + 0.023 I_L - 0.011 \gamma_0^{\,2} \qquad \textbf{(5.101)}$$

Denklem (5.101)' in belirlilik katsayısı 0.597' dir.

$$m_{v(0.25\ -\ 0.50)} = 0.071 + 0.028\, e_0^{\,2} - 0.752 w_L^{\,3} \qquad \textbf{(5.102)}$$

Denklem (5.102)' nin belirlilik katsayısı 0.592' dir.

$$m_{v(0.50\ -\ 1.00)} = 0.049 - 0.812\, w_L^{\,3} + 1.076 I_P^{\,2} + 0.024 e_0^{\,3} \qquad \textbf{(5.103)}$$

Denklem (5.103)' ün belirlilik katsayısı 0.674' tür.

$$m_{v(0.50\ -\ 1.00)} = 0.144 - 0.456\, w_P - 1.902\, I_P^{\,3} + 0.023\, e_0^{\,3} \qquad \textbf{(5.104)}$$

Denklem (5.104)' ün belirlilik katsayısı 0.643' tür.

$$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = 0.014 + 0.022\, e_0^{\,2} - 0.256\, w_L^{\,3} + 0.371\, I_P^{\,2} \qquad \textbf{(5.105)}$$

Denklem (5.105)' in belirlilik katsayısı 0.693' tür.

$$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = 0.067 - 0.226\, w_P - 0.092\, w_0^{\,2} + 0.031\, e_0^{\,2} \qquad \textbf{(5.106)}$$

Denklem (5.106)' nın belirlilik katsayısı 0.733' tür.

$$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = 0.031 - 0.434\, w_L^{\,3} + 0.813\, I_P^{\,2} + 0.023\, e_0^{\,3} - 0.117 w_0^{\,2} \quad \textbf{(5.107)}$$

Denklem (5.107)' nin belirlilik katsayısı 0.715' dir.

$$m_{v(2.00\ -\ 4.00)} = 0.002 + 0.014\, e_0^{\,2} \quad \textbf{(5.108)}$$

Denklem (5.108)' in belirlilik katsayısı 0.707' dir.

$$m_{v(2.00\ -\ 4.00)} = 0.006 + 0.010\, e_0^{\,3} \quad \textbf{(5.109)}$$

Denklem (5.109)' un belirlilik katsayısı 0.676' dır.

$$m_{v(4.00\text{-}10.00)} = 0.123 + \ 0.003\, I_L - 0.655\, I_P^{\,2} - 0.004\, \gamma_0^{\,2} + 0.371 w_L^{\,3} - 0.217 \sqrt{w_P} \quad \textbf{(5.110)}$$

Denklem (5.110)' un belirlilik katsayısı 0.666' dır.

$$m_{v(4.00\ -\ 10.00)} = 0.091 - 1.189\, I_P^{\,2} + 0.690\, w_L^{\,3} - 0.415\, w_P + 0.007 e_0^{\,2} \quad \textbf{(5.111)}$$

Denklem (5.111)' in belirlilik katsayısı 0.834' tür.

$$m_{v(4.00\ -\ 10.00)} = 0.095 - 1.229\, I_P^{\,2} + 0.709\, w_L^{\,3} + 0.004 e_0^{\,3} - 0.425 w_P \quad \textbf{(5.112)}$$

Denklem (5.112)' nin belirlilik katsayısı 0.825' dir.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada zeminlerin konsolidasyon özelliklerinden olan sıkışma indisi, kabarma indisi ve her yük kademesinde hacimsel sıkışma katsayısı parametrelerinin, mevcut deney verilerinden yararlanarak istatistiksel olarak değerlendirilmesi, uygun ve gerçekçi korelasyonlarının bulunması amaçlanmıştır. Çeşitli zemin sınıflarına ait kil numuneleri üzerinde yapılmış olan 299 adet konsolidasyon deney verileri yardımıyla aşağıda özetlenen lineer eşitliklere ulaşılmıştır.

Tüm zemin sınıfları için sıkışma indisi ile zemin indeks özellikleri arasında elde edilen model denklemleri Tablo 6.1' de sunulmuştur. Bu çalışmada belirlilik katsayısı en yüksek olan model denklemi ile, bağımlı değişkendeki değişimin % 57.4' lük kısmının bu parametreler ile açıklanabilir. Geri kalan %32.6' lık değişim ise modele dahil edilmeyen parametreler ile ilgilidir. Sıkışma indisi için elde edilen model denklemleri konsolidasyon davranışının büyük ölçüde zemin indeks özellikleri ile açıklandığını belirtmektedir.

Tablo 6. 1: Tüm zemin sınıfları için sıkışma indisi ile ilgili bulunan model denklemleri

	Model Denklemleri	**Belirlilik Katsayıları (%)**
1	$C_{c1} = -1.058 - 0.594\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.250\ln w_L + 4.125\frac{1}{\ln w_P} + 0.188\left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert - 0.102\gamma_0^2$	**57.4**
2	$C_{c1} = -0.567 - 0.591\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.250\ln w_L + 0.395\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.188\left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert - 0.103\times\gamma_0^2$	**57.4**
3	$C_{c1} = -0.615 - 0.683\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.245\ln w_L + 0.380\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.191\left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert - 0.026\gamma_0^3$	**56.9**
4	$C_{c1} = -1.090 - 0.684\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.245\ln w_L + 3.980\frac{1}{\ln w_P} + 0.191\left\vert\sqrt[3]{I_L}\right\vert - 0.025\gamma_0^3$	**56.9**

Tüm zemin sınıfları için kabarma indisi ile zemin indeks özellikleri arasında elde edilen model denklemleri Tablo 6.2' de görülmektedir. Bu çalışmada ilişkiyi en iyi

ifade eden model denklemi bağımlı değişkendeki değişimin % 20.9' lik kısmının bu parametreler ile açıklandığı görülmektedir Geri kalan %79.1' lik değişim ise modele dahil edilmeyen parametreler ile ilgilidir. Kabarma indisi ile elde edilen model denklemleri, kabarma indisi ile indeks özellikleri arasındaki ilişkiyi çok düşük bir oranda ifade etmektedir. Başka bir deyişle, kabarma indisi zemin indeks özellikleri değerlerinden büyük oranda etkilenmeyen bir parametredir.

Tablo 6. 2: Tüm zemin sınıfları ile ilgili kabarma indisi ile ilgili bulunan model denklemleri

	Model Denklemleri	**Belirlilik Katsayıları (%)**
1	$C_s = -0.337 - 0.162\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.094 \ln w_L + 0.094\left\lvert\sqrt[3]{I_L}\right\rvert + 0.042\gamma_0^2$	**20.7**
2	$C_s = -0.275 - 0.179\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.092 \ln w_L + 0.092\left\lvert\sqrt[3]{I_L}\right\rvert + 0.017\gamma_0^3$	**20.9**

Tüm zemin sınıfları için hacimsel sıkışma katsayısı ile zemin indeks özellikleri arasında elde edilen model denklemleri Tablo 6.3' te sunulmuştur. Hacimsel sıkışma katsayısının her kademedeki değerleri ile zemin indeks özellikleri arasındaki korelasyonlar ayrı ayrı incelenmiştir. Tablo 6.3' te özetlenmekte olan model denklemleri sonucunda, her basınç kademesinde birbirinden çok farklı belirlilik katsayıları elde edildiği görülmektedir.

Genel anlamda yüksek basınç kademelerinde daha yüksek belirlilik katsayılarına ulaşıldığı görülmektedir. Bu verilere dayanarak, zeminin aşırı konsolidasyon oranının dikkate alınmasının daha güvenilir sonuçlar ortaya çıkaracağı akla gelmektedir. Zeminlerin normal ya da aşırı konsolide olmasına göre gruplandırılarak konsolidasyon parametrelerinin indeks özellikleri ile ilişkisinin araştırılmasının, model analizi için daha gerçekçi bir yaklaşım olacağı düşünülmektedir.

Tablo 6. 3: Tüm zemin sınıfları ile ilgili hacimsel sıkışma katsayısı ile ilgili bulunan model denklemleri

	Model Denklemleri	**Belirlilik Katsayıları (%)**
1	$m_{v(0.00 - 0.25)} = 0.039 - 0.091\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.093\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.085\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\| - 0.037\gamma_0{}^2$	**38.8**
2	$m_{v(0.25 - 0.50)} = -0.143 + 0.034 \ln w_L + 0.070\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.085\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\| - 0.039\gamma_0{}^2$	**51.3**
3	$m_{v(0.50 - 1.00)} = -0.080 - 0.056\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.022 \ln w_L + 0.064\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.053\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\| - 0.019\gamma_0{}^2$	**56.8**
4	$m_{v(1.00 - 2.00)} = -0.068 - 0.031\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.020 \ln w_L + 0.041\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.025\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\| - 0.013\gamma_0{}^2$	**58.6**
5	$m_{v(2.00 - 4.00)} = -0.040 - 0.025\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.013 \ln w_L + 0.025\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.011\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\| - 0.006\gamma_0{}^2$	**60.4**
6	$m_{v(4.00 - 6.00)} = -0.029 + 0.010 \ln w_L + 0.014\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.010\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\| - 0.009\gamma_0{}^2$	**76.4**
7	$m_{v(6.00 - 10.00)} = 0.002 - 0.010\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.004 \ln w_L + 0.009\frac{1}{\sqrt{w_P}} - 0.004\gamma_0{}^2$	**72.2**
8	$m_{v(4.00 - 10.00)} = -0.007 - 0.019\frac{1}{\sqrt{e_0}} + 0.004 \ln w_L + 0.009\frac{1}{\sqrt{w_P}} + 0.003\left\|\sqrt[3]{I_L}\right\|$	**58.3**

Tablo 6.4' te CH zemin sınıfı için elde edilen model denklemleri sunulmuştur. Sıkışma ve kabarma indisi için elde edilen denklemlere ait belirlilik katsayıları, tüm zemin sınıfları için belirlenen oranlara göre yüksek bulunmuştur. Bu durum zemin sınıfının, zemin oturma davranışında etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir. Ancak hacimsel sıkışma katsayısı için belirlenen belililik katsayıları, tüm zemin sınıflarına oranla düşüş göstermiştir.

Tablo 6. 4: CH zemin sınıfı ile ilgili bulunan model denklemleri

	Model Denklemleri	Belirlilik Katsayıları (%)
1	$C_{c1} = 2.006 - 1.632\frac{1}{\sqrt{e_0}}$	**48.5**
2	$C_s = 0.380 - 0.059\frac{1}{e_0} - 0.028\,\gamma_0^2 - 0.077\frac{1}{\sqrt{w_P}}$	**61.4**
3	$m_{v(0.00\ -\ 0.25)} = 0.402 - 0.104\gamma_0^2$	**46.8**
4	$m_{v(0.25\ -\ 0.50)} = 0.316 - 0.043\,\gamma_0^2 - 0.128\frac{1}{\sqrt{e_0}}$	**61.0**
5	$m_{v(0.50\ -\ 1.00)} = 0.236 - 0.127\frac{1}{\sqrt{e_0}} - 0.011\,\gamma_0^3$	**69.3**
6	$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = 0.127 - 0.030\frac{1}{e_0} - 0.019\,\gamma_0^2$	**67.9**
7	$m_{v(2.00\ -\ 4.00)} = 0.067 - 0.023\frac{1}{e_0} - 0.007\,\gamma_0^2$	**67.6**
8	$m_{v(4.00\ -\ 6.00)} = 0.040 - 0.008\frac{1}{e_0}$	**46.2**
9	$m_{v(6.00\ -\ 10.00)} = 0.023 - 0.010\frac{1}{e_0}$	**46.2**
10	$m_{v(4.00\ -\ 10.00)} = 0.025 - 0.014\frac{1}{e_0}$	**67.8**

Tablo 6.5' te CL zemin sınıfı için elde edilen model denklemleri sunulmuştur. Sıkışma indisi için yüksek sayılabilecek belirlilik katsayıları elde edilmişken, kabarma katsayısı tüm zemin sınıfları için belirlenen oranlara yakın bir belirlilikle tespit edilmiştir. Hacimsel sıkışma katsayısı için belirlenen belililik katsayıları, yine önemli sayılabilecek derecede yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 6. 5: CL zemin sınıfı ile ilgili bulunan model denklemleri

	Model Denklemleri	Belirlilik Katsayıları (%)
1	$C_{c1} = 0.036 + 0.348 \ln e_0$	**60.0**
2	$C_s = 0.205 - 0.079 \frac{1}{\sqrt{w_0}}$	**18.2**
3	$m_{v(0.00 - 0.25)} = 0.286 - 0.262\, w_L + 0.053 \left\lvert\sqrt[3]{I_L}\right\rvert - 0.046\gamma_0{}^2$	**39.9**
4	$m_{v(0.25 - 0.50)} = 0.145 + 0.019 \ln w_0 - 0.162\, w_L + 0.022 \left\lvert\sqrt[3]{I_L}\right\rvert - 0.033\gamma_0{}^2$	**69.9**
5	$m_{v(0.50 - 1.00)} = 0.091 + 0.016 \ln w_0 - 0.105\, w_L + 0.020 \left\lvert\sqrt[3]{I_L}\right\rvert - 0.022\gamma_0{}^2$	**64.7**
6	$m_{v(1.00 - 2.00)} = 0.071 + 0.010 \ln w_0 - 0.046\, w_L - 0.017\, \gamma_0{}^2$	**62.9**
7	$m_{v(2.00 - 4.00)} = 0.061 - 0.012\, \gamma_0{}^2$	**54.0**
8	$m_{v(4.00 - 6.00)} = -0.014 - 0.007 \frac{1}{e_0} + 0.013 \ln w_0 - 0.022 w_L$	**86.6**
9	$m_{v(4.00 - 6.00)} = 0.053 - 0.026\, w_L - 0.016 \frac{1}{w_0} + 0.010 \ln e_0$	**86.4**
10	$m_{v(4.00 - 10.00)} = 0.014 + 0.003 \ln w_0 - 0.004\, \gamma_0{}^2$	**66.6**

Tablo 6.6' da MH - OH zemin sınıfı için elde edilen model denklemleri sunulmuştur. Sıkışma indisi, kabarma indisi ve hacimsel sıkışma katsayısı için belirlenen belililik katsayıları, tüm zemin sınıfları için belirlenen değerlere oranla yüksek değerlerdedir.

Tablo 6. 6: MH - OH zemin sınıfı ile ilgili bulunan model denklemleri

	Model Denklemleri	Belirlilik Katsayıları (%)
1	$C_{c1} = 1.610 - 0.406\frac{1}{w_L} + 0.249\frac{1}{w_P} + 0.353\sqrt{I_L} - 0.832\gamma_0$	**67.2**
2	$C_s = -3.702 + 3.225\sqrt[3]{w_0} + 0.43\,\gamma_0^2$	**44.9**
3	$m_v(0.00 - 0.25) = -0.063 - 0.195\frac{1}{e_0} + 0.084\frac{1}{w_P} + 0.086\left\lvert\sqrt[3]{I_L}\right\rvert$	**51.2**
4	$m_{v(0.25\ -\ 0.50)} = -1.217 + 0.115\frac{1}{w_P} + 0.25\ln w_0$	**66.0**
5	$m_{v(0.50\ -\ 1.00)} = -0.438 + 0.041\frac{1}{w_P} + 0.089\ln w_0 + 0.057\left\lvert\sqrt[3]{I_L}\right\rvert$	**64.8**
6	$m_{v(1.00\ -\ 2.00)} = 0.005 - 0.600\frac{1}{e_0} + 0.037\frac{1}{w_P} - 0.031\frac{1}{w_L} + 0.037\left\lvert\sqrt[3]{I_L}\right\rvert$	**68.9**
7	$m_{v(2.00\ -\ 4.00)} = 0.011 - 0.031\frac{1}{e_0} + 0.019\frac{1}{w_P} - 0.018\frac{1}{w_L} + 0.016\left\lvert\sqrt[3]{I_L}\right\rvert$	**65.4**
8	$m_{v(4.00\ -\ 6.00)} = -0.050 + 0.019\ln w_0 - 0.001\gamma_0^3$	**87.7**
9	$m_{v(6.00\ -\ 10.00)} = -0.033 + 0.002\frac{1}{w_P} + 0.011\ln w_0 - 0.001\gamma_0^3$	**86.9**
10	$m_{v(4.00\ -\ 10.00)} = 0.010 - 0.021\frac{1}{e_0} + 0.013\frac{1}{w_P} - 0.011\frac{1}{w_L}$	**52.3**

Tablo 6.7' de ise ML - OL zemin sınıfı için elde edilen model denklemleri görülmektedir. Sıkışma indisi, kabarma indisi ve özellikle hacimsel sıkışma katsayısı için belirlenen belililik katsayıları, tüm zemin sınıfları için belirlenen değerlere oranla yüksek değerlerdedir. ML – OL zemin sınıfı için geliştirilen korelasyonlar yüksek oranda, konsolidasyon parametrelerinin indeks özellikleri ile ilişkilerini ifade etmektedir.

Tablo 6. 7: ML - OL zemin sınıfı ile ilgili bulunan model denklemleri

	Model Denklemleri	Belirlilik Katsayıları (%)
1	$C_{c1} = 0.023 + 0.256 e_0^2$	**86.2**
2	$C_s = -0.027 + 1.493 I_P^2 + 0.032 e_0^2$	**34.8**
3	$m_{v(0.00 - 0.25)} = 0.077 + 0.058 I_L - 1.749 I_P^2$	**48.8**
4	$m_{v(0.25 - 0.50)} = 0.099 - 0.386 w_L^3 + 0.023 I_L - 0.011 \gamma_0^2$	**59.7**
5	$m_{v(0.50 - 1.00)} = 0.049 - 0.812 w_L^3 + 1.076 I_P^2 + 0.024 e_0^3$	**67.4**
6	$m_{v(1.00 - 2.00)} = 0.067 - 0.226 w_P - 0.092 w_0^2 + 0.031 e_0^2$	**73.3**
7	$m_{v(2.00 - 4.00)} = 0.002 + 0.014 e_0^2$	**70.7**
8	$m_{v(4.00 - 10.00)} = 0.091 - 1.189 I_P^2 + 0.690 w_L^3 - 0.415 w_P + 0.007 e_0^2$	**83.4**

Sonuç olarak, zemin indeks özelliklerinin sıkışma ve kabarma indisi ile hacimsel sıkışma katsayısı üzerinde kayda değer bir etkisi olduğu görülmektedir. Daha doğru bir ifade ile, yüksek oranda zemin plastisite özellikleri, bunun yanında etkisi ihmal edilemeyecek kadar önemli olan deney başı birim hacim ağırlığı ile deney başı boşlul oranının zemin oturma davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Zemin sınıfının büyük ölçüde zemin oturma davranışı üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Bazı sapmalarla birlikte, zemin plastisite özelliklerine bağlı olarak zemin sınıfı konsolidasyon oturmalarında büyük etkiye sahiptir.

Bunun yanında zeminlere ait farklı özelliklerin analizlerde göz önüne alınması, elde edilen ve sunulan sonuçları büyük ölçüde etkileyeceği düşünülmektedir. Bu özellikler zemin permeabilitesi, aşırı konsolidasyon oranı ve zemin minerolojisi gibi parametreler olduğu sonucuna varılmıştır. Daha önce yapılan araştırmalarda zeminin plastisite özelliklerinin yanında geçmişteki yükleme durumları da göz önüne alınarak yüksek korelasyonlar elde edilmiştir. Sıkışma indisi için yapılan bir çalışmada, zemin indekz özellikleri ile sıkışma indisi arasında, aşırı konsolide zeminlerde % 72.1, normal konsolide zeminlerde ise % 89 oranında tek değişkenli korelasyonlar

geliştirilmiştir (Lav, 1991). Bahsedilen parametrelerin istatistiksel uygulamalara dahil edilmesi ile ileride yapılacak olan çalışmalarda daha fazla değişkenli, ilişkiyi daha net ifade edebilen ve daha gerçekçi sonuçlara ulaşılacaktır.

KAYNAKLAR

Alptekin, G., 2003. Regresyon Denkleminin Başarısını Ölçmede Kullanılan Belirleme Katsayısı ve Kritiği, *Doğuş Üniversitesi Dergisi,* **4,** 133-140.

Azzouz, A. S., 1974. Statitical Analyses of Index Properties and Compressibility of Soils, *Master of Science,* Northwestern University, Illinois.

Das, B. M., 1998. Principles of Geotechnical Engineering, California State University, Sacramento.

Das, B. M., 1997. Advanced Soil Mechanics, Taylor & Francis, Washington, DC.

Das, B. M., 2000. Fundamentals of Geotechnical Engineering, Thomson, Canada.

Holtz, R. D. and Kovacs, W. D., 1981. Geoteknik Mühendisliğine Giriş, Gazi Kitabevi, Ankara.

Kalaycı, Ş., 2006. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Asil Yayın Dağıtım, Ankara.

Lav, M. A. ve Ansal A. M., 2001. Regression Analysis of Soil Compressibility, *Tübitak,* **25,** 101-109.

Lav, M. A. ve Ansal A. M., 1991. Killi Zeminlerde Şişme Basıncının Amprik Olarak Bulunması, *V. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı,* Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 16 – 20 Eylül, s.318-329.

Kumbasar, V., ve Kip, F., 1999. Zemin Mekaniği Problemleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.

Özdamar, K., 2004. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi, Kaan Kitabevi, Eskişehir.

Serper, Ö., 2000. Uygulamalı İstatistik II, Ezgi Kitabevi, Bursa.

Şahinler, S., 2000. En Küçük Kareler Yöntemi ile Doğrusal Regresyon Modeli Oluşturmanın Temel Prensipleri, *M.K.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 5,* **1-2,** 57-73.

Tonta, Y., 1999. Bilimsel Araştırmalarda İstatistik Tekniklerinin Kullanımı ve Bulguların Sunumu Üzerine, *Türk Kütüphaneciliği 13,* **2,** 112-124.

EKLER

EK A : Konsolidasyon Deneyi Numune İndeks ve Konsolidasyon Parametreleri

EK B : Tüm Zemin Sınıfları için Belirleyici İstatistikler

EK C : CH Zemin Sınıfı için Belirleyici İstatistikler

EK D : CL Zemin Sınıfı için Belirleyici İstatistikler

EK E : MH - OH Zemin Sınıfı için Belirleyici İstatistikler

EK F : ML - OL Zemin Sınıfı için Belirleyici İstatistikler

EK G : Tüm Zemin Sınıfları için Regresyon Analiz Model Özetleri ve Model Katsayıları

EK H : Konsolidasyon Deney Föyleri

Tablo A.1: Konsolidasyon Deneyi Numune Özellikleri

NO	d (mm)	h_0 (mm)	h_f (mm)	W_0 (gr)	W_f (gr)	W_{fk} (gr)	w_0 (%)	γ_0 (t/m^3)	w_f (%)	γ_f (t/m^3)	w_L (%)	w_P (%)	I_P (%)	I_L (%)	q_u kg/cm^2	e0	en	γ (t/m^3)	P_0 kg/cm^2	Pc	AKO	Cc1	Cs	ZEMİN SINIFI
3	60	23.00	20.10	120.50	113.30	88.30	0.365	1.85	0.283	2.00	0.740	0.218	0.522	0.282	0.89	1.038	0.786	2.78	0.05	2.00	4.00	0.365	0.046	C H
4	60	23.00	20.30	127.30	120.60	101.30	0.257	1.96	0.190	2.10	0.365	0.227	0.138	0.217	.	0.708	0.507	2.66	0.75	1.05	1.40	0.237	0.288	C L
5	60	23.00	20.90	129.70	124.50	104.00	0.346	2.00	0.197	2.19	0.335	0.201	0.134	0.336	1.37	0.684	0.532	2.70	1.50	1.50	1.00	0.183	0.301	C L
6	60	23.00	20.10	114.90	107.10	80.00	0.435	1.77	0.346	1.88	0.600	0.312	0.288	0.427	0.17	1.187	0.912	2.69	4.30	4.30	1.00	0.427	0.046	M H - OH
7	60	23.00	19.70	111.10	103.80	76.60	0.450	1.71	0.355	1.86	0.605	0.333	0.272	0.430	0.29	1.285	0.954	2.69	0.75	1.80	2.40	0.434	0.050	M H - OH
8	60	23.00	23.20	125.70	127.30	96.60	0.301	1.93	0.318	1.94	0.700	0.303	0.397	-0.005	.	0.863	0.881	2.77	1.40	3.00	2.14	0.126	0.005	C H
9	60	23.00	22.50	123.20	123.50	93.10	0.323	1.89	0.326	1.94	0.565	0.301	0.264	0.083	.	0.957	0.913	2.80	0.75	2.20	2.93	0.304	0.121	M H - OH
10	60	23.00	23.00	126.20	127.50	97.20	0.298	1.94	0.312	1.96	0.700	0.283	0.417	0.036	.	0.869	0.874	2.80	0.80	4.00	5.00	0.205	0.070	C H
11	60	23.00	23.50	111.60	114.30	74.40	0.500	1.72	0.536	1.72	0.975	0.435	0.540	0.120	.	1.451	1.501	2.80	1.10	3.60	3.30	0.436	0.164	M H - OH
12	60	23.00	20.70	125.90	121.00	97.20	0.295	1.94	0.245	2.07	0.480	0.267	0.213	0.131	2.50	0.879	0.686	2.80	0.25	1.20	4.80	0.264	0.046	C L
13	60	23.00	19.70	120.70	112.60	88.60	0.362	1.86	0.271	2.02	0.506	0.272	0.234	0.385	1.34	1.054	0.759	2.80	0.50	1.20	2.40	0.383	0.064	C H
14	60	23.00	19.60	110.90	102.60	74.10	0.496	1.71	0.384	1.85	0.905	0.384	0.521	0.215	0.40	1.412	1.059	2.75	0.75	1.80	2.40	0.657	0.126	C H
15	60	23.00	17.20	105.20	88.30	63.70	0.610	1.62	0.886	1.82	0.685	0.296	0.389	0.807	0.49	1.706	1.025	2.65	0.44	0.44	1.00	0.674	0.155	C H
16	60	23.00	17.50	107.90	92.00	67.30	0.604	1.66	0.367	1.86	0.625	0.289	0.336	0.938	0.60	1.618	0.996	2.72	0.60	0.60	1.00	0.629	0.109	C H
17	60	23.00	19.70	113.20	102.10	75.50	0.500	1.75	0.352	1.83	0.695	0.288	0.407	0.521	1.23	1.236	0.914	2.60	1.00	1.10	1.10	0.490	0.107	C H
18	60	23.00	22.30	121.60	126.10	98.10	0.240	1.87	0.285	2.00	0.717	0.303	0.414	-0.152	.	0.855	0.798	2.80	1.25	1.60	1.28	0.199	0.094	C H
19	60	23.00	19.80	113.50	106.60	78.70	0.442	1.75	0.354	1.90	0.660	0.286	0.374	0.417	1.48	1.313	0.991	2.80	1.10	1.10	1.00	0.498	0.118	C H
20	60	23.00	20.00	106.30	107.30	81.60	0.303	1.64	0.315	1.89	0.426	0.336	0.090	-0.367	1.58	1.109	0.834	2.65	1.60	1.60	1.00	0.371	0.036	M L - OL
21	60	23.00	20.70	109.50	111.50	84.10	0.302	1.69	0.326	1.91	0.456	0.306	0.150	-0.027	1.46	1.091	0.881	2.70	2.40	2.40	1.00	0.351	0.041	M L - OL
22	60	23.00	19.90	113.90	111.60	86.10	0.323	1.75	0.296	1.98	0.470	0.319	0.151	0.026	2.51	1.117	0.829	2.80	1.70	1.70	1.00	0.387	0.036	M L - OL
23	60	23.00	21.00	112.10	112.80	85.60	0.310	1.73	0.318	1.90	0.500	0.325	0.175	-0.086	2.70	1.028	0.845	2.66	1.80	1.80	1.00	0.332	0.053	M H - OH
24	60	23.00	20.50	111.60	111.50	83.50	0.337	1.72	0.335	1.92	0.472	0.322	0.150	0.100	2.53	1.171	0.936	2.79	1.80	1.80	1.00	0.353	0.042	M L - OL
25	60	23.00	20.80	103.10	109.20	81.00	0.273	1.59	0.348	1.86	0.451	0.304	0.147	-0.211	1.28	1.134	0.922	2.65	2.00	2.00	1.00	0.366	0.044	M L - OL
26	60	23.00	20.10	111.10	110.30	83.80	0.326	1.71	0.316	1.94	0.480	0.313	0.167	0.078	2.68	1.149	0.875	2.77	1.30	1.30	1.00	0.363	0.053	M L - OL
27	60	23.00	19.90	109.10	108.20	82.30	0.326	1.68	0.315	1.92	0.460	0.301	0.159	0.157	1.51	1.150	0.855	2.72	1.12	1.12	1.00	0.338	0.036	M L - OL
28	60	23.00	20.50	108.20	109.60	82.20	0.316	1.67	0.333	1.89	0.425	0.348	0.077	-0.415	.	1.131	0.898	2.69	2.10	2.10	1.00	0.319	0.030	M L - OL
29	60	23.00	21.60	135.70	133.10	113.50	0.196	2.08	0.173	2.18	0.375	0.192	0.183	0.022	.	0.565	0.473	2.74	0.75	1.40	1.87	0.137	0.032	C L
30	60	23.00	20.40	116.20	108.20	79.60	0.460	1.79	0.360	1.88	0.875	0.385	0.490	0.153	0.40	1.233	0.983	2.74	0.75	0.75	1.00	0.431	0.183	M H - OH
31	60	23.00	19.80	117.40	108.60	84.00	0.398	1.81	0.293	1.94	0.587	0.317	0.270	0.300	.	1.088	0.785	2.68	0.50	0.80	1.60	0.373	0.078	M H - OH
32	60	23.00	22.10	130.70	130.60	106.70	0.225	2.01	0.224	2.09	0.415	0.289	0.126	-0.508	2.88	0.683	0.620	2.77	1.25	3.00	2.40	0.165	0.031	M L - OL
33	60	23.00	22.40	129.10	126.30	101.30	0.274	1.99	0.247	2.00	0.360	0.226	0.134	0.358	.	0.695	0.653	2.64	1.50	0.90	0.60	0.119	0.036	C L
34	60	23.00	22.50	124.90	124.70	96.70	0.292	1.93	0.290	1.92	0.505	0.269	0.236	0.100	.	0.818	0.787	2.72	1.60	1.20	0.75	0.118	0.039	C H
35	60	23.00	23.00	115.40	117.20	81.20	0.421	1.78	0.443	1.80	0.810	0.411	0.399	0.025	.	1.236	1.240	2.80	2.00	1.40	0.70	0.094	0.046	M H - OH
36	60	23.00	22.70	114.80	115.30	82.50	0.392	1.77	0.398	1.80	0.625	0.385	0.240	0.030	.	1.077	1.045	2.76	1.50	1.20	0.80	0.097	0.031	M H - OH
37	60	23.00	21.60	119.90	118.40	93.20	0.287	1.85	0.270	1.94	0.410	0.260	0.150	0.180	.	0.812	0.702	2.60	0.82	0.82	1.00	0.185	0.025	M L - OL
38	60	23.00	22.20	130.50	130.00	107.40	0.215	2.00	0.210	2.10	0.470	0.257	0.213	-0.197	.	0.618	0.563	2.68	1.00	1.10	1.10	0.120	0.018	C L

Tablo A.1: Konsolidasyon Deneyi Numune Özellikleri

NO	d (mm)	h_0 (mm)	h_f (mm)	W_0 (gr)	W_f (gr)	W_{fk} (gr)	w_0 (%)	γ_0 (t/m^3)	w_f (%)	γ_f (t/m^3)	w_L (%)	w_P (%)	I_P (%)	I_L (%)	q_u (kg/cm^2)	e0	en	γ (t/m^3)	P_0 (kg/cm^2)	Pc	AKO	Cc1	Cs	ZEMİN SINIFI
39	60	23.00	22.30	106.50	107.60	70.80	0.504	1.64	0.520	1.71	0.800	0.469	0.331	0.106	.	1.492	1.405	2.70	0.75	0.95	1.27	0.255	0.049	M H - OH
40	60	23.00	23.00	120.70	120.40	90.30	0.336	1.95	0.333	1.85	0.570	0.336	0.234	0.000	.	0.862	0.862	2.60	1.40	1.40	1.00	0.109	0.045	M H - OH
41	60	23.00	19.60	121.60	112.70	91.60	0.328	1.87	0.230	2.07	0.400	0.196	0.204	0.647	0.45	0.896	0.615	2.67	0.50	0.63	1.26	0.280	0.037	C L
42	60	23.00	20.20	126.00	119.50	98.70	0.277	1.94	0.211	2.10	0.350	0.178	0.172	0.576	0.82	0.792	0.573	2.72	0.50	1.05	2.10	0.272	0.030	C L
43	60	23.00	22.20	118.60	117.70	87.90	0.350	1.82	0.339	1.88	0.555	0.364	0.191	-0.007	.	1.033	0.958	2.74	0.85	1.00	1.18	0.252	0.046	M H - OH
44	60	23.00	20.30	109.60	102.20	72.40	0.514	1.69	0.412	1.78	0.800	0.391	0.409	0.301	.	1.350	1.080	2.62	0.25	2.20	8.80	0.618	0.107	M H - OH
45	60	23.00	22.80	125.60	125.30	95.80	0.311	1.94	0.308	1.95	0.635	0.335	0.300	-0.008	2.77	0.869	0.845	2.74	1.00	3.60	4.80	0.194	0.054	M H - OH
46	60	22.90	21.70	110.70	114.40	82.60	0.340	1.71	0.385	1.87	0.805	0.358	0.447	-0.004	2.38	1.192	1.078	2.80	1.00	2.70	2.70	0.365	0.075	C H
47	60	22.90	20.70	129.70	124.00	103.20	0.257	2.00	0.202	2.12	0.375	0.220	0.155	0.239	1.44	0.719	0.552	2.74	0.75	1.80	2.40	0.235	0.031	C L
48	60	23.00	21.70	110.80	109.40	77.80	0.424	1.70	0.406	1.78	0.705	0.451	0.254	-0.106	.	1.183	1.064	2.62	0.50	3.60	7.20	0.267	0.032	M H - OH
49	60	23.00	21.40	87.90	89.20	44.70	0.967	1.35	0.995	1.47	1.290	0.872	0.418	0.227	.	3.062	2.786	2.80	1.00	2.00	2.00	0.404	0.071	M H - OH
50	60	23.00	21.40	100.90	102.40	65.20	0.548	1.55	0.571	1.69	1.065	0.573	0.492	-0.051	0.37	1.790	1.599	2.80	0.75	2.10	2.80	0.305	0.049	M H - OH
51	60	23.00	22.30	107.40	106.00	68.80	0.561	1.66	0.540	1.68	0.715	0.446	0.269	0.428	.	1.523	1.442	2.67	1.25	1.80	1.44	0.170	0.047	M H - OH
52	60	22.90	21.60	104.00	102.60	66.60	0.561	1.61	0.540	1.68	0.740	0.527	0.213	0.160	.	1.594	1.440	2.66	1.50	2.80	1.87	0.258	0.034	M H - OH
53	60	22.90	22.00	109.00	107.70	73.20	0.489	1.69	0.471	1.73	0.590	0.430	0.160	0.369	0.72	1.339	1.245	2.64	0.75	2.80	3.73	0.150	0.019	M H - OH
54	60	22.70	20.20	117.10	114.40	89.20	0.313	1.83	0.283	1.97	0.475	0.315	0.160	-0.013	0.92	1.012	0.792	2.80	0.25	1.80	7.20	0.289	0.039	M L - OL
55	60	23.00	21.50	95.70	98.00	58.00	0.650	1.47	0.690	1.61	0.970	0.604	0.366	0.126	.	2.139	1.932	2.80	1.75	1.75	1.00	0.316	0.055	M H - OH
56	60	22.90	22.05	99.20	96.70	55.80	0.778	1.53	0.733	1.55	1.040	0.695	0.345	0.241	.	2.021	1.906	2.60	0.75	4.70	6.27	0.442	0.053	M H - OH
57	60	22.90	21.10	80.00	85.50	40.20	0.990	1.24	1.126	1.43	1.660	0.711	0.949	0.294	1.06	3.503	3.153	2.80	1.00	2.60	2.60	0.926	0.189	M H - OH
58	60	22.90	22.20	134.10	133.60	110.10	0.218	2.07	0.213	2.13	0.440	0.235	0.205	-0.083	.	0.650	0.596	2.80	1.00	2.40	2.40	0.139	0.033	C L
59	60	23.00	22.20	134.90	135.90	113.80	0.185	2.07	0.194	2.17	0.435	0.240	0.195	-0.282	.	0.598	0.543	2.80	1.25	3.00	2.40	0.143	0.033	C L
60	60	22.80	22.50	129.40	130.50	104.10	0.243	2.01	0.254	2.05	0.500	0.304	0.196	-0.311	.	0.736	0.711	2.80	1.25	1.60	1.28	0.130	0.055	M H - OH
61	60	23.00	22.60	126.50	129.40	102.00	0.240	1.95	0.269	2.03	0.430	0.256	0.174	-0.092	.	0.783	0.753	2.80	1.75	2.60	1.49	0.229	0.081	C L
62	60	22.60	21.90	132.20	132.00	109.10	0.212	2.07	0.210	2.13	0.400	0.236	0.164	-0.146	.	0.636	0.588	2.80	1.25	2.40	1.92	0.121	0.034	C L
63	60	22.80	21.70	135.00	134.40	114.40	0.180	2.09	0.175	2.18	0.360	0.213	0.147	-0.224	.	0.559	0.484	2.77	1.50	2.80	1.87	0.143	0.019	C L
64	60	22.90	22.00	135.20	134.10	112.10	0.206	2.09	0.196	2.15	0.340	0.206	0.134	0.000	.	0.608	0.547	2.79	1.50	3.60	2.40	0.158	0.027	C L
65	60	22.70	22.30	132.60	133.80	110.10	0.204	2.07	0.215	2.12	0.450	0.264	0.186	-0.323	.	0.633	0.602	2.80	1.00	2.00	2.00	0.135	0.047	C L
66	60	22.60	21.90	130.40	130.10	106.00	0.230	2.04	0.227	2.10	0.420	0.249	0.171	-0.111	.	0.685	0.636	2.80	1.50	2.20	1.47	0.170	0.052	C L
67	60	22.90	21.30	117.00	114.80	88.80	0.318	1.81	0.293	1.91	0.515	0.307	0.208	0.053	1.39	0.897	0.762	2.60	1.25	1.90	1.52	0.224	0.043	M H - OH
68	60	23.00	22.00	127.60	124.80	97.40	0.310	1.96	0.281	2.01	0.500	0.275	0.225	0.155	1.37	0.867	0.787	2.80	2.00	3.20	1.60	0.223	0.046	C H
69	60	22.90	18.48	106.80	95.90	68.00	0.570	1.65	0.411	1.84	0.730	0.358	0.372	0.570	0.48	1.664	1.151	2.80	0.70	0.70	1.00	0.579	0.126	M H - OH
70	60	22.90	21.60	122.60	118.40	93.90	0.306	1.89	0.261	1.94	0.465	0.272	0.193	0.176	2.48	0.769	0.671	2.60	2.00	2.00	1.00	0.185	0.036	M L - OL
71	60	23.00	21.50	128.90	125.50	103.00	0.252	1.98	0.219	2.07	0.420	0.246	0.174	0.034	3.52	0.698	0.588	2.69	0.75	1.60	2.13	0.195	0.041	C L
72	60	23.00	21.10	130.60	128.30	106.80	0.223	2.01	0.201	2.15	0.380	0.214	0.166	0.054	1.54	0.703	0.563	2.80	1.20	1.20	1.00	0.156	0.024	C L
73	60	23.00	21.40	126.10	123.30	98.40	0.282	1.94	0.253	2.04	0.470	0.255	0.215	0.126	1.09	0.828	0.699	2.77	1.50	2.20	1.47	0.219	0.038	C L
74	60	23.00	17.90	100.30	92.80	65.80	0.525	1.54	0.411	1.84	0.720	0.270	0.450	0.567	0.75	1.857	1.151	2.80	0.75	1.30	1.73	0.998	0.110	C H

Tablo A.1: Konsolidasyon Deneyi Numune Özellikleri

NO	d (mm)	h_0 (mm)	h_f (mm)	W_0 (gr)	W_f (gr)	W_{fk} (gr)	w_0 (%)	γ_0 (t/m^3)	w_f (%)	γ_f (t/m^3)	w_L (%)	w_P (%)	I_P (%)	I_L (%)	q_u (kg/cm^2)	e0	en	γ (t/m^3)	P_0 (kg/cm^2)	Pc	AKO	Cc1	Cs	ZEMİN SINIFI
75	60	23.00	20.50	114.20	107.00	76.40	0.495	1.76	0.401	1.85	0.720	0.290	0.430	0.477	0.78	1.413	1.121	2.80	0.25	1.80	7.20	0.552	0.124	C H
76	60	23.00	22.00	118.00	116.10	85.40	0.382	1.82	0.359	1.87	0.330	0.200	0.130	1.400	.	1.112	0.975	2.71	0.93	0.93	1.00	0.283	0.072	C L
77	60	23.00	21.00	124.40	119.10	94.50	0.316	1.91	0.260	2.01	0.340	0.230	0.110	0.782	.	0.896	0.708	2.72	0.70	0.70	1.00	0.185	0.022	C L
78	60	23.00	22.10	118.40	121.80	92.90	0.274	1.82	0.311	1.95	0.481	0.301	0.180	-0.150	.	0.933	0.860	2.76	0.80	4.50	5.60	0.214	0.022	M L - OL
79	60	23.00	21.60	115.90	117.40	90.30	0.283	1.78	0.300	1.92	0.415	0.255	0.160	0.175	.	0.912	0.799	2.66	0.80	2.80	3.50	0.230	0.023	C L
80	60	23.00	22.20	123.80	123.20	95.70	0.294	1.90	0.288	1.96	0.590	0.255	0.335	0.116	1.85	0.845	0.781	2.72	0.50	2.10	4.20	0.296	0.094	C H
81	60	23.00	21.80	117.00	116.40	85.50	0.369	1.80	0.362	1.89	0.490	0.307	0.183	0.339	1.30	1.120	1.007	2.79	0.50	1.80	3.60	0.401	0.130	M L - OL
82	60	23.00	22.30	115.70	115.90	82.20	0.408	1.78	0.410	1.84	0.580	0.380	0.200	0.140	4.18	1.270	1.149	2.80	2.00	3.60	1.80	0.309	0.052	M H - OH
83	60	23.00	20.30	120.10	111.70	85.60	0.403	1.85	0.305	1.95	0.443	0.273	0.170	0.765	1.15	1.109	0.834	2.73	1.20	1.20	1.00	0.316	0.036	M L - OL
84	60	23.00	20.00	113.80	105.90	79.00	0.441	1.75	0.341	1.87	0.435	0.285	0.150	1.040	1.17	1.217	0.908	2.67	1.30	1.30	1.00	0.379	0.050	M L - OL
85	60	23.00	20.30	119.30	111.30	84.60	0.410	1.84	0.316	1.94	0.430	0.290	0.140	0.857	0.96	1.161	0.871	2.76	1.00	1.00	1.00	0.328	0.047	M L - OL
86	60	23.00	21.20	111.90	108.90	76.90	0.455	1.72	0.416	1.82	0.520	0.248	0.272	0.761	.	1.351	1.147	2.76	0.80	12.00	15.00	0.650	0.076	C H
87	60	23.00	21.80	126.20	125.00	100.30	0.258	1.94	0.246	2.13	0.535	0.252	0.283	0.021	3.61	0.768	0.669	2.72	1.00	3.40	3.40	0.258	0.068	C H
88	60	23.00	19.00	115.60	106.20	82.10	0.408	1.78	0.294	1.98	0.530	0.252	0.278	0.561	0.92	1.219	0.814	2.77	1.25	0.70	0.56	0.427	0.094	C H
89	60	23.00	18.50	116.40	106.90	88.30	0.318	1.79	0.211	2.05	0.385	0.246	0.139	0.518	0.20	0.906	0.552	2.62	1.20	0.60	0.50	0.302	0.041	C L
90	60	23.00	20.80	132.60	127.30	108.50	0.222	2.04	0.173	2.17	0.310	0.199	0.111	0.207	0.66	0.642	0.470	2.71	5.60	5.60	1.00	0.256	0.024	C L
91	60	23.00	21.20	134.00	129.80	109.60	0.223	2.06	0.184	2.16	0.385	0.182	0.203	0.202	2.09	0.643	0.509	2.76	4.00	4.00	1.00	0.257	0.043	C L
92	60	23.00	21.70	132.00	128.40	106.00	0.245	2.03	0.211	2.10	0.338	0.211	0.127	0.268	1.73	0.694	0.576	2.72	3.00	3.00	1.00	0.189	0.029	C L
93	60	23.00	20.00	121.00	112.80	88.10	0.373	1.86	0.280	2.00	0.445	0.215	0.230	0.687	0.77	1.056	0.777	2.77	3.40	3.40	1.00	0.482	0.081	C L
94	60	23.00	21.20	134.30	129.50	109.80	0.223	2.07	0.179	2.16	0.330	0.189	0.141	0.241	2.52	0.633	0.490	2.73	3.20	3.20	1.00	0.231	0.033	C L
95	60	23.00	18.10	109.90	100.00	77.90	0.411	1.69	0.284	1.96	0.520	0.278	0.242	0.550	1.09	1.158	0.761	2.68	2.10	2.10	1.00	0.602	0.072	C H
96	60	23.00	20.20	118.20	111.40	86.30	0.370	1.82	0.291	1.96	0.445	0.227	0.218	0.656	2.02	1.047	0.784	2.70	1.65	1.65	1.00	0.424	0.086	C L
97	60	23.00	21.00	130.50	124.70	102.70	0.271	2.08	0.214	2.10	0.340	0.191	0.149	0.537	1.45	0.764	0.589	2.75	2.75	2.75	1.00	0.249	0.040	C L
98	60	23.00	20.70	122.00	115.40	89.50	0.363	1.88	0.289	1.98	0.530	0.240	0.290	0.424	1.81	1.045	0.794	2.75	1.50	1.50	1.00	0.401	0.087	C H
99	60	23.00	21.80	128.00	124.40	99.40	0.288	1.97	0.252	2.02	0.495	0.219	0.276	0.250	3.86	0.801	0.683	2.72	3.25	3.25	1.00	0.294	0.053	C L
100	60	23.00	18.60	115.40	104.60	82.20	0.404	1.78	0.273	1.99	0.385	0.246	0.139	1.136	0.88	1.152	0.742	2.72	1.40	0.80	0.57	0.448	0.081	C L
101	60	23.00	21.80	135.10	131.70	109.80	0.230	2.08	0.199	2.14	0.400	0.201	0.199	0.146	1.25	0.658	0.552	2.77	1.60	1.60	1.00	0.177	0.029	C L
102	60	23.00	20.60	125.30	120.10	98.00	0.279	1.93	0.226	2.06	0.380	0.288	0.092	-0.098	2.21	0.813	0.612	2.71	0.90	0.90	1.00	0.205	0.028	M L - OL
103	60	23.00	21.40	138.10	136.00	119.40	0.157	2.13	0.139	2.24	0.235	0.160	0.075	-0.040	2.83	0.499	0.378	2.72	0.75	0.90	1.20	0.155	0.034	C L
104	60	23.00	21.70	134.20	135.40	118.90	0.129	2.07	0.139	2.21	0.230	0.160	0.070	-0.443	1.35	0.455	0.368	2.65	0.50	2.00	4.00	0.111	0.012	C L
105	60	23.00	23.10	122.10	124.10	91.50	0.334	1.88	0.356	1.90	0.690	0.357	0.333	-0.069	.	0.990	0.997	2.80	1.80	4.00	2.20	0.164	0.117	M H - OH
106	60	23.00	22.50	116.90	116.30	84.80	0.379	1.80	0.371	1.83	0.810	0.340	0.470	0.083	.	1.030	0.981	2.64	2.50	2.50	1.00	0.322	0.117	C H
107	60	23.00	22.70	121.30	121.50	89.70	0.352	1.87	0.355	1.89	0.745	0.384	0.361	-0.089	.	1.003	0.981	2.77	2.40	2.90	1.21	0.190	0.070	M H - OH
108	60	23.00	22.10	126.40	127.20	100.80	0.254	1.94	0.262	2.04	0.680	0.250	0.430	0.090	3.19	0.807	0.734	2.80	1.50	1.50	1.00	0.192	0.070	C H
109	60	23.00	23.40	126.00	129.20	98.20	0.283	1.94	0.316	1.95	0.660	0.375	0.285	-0.323	.	0.854	0.885	2.80	2.75	5.50	2.00	0.220	0.080	M H - OH
110	60	23.00	22.50	109.50	109.10	72.60	0.508	1.69	0.503	1.72	0.865	0.441	0.424	0.158	.	1.395	1.347	2.68	1.75	3.60	2.06	0.304	0.080	M H - OH

Tablo A.1: Konsolidasyon Deneyi Numune Özellikleri

NO	d (mm)	h_0 (mm)	h_f (mm)	W_0 (gr)	W_f (gr)	W_{fk} (gr)	w_0 (%)	γ_0 (t/m^3)	w_f (%)	γ_f (t/m^3)	w_L (%)	w_P (%)	I_P (%)	I_L (%)	q_u (kg/cm^2)	e0	en	γ (t/m^3)	P_0 (kg/cm^2)	Pc	AKO	Cc1	Cs	ZEMİN SINIFI
111	60	23.00	22.60	111.60	112.10	74.60	0.496	1.72	0.503	1.76	0.830	0.454	0.376	0.112	.	1.458	1.420	2.83	1.50	2.75	1.83	0.309	0.119	M H - OH
112	60	23.00	21.40	126.10	122.90	98.90	0.275	1.94	0.243	2.03	0.475	0.228	0.247	0.190	2.47	0.794	0.658	2.71	0.50	1.55	3.10	0.236	0.050	C L
113	60	22.90	22.70	132.00	134.00	109.30	0.208	2.04	0.226	2.09	0.430	0.254	0.176	-0.261	.	0.638	0.626	2.78	0.50	3.60	7.20	0.130	0.035	C L
114	60	22.90	17.30	113.20	96.90	77.20	0.466	1.75	0.255	1.98	0.520	0.291	0.229	0.764	.	1.214	0.675	2.64	1.00	1.00	1.00	0.484	0.041	M H - OH
115	60	23.00	17.20	108.50	83.90	70.00	0.550	1.67	0.199	1.73	0.730	0.356	0.374	1.187	.	1.599	0.944	2.80	0.60	0.60	1.00	0.661	0.112	M H - OH
116	60	23.00	21.70	122.40	121.10	93.00	0.316	1.89	0.302	1.97	0.610	0.277	0.333	0.117	.	0.957	0.846	2.80	0.25	1.80	7.20	0.220	0.047	C H
117	60	22.90	22.00	132.50	131.50	111.00	0.194	2.05	0.185	2.12	0.390	0.229	0.161	-0.217	.	0.554	0.492	2.66	0.50	2.80	5.60	0.135	0.025	C L
118	60	23.00	22.50	139.90	139.20	118.00	0.185	2.15	0.180	2.19	0.355	0.195	0.160	-0.063	.	0.535	0.500	2.78	1.00	2.00	2.00	0.094	0.030	C L
119	60	22.70	22.40	129.70	129.70	103.90	0.248	2.02	0.248	2.02	0.460	0.287	0.173	-0.225	.	0.711	0.688	2.77	0.50	2.60	5.20	0.130	0.045	M L - OL
120	60	23.00	21.10	134.20	132.40	113.60	0.181	2.07	0.165	1.91	0.365	0.189	0.176	-0.045	.	0.594	0.461	2.78	0.25	1.75	7.00	0.193	0.017	C L
121	60	23.00	19.80	119.10	113.00	92.10	0.293	1.83	0.227	2.02	0.420	0.205	0.215	0.409	1.23	0.853	0.596	2.63	0.80	0.80	1.00	0.312	0.067	C L
122	60	23.00	20.20	117.70	116.90	94.10	0.251	1.81	0.242	2.05	0.552	0.262	0.290	-0.038	1.68	0.835	0.665	2.74	1.00	1.00	1.00	0.266	0.054	C H
123	60	23.00	20.20	118.30	117.10	94.90	0.246	1.82	0.234	2.05	0.410	0.225	0.185	0.114	.	0.864	0.636	2.72	0.25	1.00	4.00	0.281	0.043	C L
124	60	23.00	20.90	128.70	124.80	102.20	0.259	1.98	0.210	2.11	0.410	0.188	0.222	0.320	1.05	0.786	0.619	2.80	0.50	1.90	3.80	0.253	0.041	C L
125	60	23.00	21.00	125.40	120.50	96.80	0.295	1.93	0.245	2.01	0.450	0.218	0.232	0.332	.	0.825	0.665	2.72	0.75	1.80	2.40	0.302	0.059	C L
126	60	23.00	21.00	128.00	124.80	105.20	0.217	1.97	0.186	2.10	0.350	0.179	0.171	0.222	0.84	0.634	0.493	2.65	0.75	1.80	2.40	0.213	0.030	C L
127	60	23.00	19.20	115.30	105.70	80.10	0.440	1.77	0.320	1.95	0.410	0.230	0.180	1.167	0.47	1.267	0.896	2.80	0.85	0.90	1.06	0.426	0.073	C L
128	60	23.00	17.55	104.60	90.80	64.10	0.632	1.61	0.416	1.83	0.610	0.290	0.320	1.069	.	1.838	1.165	2.80	0.55	0.45	0.82	0.639	0.150	C H
129	60	23.00	20.00	121.10	112.40	88.40	0.370	1.86	0.271	1.99	0.320	0.200	0.120	1.417	0.87	1.001	0.738	2.72	0.40	1.20	3.00	0.329	0.064	C L
130	60	23.00	17.20	103.60	88.70	63.80	0.624	1.59	0.390	1.82	0.660	0.320	0.340	0.894	.	1.888	1.200	2.69	0.85	0.45	0.53	0.631	0.169	C H
131	60	23.00	15.53	99.70	82.70	60.40	0.650	1.53	0.369	1.88	0.770	0.350	0.420	0.714	.	2.010	1.033	2.80	1.10	0.40	0.36	0.781	0.151	C H
132	60	23.00	18.33	102.70	92.00	62.60	0.640	1.58	0.470	1.78	0.690	0.350	0.340	0.853	0.22	1.905	1.316	2.80	0.90	0.90	1.00	0.823	0.109	M H - OH
133	60	23.00	20.12	125.80	110.10	96.80	0.300	1.94	0.230	2.09	0.360	0.260	0.100	0.400	.	0.880	0.644	2.80	0.40	0.95	2.40	0.226	0.023	M L - OL
134	60	23.00	20.80	121.40	115.10	89.90	0.350	1.87	0.280	1.96	0.400	0.270	0.130	0.615	0.55	0.935	0.750	2.68	0.50	0.80	1.60	0.217	0.021	M L - OL
135	60	23.00	17.33	101.30	88.80	61.90	0.637	1.56	0.434	1.81	0.780	0.300	0.480	0.702	0.60	1.941	1.215	2.80	1.00	0.65	0.65	0.807	0.172	C H
136	60	23.00	18.40	112.20	100.50	77.30	0.451	1.73	0.300	1.93	0.380	0.210	0.170	1.418	0.28	1.257	0.806	2.68	0.50	0.75	1.50	0.490	0.087	C L
137	60	23.00	18.15	103.20	92.90	64.80	0.593	1.59	0.434	1.81	0.700	0.310	0.390	0.726	0.60	1.805	1.215	2.80	0.70	0.70	1.00	0.683	0.158	C H
138	60	23.00	18.88	110.40	99.60	72.00	0.534	1.70	0.384	1.87	0.640	0.320	0.320	0.669	.	1.528	1.075	2.80	0.75	0.90	1.20	0.621	0.144	M H - OH
139	60	23.00	20.18	122.90	116.40	92.40	0.330	1.89	0.260	2.04	0.420	0.280	0.140	0.357	.	0.970	0.728	2.80	0.50	1.10	2.20	0.234	0.024	M L - OL
140	60	23.00	19.20	115.00	106.30	82.10	0.400	1.77	0.295	1.96	0.420	0.260	0.160	0.875	.	1.161	0.805	2.73	0.60	1.50	2.50	0.435	0.058	M L - OL
141	60	23.00	21.73	125.30	121.50	94.90	0.320	1.93	0.280	1.98	0.670	0.330	0.340	-0.029	0.55	0.866	0.764	2.73	0.75	1.80	2.40	0.249	0.073	M H - OH
142	60	23.00	18.22	91.20	85.40	52.70	0.730	1.40	0.620	1.66	0.890	0.480	0.410	0.610	0.61	2.456	1.736	2.80	0.40	0.90	2.30	1.310	0.246	M H - OH
143	60	23.00	20.06	124.20	116.70	93.40	0.330	1.91	0.250	2.06	0.400	0.280	0.120	0.417	.	0.949	0.700	2.80	0.40	2.20	5.50	0.324	0.036	M L - OL
144	60	23.00	17.86	105.80	91.60	64.90	0.630	1.41	0.411	1.81	0.690	0.320	0.370	0.838	.	1.732	1.122	2.73	0.55	0.95	1.73	0.799	0.155	C H
145	60	23.00	17.61	113.40	101.20	80.00	0.418	1.74	0.265	2.03	0.300	0.210	0.090	2.311	0.38	1.275	0.742	2.80	0.95	0.95	1.00	0.510	0.070	C L
146	60	23.00	18.35	107.70	95.70	69.60	0.547	1.66	0.375	1.85	0.630	0.270	0.360	0.769	.	1.524	1.013	2.70	0.75	0.65	0.87	0.583	0.142	C H

Tablo A.1: Konsolidasyon Deneyi Numune Özellikleri

NO	d (mm)	h_0 (mm)	h_f (mm)	W_0 (gr)	W_f (gr)	W_{fk} (gr)	w_0 (%)	γ_0 (t/m^3)	w_f (%)	γ_f (t/m^3)	w_L (%)	w_P (%)	I_P (%)	I_L (%)	q_u (kg/cm^2)	e0	en	γ (t/m^3)	P_0 (kg/cm^2)	Pc	AKO	Cc1	Cs	ZEMİN SINIFI
147	60	23.00	20.16	113.80	108.30	79.80	0.426	1.75	0.357	1.90	0.810	0.435	0.375	-0.024	2.55	1.282	1.000	2.80	1.75	2.50	1.43	0.469	0.052	M H - OH
148	60	23.00	19.68	108.60	101.80	73.80	0.472	1.67	0.379	1.83	0.730	0.403	0.327	0.211	2.65	1.355	1.014	2.67	1.75	2.40	1.37	0.621	0.079	M H - OH
149	60	23.00	21.63	124.40	122.40	95.80	0.299	1.91	0.278	2.00	0.535	0.264	0.271	0.129	4.33	0.891	0.778	2.80	1.50	2.40	1.60	0.259	0.058	C H
150	60	23.00	18.91	105.60	95.90	66.20	0.595	1.63	0.449	1.79	0.655	0.392	0.263	0.772	1.79	1.741	1.253	2.79	0.75	2.00	2.67	0.888	0.116	M H - OH
151	60	23.00	19.44	128.70	120.50	102.20	0.259	1.98	0.179	2.19	0.260	0.181	0.079	0.987	.	0.725	0.500	2.79	0.75	0.75	1.00	0.211	0.051	C L
152	60	23.00	21.50	123.30	120.30	92.50	0.333	1.90	0.300	1.98	0.590	0.264	0.326	0.212	2.73	0.968	0.840	2.80	0.75	1.60	2.13	0.262	0.065	C H
153	60	23.00	21.21	124.70	120.90	94.80	0.315	1.92	0.275	2.02	0.525	0.225	0.300	0.300	2.47	0.919	0.770	2.80	0.75	1.30	1.73	0.249	0.053	C H
154	60	23.00	20.15	125.80	120.00	98.10	0.282	1.94	0.223	2.11	0.335	0.185	0.150	0.647	.	0.857	0.626	2.71	0.70	0.70	1.00	0.238	0.040	C L
155	60	23.00	22.00	126.20	125.10	100.00	0.262	1.95	0.251	2.01	0.498	0.235	0.263	0.103	3.92	0.754	0.677	2.63	1.50	2.40	1.60	0.208	0.047	C L
156	60	23.00	21.38	124.20	121.50	95.10	0.306	1.91	0.278	2.01	0.499	0.215	0.284	0.320	2.16	0.912	0.778	2.80	0.75	1.40	1.87	0.256	0.063	C L
157	60	23.00	20.16	123.80	116.30	93.70	0.321	1.91	0.241	2.40	0.425	0.229	0.196	0.469	0.80	0.890	0.657	2.72	0.96	0.95	1.00	0.285	0.055	C L
158	60	23.00	19.69	124.90	116.90	97.80	0.277	1.92	0.195	2.10	0.535	0.228	0.307	0.160	0.48	0.780	0.523	2.68	0.75	0.75	1.00	0.265	0.040	C H
159	60	23.00	20.68	120.80	115.50	89.00	0.357	1.86	0.298	1.98	0.620	0.283	0.337	0.220	1.96	1.037	0.831	2.79	0.50	1.30	2.60	0.339	0.079	C H
160	60	23.00	20.35	121.00	114.50	88.60	0.366	1.86	0.292	1.99	0.660	0.286	0.374	0.214	1.61	1.054	0.818	2.80	0.50	1.20	2.40	0.359	0.078	C H
161	60	23.00	20.62	118.00	112.40	84.20	0.402	1.82	0.335	1.93	0.400	0.212	0.188	1.011	0.95	1.163	0.938	2.80	1.00	1.20	1.20	0.366	0.086	C L
162	60	23.00	18.87	107.90	108.40	85.60	0.261	1.66	0.266	2.03	0.590	0.288	0.302	-0.089	5.01	0.783	0.745	2.80	1.50	2.80	1.87	0.183	0.040	C H
163	60	23.00	20.61	120.80	115.50	89.40	0.351	1.86	0.292	1.98	0.560	0.381	0.179	-0.168	0.82	1.023	0.813	2.78	1.00	1.10	1.10	0.336	0.080	M H - OH
164	60	23.00	20.45	117.00	111.40	83.40	0.403	1.80	0.336	1.93	0.620	0.309	0.311	0.302	1.45	1.183	0.941	2.80	0.50	1.40	2.80	0.423	0.097	C H
165	60	23.00	21.64	125.40	127.30	107.40	0.168	1.93	0.185	2.08	0.475	0.291	0.184	-0.668	.	0.574	0.481	2.60	1.50	2.40	1.60	0.128	0.016	M L - OL
166	60	23.00	20.86	126.60	121.60	98.40	0.287	1.95	0.236	2.06	0.403	0.223	0.180	0.356	2.39	0.816	0.649	2.75	0.50	1.20	2.40	0.244	0.052	C L
167	60	23.00	22.04	122.70	124.10	98.70	0.243	1.89	0.257	2.00	0.500	0.260	0.240	-0.071	.	0.761	0.688	2.68	1.75	1.75	1.00	0.172	0.040	C H
168	60	23.00	22.24	119.20	120.20	91.60	0.301	1.81	0.312	1.91	0.594	0.274	0.320	0.084	.	0.896	0.835	2.67	1.50	1.50	1.00	0.131	0.041	C H
169	60	23.00	21.86	122.40	124.10	99.40	0.231	1.89	0.248	2.01	0.558	0.288	0.270	-0.211	.	0.754	0.666	2.68	1.60	1.60	1.00	0.147	0.032	C H
170	60	23.00	22.63	128.10	128.10	102.00	0.256	1.97	0.256	2.00	0.420	0.232	0.188	0.128	.	0.715	0.689	2.69	1.50	2.60	1.73	0.108	0.035	C L
171	60	23.00	21.75	117.20	118.30	90.90	0.289	1.80	0.301	1.92	0.588	0.316	0.272	-0.099	.	0.908	0.804	2.67	1.25	1.80	1.44	0.199	0.039	M H - OH
172	60	23.00	21.73	123.70	122.00	94.30	0.312	1.90	0.294	1.99	0.400	0.217	0.183	0.519	2.63	0.929	0.823	2.80	1.60	1.60	1.00	0.186	0.041	C L
173	60	23.00	21.44	124.40	121.80	97.50	0.276	1.92	0.249	2.01	0.518	0.267	0.251	0.036	2.84	0.790	0.669	2.69	1.40	1.40	1.00	0.235	0.060	C H
174	60	23.00	20.51	134.60	124.50	105.50	0.276	1.98	0.180	2.15	0.330	0.200	0.130	0.585	0.80	0.666	0.486	2.70	1.50	5.00	3.33	0.587	0.027	C L
175	60	23.00	19.95	118.10	114.20	91.90	0.285	1.82	0.243	2.03	0.420	0.220	0.200	0.325	1.20	0.909	0.656	2.70	1.00	2.20	2.20	0.346	0.025	C L
176	60	23.00	21.00	131.30	121.70	100.80	0.280	2.02	0.228	2.05	0.270	0.180	0.090	1.111	4.12	0.691	0.544	2.62	1.25	1.80	1.44	0.192	0.028	C L
177	60	23.00	20.30	134.60	123.80	104.90	0.283	2.07	0.800	2.16	0.380	0.200	0.180	0.461	3.00	0.689	0.491	2.73	0.90	0.90	1.00	0.205	0.018	C L
178	60	23.00	21.20	126.20	123.80	101.50	0.243	1.94	0.219	2.07	0.390	0.200	0.190	0.226	1.90	0.726	0.591	2.70	1.00	2.60	2.60	0.255	0.038	C L
179	60	23.00	21.25	124.80	118.20	92.50	0.349	1.92	0.278	1.97	0.420	0.250	0.170	0.582	1.60	0.891	0.747	2.69	1.25	2.30	1.84	0.256	0.026	C L
180	60	23.00	20.30	.	.	.	0.290	.	0.201	.	0.450	0.260	0.190	0.158	2.36	0.780	0.570	.	0.75	1.70	2.27	0.239	0.031	C L
181	60	23.00	21.24	129.40	129.00	100.30	0.290	1.99	0.286	2.02	0.520	0.270	0.250	0.080	2.27	0.960	0.810	2.80	1.00	2.30	2.30	0.265	0.056	C H
182	60	23.00	22.50	133.40	133.30	109.40	0.219	2.05	0.218	2.10	0.420	0.266	0.154	-0.305	.	0.641	0.602	2.76	0.50	2.00	4.00	0.103	0.027	M L - OL

Tablo A.1: Konsolidasyon Deneyi Numune Özellikleri

NO	d (mm)	h_0 (mm)	h_f (mm)	W_0 (gr)	W_f (gr)	W_{fk} (gr)	w_0 (%)	γ_0 (t/m^3)	w_f (%)	γ_f (t/m^3)	w_L (%)	w_P (%)	I_P (%)	I_L (%)	q_u (kg/cm^2)	e0	en	γ (t/m^3)	P_0 (kg/cm^2)	Pc	AKO	Cc1	Cs	ZEMİN SINIFI
183	60	23.00	20.20	.	.	.	0.340	.	0.280	.	0.490	0.290	0.200	0.250	1.45	0.970	0.730	2.81	1.50	1.80	1.20	0.289	0.037	M L - OL
184	60	23.00	21.28	.	.	.	0.240	.	0.220	.	0.520	0.250	0.270	.	3.06	0.600	0.480	2.70	1.00	2.20	2.20	0.180	0.031	C H
185	60	23.00	20.40	115.30	112.80	86.70	0.330	1.77	0.300	1.96	0.520	0.290	0.230	0.174	1.48	1.067	0.827	2.75	1.30	1.30	1.00	0.249	0.025	M H - OH
186	60	23.00	19.80	117.50	110.90	87.40	0.344	1.81	0.269	1.98	0.443	0.295	0.148	0.331	.	1.006	0.723	2.69	0.50	0.90	1.80	0.263	0.020	M L - OL
187	60	23.00	20.55	127.30	120.70	100.20	0.270	1.96	0.205	2.08	0.350	0.214	0.136	0.412	0.43	0.729	0.545	2.66	0.50	0.60	1.20	0.142	0.013	C L
188	60	23.00	18.40	103.30	90.30	60.60	0.690	1.58	0.490	1.74	0.775	0.376	0.399	0.802	0.70	1.885	1.320	2.70	0.55	0.55	1.00	0.669	0.206	M H - OH
189	60	23.00	18.10	100.90	88.30	59.40	0.698	1.57	0.486	1.73	0.880	0.452	0.428	0.575	0.25	1.927	1.310	2.69	0.50	0.50	1.00	0.681	0.209	M H - OH
190	60	23.00	18.40	99.00	89.90	60.10	0.647	1.58	0.496	1.75	0.880	0.372	0.508	0.541	0.19	1.933	1.340	2.70	0.70	0.70	1.00	0.739	0.197	C H
191	60	23.00	18.25	100.60	88.60	58.50	0.719	1.56	0.513	1.72	0.850	0.369	0.481	0.728	0.24	2.103	1.380	2.69	1.75	5.30	3.03	2.630	0.169	C H
192	60	23.00	18.60	101.50	90.60	60.30	0.684	1.58	0.503	1.72	0.985	0.393	0.592	0.492	0.25	0.908	1.360	2.70	0.65	0.65	1.00	0.337	0.223	C H
193	60	23.00	19.00	104.90	96.10	66.40	0.580	1.64	0.451	1.79	0.800	0.409	0.391	0.437	0.44	1.682	1.220	2.70	0.60	0.60	1.00	0.550	0.160	M H - OH
194	60	23.00	19.20	102.80	95.30	65.30	0.575	1.63	0.459	1.77	0.770	0.370	0.400	0.513	0.47	1.698	1.240	2.70	0.75	0.75	1.00	0.583	0.155	M H - OH
195	60	23.00	19.28	98.50	92.40	61.20	0.610	1.56	0.510	1.70	0.960	0.452	0.508	0.311	0.42	1.831	1.370	2.68	0.85	0.85	1.00	0.675	0.189	M H - OH
196	60	23.00	22.40	119.50	122.80	94.40	0.266	1.84	0.301	1.94	0.450	0.288	0.162	-0.136	.	0.861	0.814	2.70	0.25	3.80	15.20	0.217	0.042	M L - OL
197	60	23.00	20.80	120.80	116.90	92.70	0.303	1.86	0.261	1.99	0.400	0.280	0.120	0.192	1.52	0.885	0.699	2.68	0.25	1.60	6.40	0.279	0.040	M L - OL
198	60	23.00	18.50	102.50	90.30	60.50	0.694	1.58	0.493	1.73	0.860	0.414	0.446	0.635	.	1.883	1.324	2.69	0.88	0.88	1.00	0.777	0.190	M H - OH
199	60	23.00	18.30	101.80	88.60	59.30	0.717	1.57	0.494	1.71	1.100	0.445	0.655	0.415	0.36	1.897	1.308	2.65	0.50	0.60	1.20	0.695	0.184	M H - OH
200	60	23.00	19.35	106.10	96.30	67.70	0.567	1.63	0.423	1.76	0.645	0.354	0.291	0.732	0.44	1.474	1.100	2.60	0.65	0.65	1.00	0.483	0.150	M H - OH
201	60	23.00	19.25	108.00	98.70	71.30	0.515	1.66	0.384	1.81	0.710	0.356	0.354	0.449	0.43	1.407	1.015	2.64	0.80	0.80	1.00	0.488	0.111	M H - OH
202	60	23.00	19.26	103.70	96.70	67.40	0.539	1.64	0.434	1.78	0.750	0.369	0.381	0.446	0.61	1.589	1.167	2.69	0.90	0.90	1.00	0.561	0.133	M H - OH
203	60	23.00	19.92	102.40	96.20	63.60	0.610	1.58	0.512	1.71	0.360	0.427	0.433	0.423	0.89	0.742	1.376	2.68	0.80	0.80	1.00	0.248	0.202	C L
204	60	23.00	18.60	97.80	89.60	58.40	0.674	1.50	0.534	1.70	0.835	0.417	0.418	0.615	.	2.016	1.442	2.70	0.45	0.45	1.00	0.658	0.224	M H - OH
205	60	23.00	18.60	103.30	90.60	61.30	0.685	1.59	0.478	1.72	0.850	0.422	0.428	0.614	.	1.839	1.292	2.70	0.74	0.74	1.00	0.674	0.161	M H - OH
206	60	23.00	18.00	105.70	92.40	66.30	0.594	1.63	0.394	1.82	0.725	0.393	0.332	0.605	.	1.644	1.064	2.70	0.57	0.57	1.00	0.548	0.103	M H - OH
207	60	23.00	17.90	105.30	92.80	66.50	0.583	1.62	0.396	1.83	0.650	0.388	0.262	0.744	.	1.652	1.069	2.70	0.75	0.38	0.51	0.496	0.102	M H - OH
208	60	23.00	22.40	122.20	122.10	95.00	0.286	1.88	0.285	1.93	0.505	0.278	0.227	0.035	2.48	0.821	0.770	2.70	0.25	2.00	12.00	0.233	0.056	C H
209	60	23.00	19.90	116.90	109.90	87.20	0.341	1.80	0.260	1.95	0.355	0.250	0.105	0.867	.	0.975	0.702	2.70	0.25	0.95	3.80	0.267	0.020	M L - OL
210	60	23.00	16.50	94.80	79.50	51.70	0.834	1.46	0.538	1.70	0.970	0.456	0.514	0.735	0.36	2.417	1.452	2.71	0.45	0.45	1.00	1.017	0.267	M H - OH
211	60	22.00	21.25	121.70	122.60	99.10	0.228	1.96	0.237	2.04	0.455	0.259	0.196	-0.158	2.22	0.698	0.840	2.70	0.75	2.40	3.20	0.168	0.166	C L
212	60	22.70	21.60	116.10	115.20	84.80	0.369	1.81	0.358	1.89	0.775	0.423	0.352	-0.153	.	1.097	0.992	2.77	0.25	1.90	7.60	0.297	0.077	M H - OH
213	60	22.70	18.85	104.90	96.00	66.60	0.575	1.64	0.442	1.80	0.815	0.492	0.323	0.257	.	1.697	1.238	2.80	0.85	0.85	1.00	0.545	0.095	M H - OH
214	60	23.00	21.60	113.50	112.80	80.60	0.408	1.75	0.400	1.85	0.540	0.413	0.227	-0.022	.	1.257	1.120	2.80	0.50	2.40	4.80	0.310	0.058	M H - OH
215	60	22.70	19.70	108.60	102.40	74.60	0.456	1.69	0.373	1.84	0.535	0.365	0.170	0.535	.	1.308	1.000	2.68	0.50	1.30	2.60	0.439	0.074	M H - OH
216	60	22.70	21.10	115.50	111.00	79.90	0.445	1.80	0.389	1.86	0.840	0.478	0.362	-0.091	.	1.249	1.089	2.80	1.00	1.60	1.60	0.350	0.089	M H - OH
217	60	23.00	21.80	120.40	112.90	86.00	0.400	1.85	0.359	1.90	0.770	0.356	0.414	0.106	.	1.117	1.005	2.80	1.00	1.70	1.70	0.302	0.093	M H - OH
218	60	23.00	20.60	111.30	106.70	76.40	0.457	1.71	0.396	1.83	0.695	0.397	0.298	0.201	.	1.340	1.085	2.74	0.50	1.50	3.00	0.424	0.077	M H - OH

Tablo A.1: Konsolidasyon Deneyi Numune Özellikleri

NO	d (mm)	h_0 (mm)	h_f (mm)	W_0 (gr)	W_f (gr)	W_{fk} (gr)	w_0 (%)	γ_0 (t/m^3)	w_f (%)	γ_f (t/m^3)	w_L (%)	w_P (%)	I_P (%)	I_L (%)	q_u (kg/cm^2)	e0	en	γ (t/m^3)	P_0 (kg/cm^2)	Pc	AKO	Cc1	Cs	ZEMİN SINIFI
219	60	22.90	22.30	126.30	126.80	99.20	0.273	1.95	0.278	2.01	0.620	0.400	0.220	-0.577	.	0.826	0.778	2.80	1.25	2.40	1.92	0.173	0.059	M H - OH
220	60	23.00	21.20	128.90	115.30	86.50	0.490	1.98	0.333	1.92	0.905	0.518	0.387	-0.072	.	1.089	0.926	2.78	0.75	1.90	2.53	0.377	0.085	M H - OH
221	60	22.90	19.60	129.50	113.70	92.40	0.402	2.00	0.231	2.05	0.520	0.313	0.207	0.430	.	0.898	0.626	2.71	0.25	0.95	3.80	0.278	0.025	M H - OH
222	60	22.90	21.90	118.00	120.60	91.30	0.292	1.82	0.321	1.95	0.545	0.415	0.130	-0.946	.	0.981	0.899	2.80	1.50	2.20	1.47	0.210	0.054	M H - OH
223	60	22.90	22.80	123.70	125.90	95.60	0.294	1.91	0.317	1.95	0.640	0.372	0.268	-0.291	.	0.894	0.888	2.80	1.75	4.00	2.29	0.175	0.054	M H - OH
224	60	23.00	21.30	124.00	121.80	95.80	0.294	1.91	0.271	2.02	0.600	0.251	0.349	0.123	.	0.898	0.759	2.80	0.25	1.60	6.40	0.299	0.070	C H
225	60	22.90	21.30	113.80	111.00	79.00	0.440	1.76	0.405	1.84	0.815	0.386	0.429	0.126	.	1.295	1.134	2.80	1.00	2.20	2.20	0.452	0.107	M H - OH
226	60	23.00	20.80	118.80	113.70	86.30	0.377	1.83	0.318	1.93	0.745	0.350	0.395	0.068	0.82	1.075	0.873	2.75	0.50	1.60	3.20	0.362	0.075	M H - OH
227	60	22.90	20.90	124.90	122.90	99.30	0.258	1.93	0.238	2.08	0.435	0.246	0.189	0.063	1.08	0.828	0.666	2.80	0.50	1.60	3.20	0.238	0.037	C L
228	60	23.00	21.80	116.50	114.70	82.60	0.411	1.79	0.389	1.86	0.690	0.384	0.306	0.088	.	1.210	1.089	2.80	1.50	2.80	1.87	0.391	0.080	M H - OH
229	60	23.00	16.50	99.50	83.50	57.40	0.733	1.53	0.455	1.79	0.710	0.394	0.316	1.073	0.21	2.164	1.274	2.80	0.40	0.40	1.00	0.797	0.166	M H - OH
230	60	23.00	18.60	122.60	98.60	73.00	0.680	1.89	0.350	1.87	0.730	0.380	0.350	0.857	0.51	1.407	2.945	2.70	0.60	0.60	1.00	0.469	1.338	M H - OH
231	60	23.00	18.60	109.00	97.50	69.90	0.560	1.68	0.395	1.86	0.680	0.353	0.327	0.633	0.52	1.606	1.106	2.80	0.65	0.65	1.00	0.579	0.130	M H - OH
232	60	22.90	17.00	103.10	87.60	61.50	0.676	1.59	0.424	1.82	0.860	0.391	0.469	0.608	0.40	1.945	1.187	2.80	0.60	0.60	1.00	0.756	0.125	M H - OH
233	60	23.00	17.30	115.90	95.30	72.20	0.605	1.78	0.320	1.95	0.770	0.345	0.425	0.612	0.43	1.522	0.836	2.80	0.55	0.55	1.00	0.594	0.050	C H
234	60	22.90	18.30	108.10	96.50	69.60	0.554	1.67	0.386	1.87	0.640	0.326	0.314	0.726	0.35	1.603	1.081	2.80	0.60	0.60	1.00	0.549	0.123	M H - OH
235	60	22.70	21.30	118.10	115.00	87.10	0.356	1.84	0.320	1.91	0.595	0.388	0.207	-0.155	.	0.986	0.864	2.70	0.75	2.40	3.20	0.215	0.033	M H - OH
236	60	23.00	23.50	108.20	109.60	68.50	0.580	1.67	0.600	1.65	1.075	0.570	0.505	0.002	0.92	1.617	1.625	2.71	0.75	2.30	3.07	0.400	0.189	M H - OH
237	60	22.70	22.00	110.20	111.20	76.30	0.444	1.72	0.458	1.79	0.800	0.450	0.350	-0.017	.	1.355	1.282	2.80	1.00	2.60	2.60	0.402	0.114	M H - OH
238	60	23.00	22.10	104.60	103.30	64.20	0.630	1.61	0.609	1.65	1.100	0.604	0.496	0.052	1.45	1.777	1.671	2.74	1.25	2.60	2.08	0.509	0.143	M H - OH
239	60	23.00	23.40	106.30	110.40	68.80	0.545	1.64	0.604	1.67	1.140	0.552	0.059	-0.012	1.24	1.644	1.691	2.80	1.25	3.20	2.56	0.379	0.166	M H - OH
240	60	23.00	21.40	121.80	119.50	93.10	0.309	1.87	0.284	1.98	0.519	0.325	0.194	-0.082	.	0.984	0.774	2.73	1.00	2.20	2.00	0.242	0.032	M H - OH
241	60	23.00	19.80	121.60	115.00	91.90	0.323	1.87	0.251	2.06	0.365	0.271	0.094	0.553	0.61	0.972	0.702	2.79	0.87	0.87	1.00	0.226	0.021	M L - OL
242	60	23.00	19.20	118.10	108.30	84.80	0.392	1.82	0.276	1.99	0.570	0.372	0.198	0.101	.	1.117	0.763	2.75	1.20	1.20	1.00	0.336	0.032	M H - OH
243	60	23.00	21.70	135.70	132.20	113.00	0.201	2.09	0.170	2.16	0.285	0.183	0.102	0.176	2.34	0.544	0.456	2.68	1.50	1.90	1.27	0.144	0.025	C L
244	60	23.00	21.30	137.20	132.50	115.20	0.191	2.11	0.150	2.20	0.270	0.177	0.093	0.151	1.19	0.517	0.403	2.69	0.75	1.60	2.13	0.129	0.015	C L
245	60	23.00	21.60	144.60	136.60	120.00	0.205	2.22	0.138	2.24	0.365	0.195	0.170	0.059	2.08	0.460	0.373	2.70	0.75	2.20	2.93	0.131	0.015	C L
246	60	23.00	21.20	133.60	129.90	109.30	0.222	2.06	0.188	2.17	0.290	0.184	0.106	0.358	1.49	0.657	0.524	2.78	1.20	1.20	1.00	0.164	0.026	C L
247	60	23.00	22.30	138.20	135.80	114.90	0.203	2.13	0.182	2.15	0.375	0.231	0.144	-0.194	.	0.542	0.497	2.73	0.75	1.50	2.00	0.098	0.031	C L
248	60	23.00	21.60	118.00	115.10	84.30	0.400	1.82	0.365	1.89	0.660	0.294	0.966	0.290	1.86	1.173	1.020	2.79	0.50	2.00	4.00	0.320	0.062	C H
249	60	23.00	22.50	136.20	136.40	115.20	0.182	2.10	0.184	2.15	0.375	0.211	0.164	-0.177	.	0.532	0.500	2.72	0.75	2.40	3.20	0.104	0.029	C L
250	60	23.00	22.40	134.80	133.70	110.90	0.216	2.07	0.206	2.11	0.445	0.222	0.223	-0.027	2.93	0.590	0.563	2.74	0.75	1.80	2.40	0.097	0.043	C L
251	60	23.00	22.80	138.30	137.20	113.60	0.217	2.13	0.207	2.13	0.500	0.221	0.279	-0.014	.	0.590	0.578	2.78	0.75	2.10	2.80	0.103	0.040	C H
252	60	23.00	22.40	138.80	137.60	119.00	0.166	2.14	0.156	2.17	0.330	0.197	0.133	-0.233	.	0.454	0.416	2.66	0.75	1.80	2.40	0.099	0.028	C L
253	60	23.00	20.20	131.80	125.00	105.80	0.246	2.03	0.182	2.19	0.290	0.167	0.123	0.642	0.12	0.718	0.507	2.79	0.80	0.80	1.00	0.223	0.033	C L
254	60	23.00	20.50	133.90	128.00	110.00	0.217	2.06	0.163	2.21	0.325	0.162	0.163	0.387	0.89	0.628	0.450	2.75	0.75	0.90	1.20	0.199	0.029	C L

Tablo A.1: Konsolidasyon Deneyi Numune Özellikleri

NO	d (mm)	h_0 (mm)	h_f (mm)	W_0 (gr)	W_f (gr)	W_{fk} (gr)	w_0 (%)	γ_0 (t/m^3)	w_f (%)	γ_f (t/m^3)	w_L (%)	w_P (%)	I_P (%)	I_L (%)	q_u (kg/cm^2)	e0	en	γ (t/m^3)	P_0 (kg/cm^2)	Pc	AKO	Cc1	Cs	ZEMİN SINIFI
255	60	23.00	19.40	129.50	121.50	104.90	0.235	1.99	0.159	2.22	0.315	0.183	0.132	0.394	0.23	0.699	0.435	2.74	0.50	0.70	1.40	0.245	0.026	C L
256	60	23.00	20.70	133.30	127.70	110.30	0.208	2.05	0.157	2.18	0.244	0.161	0.083	0.566	0.83	0.580	0.423	2.68	0.95	0.95	1.00	0.150	0.014	C L
257	60	23.00	19.30	119.00	109.50	87.40	0.361	1.83	0.252	2.01	0.490	0.198	0.292	0.558	0.55	1.008	0.682	2.69	0.50	0.80	1.60	0.361	0.054	C L
258	60	23.00	21.00	129.60	123.30	101.70	0.274	2.00	0.212	2.08	0.410	0.234	0.176	0.227	0.94	0.723	0.573	2.70	1.00	1.30	1.30	0.225	0.045	C L
259	60	22.90	22.40	118.90	119.70	87.80	0.354	1.84	0.364	1.89	0.610	0.459	0.151	-0.695	.	1.061	1.019	2.80	1.25	3.50	2.80	0.181	0.047	M H - OH
260	60	22.70	20.20	113.60	107.60	79.40	0.430	1.77	0.354	1.88	0.580	0.413	0.167	1.018	1.35	1.220	0.976	2.75	0.50	1.90	3.80	0.409	0.060	M H - OH
261	60	23.10	21.20	104.20	104.60	70.90	0.470	1.60	0.474	1.75	0.810	0.491	0.319	-0.066	2.50	1.480	1.280	2.70	0.50	2.00	4.00	0.421	0.084	M H - OH
262	60	23.00	22.30	114.00	121.40	90.90	0.254	1.75	0.336	1.93	0.620	0.460	0.160	-1.288	.	1.000	0.941	2.80	1.00	2.50	2.50	0.175	0.044	M H - OH
263	60	23.10	20.90	113.10	112.00	82.40	0.373	1.73	0.360	1.90	0.560	0.387	0.173	-0.081	1.42	1.215	1.008	2.80	0.50	1.60	3.20	0.312	0.047	M H - OH
264	60	23.00	22.90	126.80	125.90	95.20	0.332	1.95	0.323	1.95	0.475	0.368	0.107	-0.336	3.23	0.913	0.903	2.80	1.25	2.80	2.24	0.167	0.065	M L - OL
265	60	22.90	21.20	110.00	112.80	82.30	0.337	1.70	0.371	1.88	0.605	0.438	0.167	-0.605	.	1.200	1.039	2.80	1.50	1.70	1.13	0.262	0.048	M H - OH
266	60	23.00	21.00	107.40	104.20	72.80	0.475	1.65	0.431	1.76	0.710	0.438	0.272	0.136	0.64	1.328	1.121	2.60	0.75	2.50	3.33	0.483	0.076	M H - OH
267	60	23.00	21.30	124.80	120.50	95.30	0.310	1.92	0.264	2.00	0.430	0.287	0.143	0.161	.	0.856	0.720	2.72	1.25	2.20	1.76	0.185	0.020	M L - OL
268	60	22.90	22.10	102.70	106.60	70.10	0.465	1.59	0.520	1.71	0.925	0.524	0.401	-0.147	.	1.490	1.404	2.70	1.25	2.90	2.32	0.275	0.061	M H - OH
269	60	22.70	22.10	118.80	117.10	88.20	0.347	1.85	0.328	1.87	0.690	0.434	0.256	-0.340	2.59	0.908	0.860	2.63	1.00	2.70	2.70	0.218	0.056	M H - ĞH
270	60	23.00	21.10	130.40	126.10	103.40	0.262	2.01	0.220	2.11	0.435	0.270	0.165	-0.048	.	0.761	0.615	2.80	0.50	1.85	3.70	0.232	0.037	M L - OL
271	60	23.00	21.10	132.70	128.60	107.50	0.234	2.04	0.196	2.16	0.327	0.198	0.127	0.283	1.35	0.688	0.548	2.79	0.75	1.40	1.87	0.182	0.027	C L
272	60	23.00	21.60	131.80	129.00	105.80	0.246	2.03	0.220	2.11	0.375	0.212	0.163	0.209	2.52	0.721	0.616	2.80	1.00	2.20	2.20	0.193	0.035	C L
273	60	23.00	22.00	126.30	125.10	102.20	0.236	1.94	0.224	2.01	0.460	0.263	0.197	-0.137	3.66	0.651	0.582	2.60	0.75	1.65	2.20	0.160	0.045	C L
274	60	23.00	19.30	117.20	107.70	83.70	0.400	1.80	0.286	1.97	0.510	0.321	0.189	0.418	0.63	1.129	0.787	2.74	0.95	0.95	1.00	0.373	0.056	M H - OH
275	60	23.00	18.60	111.90	100.60	75.40	0.484	1.72	0.335	1.91	0.625	0.313	0.312	0.548	0.41	1.373	0.920	2.76	1.00	1.00	1.00	0.614	0.122	C H
276	60	23.00	20.90	109.90	110.50	80.00	0.374	1.69	0.381	1.87	0.690	0.332	0.358	0.117	.	1.271	1.067	2.80	0.25	1.00	4.00	0.327	0.090	C H
277	60	23.00	21.30	130.00	122.90	101.90	0.276	2.00	0.206	2.04	0.500	0.230	0.270	0.170	.	0.661	0.536	2.60	0.50	21.90	3.80	0.423	0.024	C H
278	60	23.00	20.20	126.10	125.40	108.80	0.159	1.94	0.153	2.20	0.325	0.228	0.097	-0.711	0.35	0.607	0.410	2.69	0.36	0.36	1.00	0.134	0.016	C L
279	60	23.00	21.60	133.90	131.10	110.50	0.211	2.06	0.186	2.15	0.365	0.205	0.160	0.038	0.83	0.609	0.510	2.73	1.25	2.30	1.84	0.159	0.022	C L
280	60	23.00	20.50	123.80	119.50	96.00	0.290	1.90	0.245	2.06	0.640	0.329	0.311	-0.125	.	0.887	0.683	2.79	0.90	0.90	1.00	0.279	0.068	M H - OH
281	60	23.00	20.10	122.80	117.60	95.10	0.291	1.89	0.236	2.07	0.470	0.243	0.227	0.211	0.82	0.894	0.656	2.77	0.25	1.60	8.40	0.375	0.057	C L
282	60	23.00	20.20	121.20	115.80	91.20	0.329	1.86	0.270	2.03	0.450	0.246	0.204	0.407	0.47	0.999	0.757	2.80	0.85	0.85	1.00	0.300	0.063	C L
283	60	22.90	22.20	124.50	121.00	92.60	0.344	1.92	0.306	1.93	0.475	0.272	0.203	0.355	3.50	0.891	0.828	2.70	1.25	2.10	1.68	0.167	0.041	C L
284	60	22.90	18.90	107.40	102.00	75.80	0.417	1.66	0.346	1.91	0.480	0.248	0.232	0.728	.	1.375	0.963	2.79	0.25	0.73	2.90	0.544	0.141	C L
285	60	22.70	20.30	119.50	111.70	86.20	0.386	1.86	0.296	1.95	0.370	0.233	0.137	1.117	1.00	1.012	0.799	2.73	1.00	1.00	1.00	0.299	0.065	C L
286	60	22.70	21.00	131.80	127.70	109.10	0.209	2.05	0.171	2.15	0.290	0.229	0.061	-0.328	.	0.573	0.457	2.68	1.00	1.00	1.00	0.128	0.019	M L - OL
287	60	23.00	21.20	125.30	120.60	94.60	0.325	1.93	0.275	2.01	0.600	0.285	0.315	0.127	1.50	0.916	0.767	2.79	1.55	1.55	1.00	0.312	0.075	C H
288	60	23.00	22.70	132.80	131.40	106.20	0.250	2.04	0.237	2.05	0.520	0.269	0.251	-0.076	2.63	0.670	0.676	2.72	1.50	2.90	1.93	0.185	0.073	C H
289	60	22.90	19.90	126.40	118.30	99.50	0.270	1.95	0.189	2.10	0.330	0.227	0.103	0.417	.	0.728	0.503	2.66	0.50	1.00	2.00	0.214	0.020	C L
290	60	22.90	21.60	123.00	120.20	92.00	0.337	1.90	0.306	1.97	0.635	0.350	0.285	-0.046	1.80	0.968	0.857	2.80	0.50	2.25	4.50	0.305	0.071	M H - OH

Tablo A.1. Konsolidasyon Deneyi Numune Özellikleri

NO	d (mm)	h_0 (mm)	h_f (mm)	W_0 (gr)	W_f (gr)	W_{fk} (gr)	w_0 (%)	γ_0 (t/m^3)	w_f (%)	γ_f (t/m^3)	w_L (%)	w_P (%)	I_P (%)	I_L (%)	q_u (kg/cm^2)	e0	en	γ (t/m^3)	P_0 (kg/cm^2)	Pc	AKO	Cc1	Cs	ZEMİNSINIFI
291	60	23.00	21.10	128.30	125.00	101.60	0.262	1.97	0.230	2.10	0.520	0.281	0.239	-0.079	2.25	0.790	0.646	2.80	0.75	1.40	1.90	0.216	0.043	C H
292	60	23.00	22.30	147.00	133.40	113.20	0.298	2.26	0.178	2.12	0.330	0.230	0.100	0.680	0.71	0.521	0.472	2.64	1.25	1.70	1.36	0.137	0.029	C L
293	60	22.90	22.20	132.00	133.30	112.20	0.176	2.04	0.188	2.12	0.280	0.232	0.048	-1.167	.	0.560	0.507	2.72	0.50	0.85	1.70	0.066	0.020	M L - OL
294	60	22.90	22.70	115.10	115.20	81.10	0.419	1.78	0.420	1.80	0.850	0.472	0.378	-0.140	.	1.159	1.133	2.69	1.75	1.75	1.00	0.132	0.031	M H - OH
295	60	23.00	19.90	116.60	113.40	88.80	0.313	1.79	0.277	2.02	0.626	0.267	0.359	0.128	0.77	1.054	0.778	2.80	1.25	1.90	1.52	0.353	0.042	C H
296	60	23.00	19.10	120.50	115.00	95.00	0.268	1.85	0.211	2.13	0.480	0.206	0.274	0.226	0.50	0.919	0.594	2.80	1.00	2.00	2.00	0.520	0.057	C L
297	60	23.00	22.70	125.60	124.40	93.90	0.338	1.93	0.325	1.94	0.800	0.280	0.520	0.112	2.25	0.933	0.905	2.79	0.50	2.30	4.60	0.173	0.055	C H
298	60	23.00	18.90	115.00	101.60	75.00	0.533	1.83	0.354	1.96	0.685	0.227	0.458	0.668	0.40	1.425	0.991	2.80	0.70	0.70	1.00	0.493	0.117	C H
299	60	23.00	19.70	119.60	110.20	85.70	0.396	1.84	0.286	1.98	0.650	0.283	0.367	0.308	0.67	1.081	0.785	2.75	0.50	0.80	1.60	0.361	0.074	C H
300	60	23.00	21.90	130.40	113.20	80.10	0.628	2.01	0.413	1.83	0.785	0.296	0.489	0.679	1.40	1.259	1.149	2.78	0.50	2.00	4.00	0.434	0.132	C H
301	60	23.00	22.50	123.90	120.30	88.30	0.403	1.91	0.362	1.89	0.775	0.362	0.413	0.099	1.50	1.061	1.013	2.79	0.50	3.40	6.80	0.402	0.099	M H - OH

Tablo A.2: Hacimsel Sıkışma Katsayıları

	BASINÇ KADEMESİ (kg/cm^2)							
ÖRNEK NO	0-0.25	0.25-0.50	0.50-1.00	1.00-2.00	2.00-4.00	4.00-6.00	6.00-10.00	4.00-10.00
3	0.0555	0.0417	0.0374	0.0285	0.0184			0.0109
4	0.0437	0.0406	0.0358	0.0270	0.0175			0.0096
5	0.0525	0.0329	0.0285	0.0191	0.0117			0.0069
6	0.0934	0.0576	0.0427	0.0276	0.0155	0.0111	0.0084	
7	0.1059	0.0723	0.0505	0.0297	0.0180	0.0124	0.0096	
8							-	
9								
10				0.0063				
11								
12	0.0143	0.0400	0.0356	0.0247	0.0189			0.0098
13	0.0548	0.0581	0.0530	0.0363	0.0238			0.0127
14	0.0279	0.0653	0.0651	0.0280	0.0414			0.0158
15	0.1366	0.1406	0.1429	0.0843	0.0423			0.0185
16	0.0605	0.1094	0.0980	0.0775	0.0408			0.0187
17	0.0256	0.0429	0.0473	0.0441	0.0326			0.0165
18	0.0643	0.0271	0.0224	0.0182	0.0123			0.0069
19	0.0209	0.0319	0.0546	0.0506	0.0316			0.0159
20	0.0223	0.0320	0.0340	0.0268	0.0206			0.0121
21	0.0402	0.0282	0.0256	0.0190	0.0146			0.0105
22	0.0943	0.0241	0.0089	0.0230	0.0239			0.0122
23	-	0.0164	0.0156	0.0211	0.0200			0.0117
24	0.0314	0.0246	0.0299	0.0222	0.0168			0.0108
25	0.0104	0.0184	0.0170	0.0197	0.0175			0.0120
26	0.0334	0.0356	0.0311	0.0310	0.0232			0.0121
27	0.0388	0.0270	0.0340	0.0323	0.0218			0.0117
28	0.0279	0.0325	0.0292	0.0216	0.0158			0.0010
29	0.0341	0.0186	0.0189	0.0167	0.0118			0.0055
30	0.0367	0.0619	0.0680	0.0525	0.0339			0.0167
31	0.0346	0.0519	0.0569	0.0437	0.0274			0.0134
32	0.0111	0.0133	0.0128	0.0119	0.0089			-
33	0.0127	0.0222	0.0202	-	-			-
34	0.0132	0.0147	0.0151					0.0104
35	0.0023	0.0056						
36	0.0087	0.0189	0.0132					
37	0.0225	0.0373	0.0284					
38	0.0159	0.0205	0.0176					
39	0.0194	0.0235						
40	-							
41	0.0884	0.0640	0.0587	0.0375	0.0213			-
42	0.0332	0.0361	0.0407	0.0333	0.0213			-
43	0.0220	0.0140						
44	0.0047	0.0133	0.0211	0.0264	0.0296			0.0178
45	0.0042	0.0063	0.0042	0.0061				
46	0.0009	0.0038			0.0067			0.0053
47	0.0372	0.0333	0.0271	0.0218	0.0150			0.0086
48	0.0085	0.0171	0.0126	0.0093	0.0084			0.0070
49	0.0258	0.0182	0.0193	0.0170	0.0111			0.0068
50	0.0167	0.0157	0.0217	0.0146	0.0114			0.0075
51	0.0118	0.0110	0.0113	0.0107	0.0072			0.0045
52	0.0229	0.0165	0.0146	0.0108	0.0088			0.0064
53	0.0152	0.0141	0.0106	0.0069	0.0053			0.0040
54	0.0532	0.0521	0.0347	0.0222	0.0154			0.0091
55	0.0174	0.0182	0.0175	0.0159	0.0113			0.0071
56	0.0075	0.0102	0.0084	0.0063	0.0058			0.0070
57	0.0107	0.0262	0.0224	0.0215	0.0162			0.0137
58	0.0128	0.0118	0.0084	0.0078	0.0089			0.0052

Tablo A.2: Hacimsel Sıkışma Katsayıları

	BASINÇ KADEMESİ (kg/cm^2)							
ÖRNEK NO	0-0.25	0.25-0.50	0.50-1.00	1.00-2.00	2.00-4.00	4.00-6.00	6.00-10.00	4.00-10.00
59	0.0253	0.0151	0.0107	0.0087	0.0070			0.0052
60	0.0000	0.0070	0.0119	0.0117	0.0084			0.0052
61	0.0038	0.0089	0.0137	0.0133	0.0110			0.0080
62	0.0153	0.0155	0.0118	0.0089	0.0069			0.0048
63	0.0149	0.0150	0.0096	0.0081	0.0072			0.0059
64	0.0021	0.0144	0.0119	0.0094	0.0071			0.0055
65	0.0000	0.0033		0.0095	0.0093			0.0056
66	0.0071	0.0107	0.0123	0.0119	0.0093	0.0069	-	
67	0.0096	0.0325	0.0222	0.0186	0.0127			0.0081
68	0.0087	0.0157	0.0127	0.0116	0.0099			0.0070
69	0.1023	0.0965	0.0786	0.0556	0.0337			0.0219
70	0.0056	0.0189	0.0161	0.0146	0.0112			0.0069
71	0.0266	0.0222	0.0224	0.0168	0.0116			0.0076
72	0.0810	0.0265	0.0261	0.0150	0.0098			0.0060
73	0.0227	0.0175	0.0201	0.0171	0.0132			0.0077
74	0.1472	0.0580	0.0595	0.0571	0.0498			0.0219
75	0.0302	0.0510	0.0476	0.0373	0.0271			0.0152
76	0.0258	0.0385	0.0459	0.0308	0.0210			
77	0.1434	0.0490	0.0390	0.0239	0.0143			
78	0.0104	0.0070	0.0088	0.0057	0.0042			0.0058
79	0.0087	0.0087	0.0096	0.0079	0.0094			0.0077
80	0.0035	0.0035	0.0131	0.0159	0.0165			0.0111
81	0.0052	0.0052	0.0158	0.0227	0.0235			0.0140
82	0.0157	0.0128	0.0163	0.0107	0.0097			0.0082
83	0.0472	0.0389	0.0442	0.0290	0.0180			0.0104
84	0.0785	0.0469	0.0463	0.0288	0.0196			0.0117
85	0.0543	0.0431	0.0408	0.0297	0.0223			0.0111
86	0.0124			0.0132	0.0091			0.0059
87	0.0052			0.0140	0.0108			
88	0.1254	0.0959	0.0847					
89	0.2454	0.0767						
90	0.0808			0.0165				
91	0.0437	0.0203	0.0287	0.0182	0.0133			
92	0.0388			0.0121				
93	0.0661			0.0267				
94	0.0323							
95	0.0847							
96	0.0300							
97	0.0619							
98	0.0402							
99	0.0181			0.0126				
100	0.0877	0.0810	0.0741					
101	0.0262	0.0158	0.0026	0.0169	0.0118			0.0073
102	0.0702	0.0231	0.0405	0.0248	0.0156			0.0077
103	0.0262	0.0263	0.0293	0.0240	0.0144			0.0072
104	0.0174	0.0140	0.0141	0.0115	0.0083			0.0054
105	0.0000	0.1832	0.0064					
106	0.0087	0.0087						
107								
108	0.0035	0.0192	0.0158					
109								
110	0.0104	0.0070	0.0079					
111	0.0087	0.0105	0.0114	0.0128				
112	0.0262	0.0158	0.0239	0.0220	0.0152			0.0090
113	0.0052	0.0017	0.0009	0.0039				
114	0.3330	0.1568	0.0754	0.0461	0.0228			0.0112

Tablo A.2: Hacimsel Sıkışma Katsayıları

	BASINÇ KADEMESİ (kg/cm^2)							
ÖRNEK NO	0-0.25	0.25-0.50	0.50-1.00	1.00-2.00	2.00-4.00	4.00-6.00	6.00-10.00	4.00-10.00
115	0.1942	0.1167	0.1081	0.0650	0.0402			0.0184
116	0.0139	0.0105	0.0132	0.0155	0.0127			0.0077
117	0.0140	0.0140	0.0132	0.0093	0.0070			0.0052
118	0.0035	0.0122	0.0096	0.0093	0.0062			0.0042
119	0.0053	0.0071	0.0071	0.0085	0.0068			0.0048
120	0.0017	0.0122	0.0149	0.0164	0.0150			0.0081
121	0.0755	0.0481	0.0536	0.0380	0.0253			0.0121
122	0.0666	0.0391	0.0442	0.0315	0.0204			0.0104
123	0.0227	0.0210	0.0310	0.0368	0.0235			0.0105
124	0.1022	0.0215	0.0235	0.0188	0.0129			0.0087
125	0.0157	0.0245	0.0230	0.0243	0.0188			0.0112
126	0.0279	0.0264	0.0222	0.0193	0.0155			0.0080
127	0.1633	0.0805	0.0562	0.0373	0.0222			0.0119
128	0.2363	0.1504	0.1072	0.0609	0.0376			0.0169
129	0.0666	0.0876	0.0503	0.0325	0.0190			0.0112
130	0.2697	0.1671	0.1158	0.0603	0.0374			0.0169
131	0.4230	0.1799	0.1316	0.0693	0.0407			0.0170
132	0.1687	0.1856	0.1023	0.0742	0.0354			
133	0.1004	0.0557	0.0365	0.0233	0.0136			0.0082
134	0.1129	0.0558	0.0375	0.0215	0.0163			
135	0.1669	0.1421	0.1071	0.0724	0.0419			0.0215
136	0.1669	0.1122	0.0789	0.0482	0.0283			0.0149
137	0.1236	0.1146	0.0935	0.0639	0.0366			0.0190
138	0.0543	0.0819	0.0742	0.0566	0.0395			0.0180
139	0.1147	0.0559	0.0348	0.0215	0.0127			0.0078
140	0.1057	0.0757	0.0563	0.0377	0.0226			0.0128
141	0.0262	0.0158	0.0185	0.0206	0.0145			0.0092
142	0.1960	0.1507	0.1101	0.0901	0.0580			
143	0.0950	0.0592	0.0429	0.0243	0.0156			0.0092
144	0.1129	0.1070	0.0806	0.0749	0.0425			0.0202
145	0.2697	0.1247	0.0723	0.0432	0.0264			0.0129
146	0.1596	0.1231	0.0965	0.0569	0.0351			0.0166
147	0.0737	0.0374	0.0270	0.0211	0.0184			0.0125
148	0.0525	0.0443	0.0396	0.0286	0.0244			0.0166
149	0.0174	0.0158	0.0212	0.0165	0.0132			0.0089
150	0.0455	0.0265	0.0267	0.0277	0.0431			0.0227
151	0.0826	0.0735	0.0972	0.0269	0.0161			0.0083
152	0.0139	0.0122	0.0193	0.0201	0.0156			0.0097
153	0.0070	0.0157	0.0255	0.0224	0.0166			0.0094
154	0.0525	0.0496	0.0579	0.0289	0.0168			0.0093
155	0.0244	0.0070	0.0141	0.0115	0.0099			0.0074
156	0.0070	0.0105	0.0255	0.0219	0.0163			0.0099
157	0.0472	0.0603	0.0543	0.0308	0.0188			0.0106
158	0.0666	0.0714	0.0575	0.0344	0.0210			0.0098
159	0.0437	0.0282	0.0357	0.0288	0.0211			0.0119
160	0.0297	0.0299	0.0473	0.0349	0.0227			0.0124
161	0.0262	0.0387	0.0447	0.0284	0.0206			0.0125
162	-	0.0070	0.0087	0.0070	0.0069			0.0055
163	0.0157	0.0404	0.0410	0.0315	0.0223			0.0120
164	0.0314	0.0352	0.0411	0.0335	0.0244			0.0135
165	0.0314	0.0211	0.0177	0.0107	0.0075			0.0051
166	0.0263	0.0316	0.0347	0.0250	0.0171			0.0096
167	-	0.0087	0.0114	0.0123	0.0105	0.0078		0.0063
168	-	0.0157	0.0123	0.0124	0.0087	0.0059		0.0044
169	0.0227	0.0140	0.0141	0.0133	0.0095	0.0062		0.0055
170	-	0.0104	0.0096	0.0070	0.0066	0.0045		0.0040

Tablo A.2: Hacimsel Sıkışma Katsayıları

	BASINÇ KADEMESİ (kg/cm^2)							
ÖRNEK NO	0-0.25	0.25-0.50	0.50-1.00	1.00-2.00	2.00-4.00	4.00-6.00	6.00-10.00	4.00-10.00
171	0.0104	0.0087	0.0123	0.0173	0.0115	0.0074		0.0063
172	0.0174	0.0122	0.0158	0.0142	0.0116			0.0067
173	0.0244	0.0140	0.0247	0.0211	0.0150			0.0094
174	0.0262			0.0116	0.0100			0.0150
175	0.0437							
176	0.0613			0.0182	0.0116			0.0072
177	0.0174	0.0175	0.0399	0.0318	0.0188			0.0078
178	0.0262			0.0166	0.0126			0.0088
179	0.0174			0.0134	0.0102			0.0086
180	0.0909			0.0181	0.0155			0.0075
181	0.0411			0.0160	0.0136			0.0085
182	0.0070	0.0070	0.0061	0.0083	0.0055			0.0043
183	0.1029			0.0217	0.0168			0.0087
184	0.0757	0.0256	0.0259	0.0131	0.0100			0.0069
185	0.0578	0.0587	0.0298	0.0258	0.0132			0.0082
186	0.0986	0.0448	0.0401	0.0261	0.0175			0.0090
187	0.0861	0.0501	0.0345	0.0194	0.0111			0.0056
188	0.1760	0.1500			0.0367			0.0212
189	0.2051	0.1530				0.0248	0.0155	
190	0.1290	0.1203	0.0977	0.0673	0.0383	0.0247	0.0166	
191	0.1416	0.1356				0.0262	0.0167	
192	0.1093	0.1567	0.1010	0.0682	0.0372	0.0272	0.0147	
193	0.1039	0.1141	0.0834	0.0551	0.0302	0.0220	0.0140	
194	0.1022	0.1067	0.0851	0.0530	0.0298	0.0210	0.0135	
195	0.0861	0.1008	0.0837	0.0547	0.0326	0.0227	0.0150	
196	0.0157							
197	0.0122	0.0227	0.0247	0.0247				
198	0.0773	0.0770	0.0859	0.0653	0.0433	0.0256	0.0178	
199	0.0773	0.1316	0.0947	0.0655	0.0411	0.0254	0.0163	
200	0.0844	0.1355						
201	0.0737	0.0878	0.0710	0.0490	0.0276			0.0150
202	0.1004	0.0847	0.0629	0.0481	0.0302	0.0209	0.0133	
203	0.0596	0.1182	0.0797	0.0519	0.0298	0.0208	0.0132	
204	0.1039	0.1491	0.1192	0.0702	0.0355	0.0235	0.0148	
205	0.0737	0.1041	0.0911	0.0608	0.0364	0.0242	0.0153	
206	0.2474	0.1069	0.0894	0.0504	0.0299	0.0192	0.0123	
207	0.1452	0.1675	0.1675	0.0605	0.0297	0.0187	0.0117	
208					0.0084	0.0090	0.0082	
209	0.0879	0.0591	0.0392	0.0266	0.0158	0.0116	0.0075	
210	0.1272	0.2309	0.1644	0.1077	0.0527	0.0313	0.0191	
211	0.0073	0.0073	0.0091	0.0101				
212	0.0000	0.0088	0.0106	0.0166	0.0158			0.0100
213	0.0141	0.0462	0.0664	0.0541	0.0315			0.0153
214	0.0087	0.0157	0.0167	0.0147	0.0125			0.0090
215	0.0141	0.0355	0.0451	0.0353	0.0249			0.0141
216	0.0053	0.0159	0.0250	0.0231	0.0187			0.0110
217	0.0035	0.0087	0.0122	0.0208	0.0187			0.0106
218	0.0122	0.0263	0.0354	0.0304	0.0221			0.0124
219	0.0122	0.0105	0.0106	0.0089	0.0090			0.0063
220	0.0070	0.0192	0.0238	0.0219	0.0191			0.0126
221	0.0563	0.0607	0.0418	0.0308	0.0193			0.0101
222	0.0052	0.0228	0.0124	0.0125	0.0100			0.0072
223	0.0052	0.0035	-	0.0044				
224	0.0104	0.0140	0.0140	0.0241	0.0200			0.0108
225	0.0122	0.0123	0.0177	0.0220	0.0213			0.0128

Tablo A.2: Hacimsel Sıkışma Katsayıları

	BASINÇ KADEMESİ (kg/cm^2)							
ÖRNEK NO	0-0.25	0.25-0.50	0.50-1.00	1.00-2.00	2.00-4.00	4.00-6.00	6.00-10.00	4.00-10.00
226	0.0244	0.0299	0.0338	0.0259	0.0197			0.0121
227	0.0263	0.0282	0.0240	0.0204	0.0151			0.0089
228	0.0035	0.0105	0.0079	0.0132	0.0149			0.0116
229	0.2771	0.2144	0.1185	0.0780	0.0402	0.0231	0.0169	
230	0.0826	0.0989	0.0741	0.0563	0.0314	0.0181	0.0130	
231	0.0349	0.0762	0.0858	0.0670	0.0375	0.0211	0.0155	
232	0.1008	0.1071	0.1077	0.0819	0.0449	0.0239	0.0170	
233	0.0861	0.1008	0.0990	0.0734	0.0410	0.0226	0.0163	
234	0.1440	0.1269	0.0859	0.0531	0.0332	0.0190	0.0138	
235	0.0177	0.0195	0.0170	0.0135	0.0099	0.0079	0.0063	
236								
237	0.0035	0.0053						
238								
239								
240	0.0174	0.0158	0.0176	0.0143	0.0116			0.0076
241	0.1615	0.0529	0.0389	0.0232	0.0141	0.0079	0.0068	
242	0.1978	0.0738	0.0471	0.0295	0.0180	0.0105	0.0087	
243	0.0279	0.0193	0.0177	0.0125	0.0098	0.0062	0.0054	
244	0.0684	0.0248	0.0197	0.0131	0.0097	0.0054	0.0049	
245	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
246	0.0596	0.0266	0.0250	0.0168	0.0116	0.0073	0.0058	
247	0.0035	0.0139	0.0158	0.0102	0.0069			0.0044
248	0.0122	0.0122	0.0193	0.0169	0.0146			0.0103
249	-	0.0122		0.0079	0.0055			0.0044
250	0.0035	0.0087		0.0084	0.0063			0.0042
251	-	0.0052		0.0066	0.0062			0.0046
252	0.0052	0.0087		0.0088	0.0073			0.0046
253	0.0525	0.0496	0.0460	0.0268	0.0196	0.0108	0.0077	
254	0.0455	0.0407	0.0404	0.0252	0.0163	0.0051	0.0072	
255	0.0950	0.0592	0.0606	0.0346	0.0197	0.0114	0.0054	
256	0.0666	0.0391	0.0297	0.0188	0.0121	0.0074	0.0053	
257	0.0897	0.0718	0.0616	0.0395	0.0257	0.0148	0.0095	
258	0.0349	0.0264	0.0311	0.0222	0.0154	0.0105	0.0083	
259	0.0000	0.0158	0.0097	0.0075	0.0063	0.0054	0.0048	
260	0.0354	0.0303	0.0280	0.0225	0.0199	0.0152	0.0107	
261	0.0174	0.0157	0.0228	0.0196	0.0193	0.0135	0.0101	
262	0.0000	0.0122	0.0114	0.0093	0.0071	0.0063	0.0054	
263	0.0435	0.0316	0.0284	0.0190	0.0143	0.0112	0.0084	
264	0.0035	-0.0035	0.0070	0.0083	0.0075	0.0065	0.0055	
265	0.0122	0.0317	0.0151	0.0180	0.0142	0.0099	0.0075	
266	0.0157	0.0157	0.0203	0.0206	0.0203	0.0150	0.0108	
267	0.0349	0.0264	0.0186	0.0126	0.0098			0.0063
268	-	0.0122	0.0123	0.0097	0.0090	0.0078	0.0062	
269	0.0000	0.0053	0.0080	0.0107	0.0093	0.0073	0.0064	
270	0.0227	0.0175	0.0239	0.0197	0.0152	0.0106	0.0076	
271	0.0560	0.0248	0.0268	0.0163	0.0116	0.0078	0.0065	
272	0.0262	0.0234	0.0195	0.0139	0.0105	0.0079	0.0065	
273	0.0209	0.0070	0.0211	0.0143	0.0095	0.0071	0.0061	
274	0.1057	0.0684	0.0571	0.0381	0.0233	0.0147	0.0100	
275	0.1147	0.1052	0.0758	0.0479	0.0286	0.0189	0.0208	
276	0.0104	0.0262	0.0435	0.0342	0.0204	0.0125	0.0088	
277	0.0174	0.0158	0.0194	0.0179	0.0119	0.0086	0.0068	
278	0.1416	0.0709	0.0380	0.0236	0.0119			0.0050
279	0.0244	0.0246	0.0159	0.0129	0.0093			0.0060
280	0.0192	0.0351	0.0455	0.0381	0.0210			0.0108
281	0.0332	0.0441	0.0367	0.0330	0.0229			0.0123

Tablo A.2: Hacimsel Sıkışma Katsayıları

	BASINÇ KADEMESİ (kg/cm^2)							
ÖRNEK NO	0-0.25	0.25-0.50	0.50-1.00	1.00-2.00	2.00-4.00	4.00-6.00	6.00-10.00	4.00-10.00
282	0.0314	0.0476	0.0448	0.0351	0.0226			0.0110
283	0.0052	0.0105	0.0097	0.0111	0.0079			0.0058
284	0.0421	0.0802	0.0799	0.0623	0.0375			0.0174
285	0.0177	0.0391	0.0397	0.0310	0.0209			0.0108
286	0.0318	0.0285	0.0234	0.0183	0.0105			0.0053
287	0.0017	0.0192	0.0220	0.0260	0.0204			0.0115
288	0.0000	0.0017		0.0088	0.0073			0.0069
289	0.0829	0.0575	0.0430	0.0272	0.0147			0.0079
290	0.0035	0.0193	0.0123	0.0156	0.0148			0.0107
291	0.0227	0.0228	0.0283	0.0216	0.0155			0.0081
292	0.0104	0.0140	0.0132	0.0111	0.0074			0.0043
293	0.0140	0.0211	0.0177	0.0094	0.0054			0.0031
294	0.0017	0.0087	0.0088	0.0057	0.0040			
295	0.0861	0.0663	0.0401	0.0276	0.0181			0.0102
296	0.0596	0.0676	0.0500	0.0332	0.0466			0.0102
297	0.0052	-	0.0061	0.0061	0.0086			0.0058
298	0.1218	0.1090	0.0856	0.0488	0.0291			0.0148
299	0.0384	0.0566	0.0560	0.0421	0.0260			0.0128
300	0.0035	0.0035	0.0131	0.0186	0.0203			0.0144
301	0.0000	0.0000	0.0070	0.0083	0.0120			0.0116

Tablo B.1: Tüm zemin sınıfları için deney başı boşluk oranı ve fonksiyonlarına ilişkin belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maximum	Ortalama		Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık Katsayısı			Basıklık Katsayısı		
	İstatistik	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	Çarpıklık	İstatistik	Std. Hata	Basıklık
e_0	299	0.4540	3.5030	1.0827	0.0252	0.4363	0.1904	1.532	0.141	10.869	4.002	0.281	14.242
e_0^2	299	0.2061	12.2710	1.3619	0.0744	1.2861	1.6539	3.650	0.141	25.895	22.178	0.281	78.928
$\sqrt{e_0}$	299	0.6738	1.8716	1.0220	0.0113	0.1955	0.0382	0.868	0.141	6.157	1.053	0.281	3.748
e_0^3	299	0.0936	42.9853	2.0114	0.2081	3.5979	12.9446	6.898	0.141	48.937	66.433	0.281	236.424
$\sqrt[3]{e_0}$	299	0.7686	1.5187	1.0107	0.0073	0.1271	0.0161	0.682	0.141	4.835	0.517	0.281	1.840
$1/e_0$	299	0.2855	2.2026	1.0572	0.0216	0.3737	0.1397	0.536	0.141	3.803	-0.033	0.281	-0.119
$\ln e_0$	299	-0.7897	1.2536	0.0091	0.0213	0.3684	0.1357	0.343	0.141	2.434	-0.131	0.281	-0.465
$\log e_0$	299	-0.3429	0.5444	0.0040	0.0093	0.1600	0.0256	0.343	0.141	2.434	-0.131	0.281	-0.465
$1/\ln e_0$	298	-999.499	1000.499	1.3731	5.0052	86.4027	7465.4275	0.195	0.141	1.384	121.094	0.281	430.242
$1/\log e_0$	298	-2301.433	2303.736	3.1618	11.5248	198.9496	39580.9367	0.195	0.141	1.384	121.094	0.281	430.242
$1/\sqrt{e_0}$	299	0.5343	1.4841	1.0121	0.0105	0.1817	0.0330	0.112	0.141	0.792	-0.380	0.281	-1.354

Tablo B.2: Tüm zemin sınıfları için likit limit ve fonksiyonlarına ilişkin belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maximum	Ortalama		Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık Katsayısı			Basıklık Katsayısı		
	İstatistik	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	Çarpıklık	İstatistik	Std. Hata	Basıklık
w_L	299	0.2300	1.6600	0.5642	0.0116	0.2012	0.0405	1.170	0.141	8.300	2.711	0.281	9.649
w_L^2	299	0.0529	2.7556	0.3587	0.0164	0.2837	0.0805	3.071	0.141	21.788	18.227	0.281	64.866
$\sqrt{w_L}$	299	0.4796	1.2884	0.7401	0.0074	0.1284	0.0165	0.598	0.141	4.239	0.481	0.281	1.713
w_L^3	299	0.0122	4.5743	0.2573	0.0213	0.3690	0.1361	6.445	0.141	45.722	65.134	0.281	231.800
$\sqrt[3]{w_L}$	299	0.6127	1.1840	0.8156	0.0054	0.0937	0.0088	0.436	0.141	3.094	0.102	0.281	0.362
$1/w_L$	299	0.6024	4.3478	1.9896	0.0390	0.6736	0.4537	0.686	0.141	4.866	0.354	0.281	1.260
$\ln w_L$	299	3.1355	5.1120	3.9741	0.0197	0.3411	0.1164	0.140	0.141	0.991	-0.306	0.281	-1.090
$\log w_L$	299	1.3617	2.2201	1.7260	0.0086	0.1482	0.0219	0.140	0.141	0.991	-0.306	0.281	-1.090
$1/\ln w_L$	299	0.1956	0.3189	0.2535	0.0013	0.0219	0.0005	0.283	0.141	2.007	-0.235	0.281	-0.838
$1/\log w_L$	299	0.4504	0.7344	0.5837	0.0029	0.0504	0.0025	0.283	0.141	2.009	-0.234	0.281	-0.834
$1/\sqrt{w_L}$	299	0.7762	2.0851	1.3908	0.0136	0.2354	0.0554	0.273	0.141	1.938	-0.284	0.281	-1.011

Tablo B.3: Tüm zemin sınıfları için plastik limit ve fonksiyonlarına ilişkin belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maximum	Ortalama		Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık Katsayısı			Basıklık Katsayısı		
	İstatistik	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	Çarpıklık	İstatistik	Std. Hata	Basıklık
w_P	299	0.1600	0.8720	0.3064	0.0058	0.1004	0.0101	1.509	0.141	10.709	4.155	0.281	14.789
w_P^2	299	0.0256	0.7604	0.1039	0.0046	0.0791	0.0063	3.367	0.141	23.890	19.305	0.281	68.704
$\sqrt{w_P}$	299	0.4000	0.9338	0.5470	0.0049	0.0852	0.0073	0.907	0.141	6.435	1.363	0.281	4.851
w_P^3	299	0.0041	0.6631	0.0395	0.0033	0.0563	0.0032	6.191	0.141	43.926	56.183	0.281	199.946
$\sqrt[3]{w_P}$	299	0.5429	0.9554	0.6671	0.0039	0.0683	0.0047	0.739	0.141	5.246	0.807	0.281	2.874
$1/w_P$	299	1.1468	6.2500	3.5693	0.0589	1.0188	1.0380	0.283	0.141	2.009	-0.403	0.281	-1.436
$\ln w_P$	299	2.7726	4.4682	3.3756	0.0173	0.2998	0.0899	0.440	0.141	3.124	0.067	0.281	0.239
$\log w_P$	299	1.2041	1.9405	1.4660	0.0075	0.1302	0.0170	0.440	0.141	3.124	0.067	0.281	0.239
$1/\ln w_P$	299	0.2238	0.3607	0.2985	0.0015	0.0260	0.0007	0.006	0.141	0.043	-0.400	0.281	-1.423
$1/\log w_P$	299	0.5153	0.8305	0.6874	0.0035	0.0599	0.0036	0.006	0.141	0.043	-0.400	0.281	-1.423
$1/\sqrt{w_P}$	299	1.0709	2.5000	1.8696	0.0158	0.2724	0.0742	-0.056	0.141	-0.395	-0.409	0.281	-1.455

Tablo B.4: Tüm zemin sınıfları için likidite indisi ve fonksiyonlarına ilişkin belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maximum	Ortalama		Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık Katsayısı			Basıklık Katsayısı		
	İstatistik	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	Çarpıklık	İstatistik	Std. Hata	Basıklık
I_L	298	-1.2880	2.3110	0.2464	0.0244	0.4213	0.1775	0.379	0.141	2.686	2.430	0.281	8.634
I_L^2	298	0.0000	5.3407	0.2376	0.0264	0.4562	0.2081	5.845	0.141	41.399	54.370	0.281	193.174
$\sqrt{I_L}$	217	0.0000	1.5202	0.5930	0.0175	0.2578	0.0665	0.270	0.165	1.635	-0.077	0.329	-0.234
I_L^3	298	-2.1367	12.3424	0.1738	0.0479	0.8262	0.6826	11.148	0.141	78.961	160.153	0.281	569.019
$\sqrt[3]{I_L}$	298	-1.0880	1.3221	0.3589	0.0336	0.5802	0.3366	-0.833	0.141	-5.900	-0.722	0.281	-2.564
$1/I_L$	296	-250.0000	500.0000	-0.1733	2.2533	38.7667	1502.8546	5.580	0.142	39.388	102.486	0.282	362.925
$\ln I_L$	215	-1.6094	5.4429	3.3672	0.0677	0.9933	0.9867	-1.057	0.166	-6.373	2.307	0.330	6.985
$\log I_L$	215	-0.6990	2.3638	1.4624	0.0294	0.4314	0.1861	-1.057	0.166	-6.373	2.307	0.330	6.985
$1/\ln I_L$	215	-0.6213	1.3478	0.3298	0.0122	0.1788	0.0320	2.097	0.166	12.637	14.045	0.330	42.518
$1/\log I_L$	215	-1.4307	3.1035	0.7594	0.0281	0.4117	0.1695	2.097	0.166	12.637	14.045	0.330	42.518
$1/\sqrt{I_L}$	215	0.6578	22.3607	2.1619	0.1226	1.7977	3.2316	7.121	0.166	42.924	74.657	0.330	226.009
$\lvert I_L \rvert$	298	0.0000	2.3110	0.3620	0.0189	0.3270	0.1069	1.618	0.141	11.457	4.296	0.281	15.262
$\sqrt{\lvert I_L \rvert}$	298	0.0000	1.5202	0.5408	0.0153	0.2642	0.0698	0.416	0.141	2.950	-0.178	0.281	-0.632
$\sqrt[3]{\lvert I_L \rvert}$	298	0.0000	1.3221	0.6443	0.0129	0.2222	0.0494	-0.046	0.141	-0.327	-0.250	0.281	-0.887

Tablo B.5: Tüm zemin sınıfları için plastisite indisi ve fonksiyonlarına ilişkin belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maximum	Ortalama		Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık Katsayısı			Basıklık Katsayısı		
	İstatistik	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	Çarpıklık	İstatistik	Std. Hata	Basıklık
I_P	299	0.0480	0.9660	0.2600	0.0076	0.1311	0.0172	1.391	0.141	9.871	4.203	0.281	14.960
I_P^2	299	0.0023	0.9332	0.0847	0.0057	0.0984	0.0097	4.551	0.141	32.284	33.412	0.281	118.909
$\sqrt{I_P}$	299	0.2191	0.9829	0.4950	0.0071	0.1227	0.0151	0.512	0.141	3.630	0.493	0.281	1.756
I_P^3	299	0.0001	0.9014	0.0340	0.0046	0.0788	0.0062	8.526	0.141	60.485	87.838	0.281	312.601
$\sqrt[3]{I_P}$	299	0.3634	0.9885	0.6215	0.0059	0.1028	0.0106	0.272	0.141	1.927	0.036	0.281	0.128
$1/I_P$	299	1.0352	20.8333	4.9359	0.1581	2.7340	7.4745	1.881	0.141	13.341	5.761	0.281	20.504
$\ln I_P$	299	1.5686	4.5706	3.1372	0.0290	0.5012	0.2512	-0.185	0.141	-1.312	-0.128	0.281	-0.454
$\log I_P$	299	0.6812	1.9850	1.3625	0.0126	0.2177	0.0474	-0.185	0.141	-1.312	-0.128	0.281	-0.454
$1/\ln I_P$	299	0.2188	0.6375	0.3278	0.0034	0.0590	0.0035	1.378	0.141	9.777	3.455	0.281	12.295
$1/\log I_P$	299	0.5038	1.4679	0.7549	0.0079	0.1357	0.0184	1.378	0.141	9.777	3.455	0.281	12.295
$1/\sqrt{I_P}$	299	1.0174	4.5644	2.1506	0.0323	0.5586	0.3120	0.927	0.141	6.580	1.349	0.281	4.800

Tablo B.6: Tüm zemin sınıfları için deney başı dane birim hacim ağırlığı ve fonksiyonlarına ilişkin belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maximum	Ortalama		Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık Katsayısı			Basıklık Katsayısı		
	İstatistik	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	Çarpıklık	İstatistik	Std. Hata	Basıklık
γ_0	296	1.2400	2.2600	1.8346	0.0098	0.1679	0.0282	-0.350	0.142	-2.469	-0.083	0.282	-0.296
γ_0^2	296	1.5376	5.1076	3.3940	0.0353	0.6075	0.3691	-0.108	0.142	-0.764	-0.345	0.282	-1.223
$\sqrt{\gamma_0}$	296	1.1136	1.5033	1.3530	0.0036	0.0627	0.0039	-0.482	0.142	-3.402	0.164	0.282	0.581
γ_0^3	296	1.9066	11.5432	6.3281	0.0969	1.6674	2.7803	0.114	0.142	0.805	-0.375	0.282	-1.326
$\sqrt[3]{\gamma_0}$	296	1.0743	1.3123	1.2230	0.0022	0.0380	0.0014	-0.528	0.142	-3.728	0.268	0.282	0.948
$1/\gamma_0$	296	0.4425	0.8065	0.5499	0.0031	0.0534	0.0028	0.951	0.142	6.714	1.634	0.282	5.787
$\ln \gamma_0$	296	0.2151	0.8154	0.6025	0.0055	0.0940	0.0088	-0.624	0.142	-4.408	0.513	0.282	1.817
$\log \gamma_0$	296	0.0934	0.3541	0.2617	0.0024	0.0408	0.0017	-0.624	0.142	-4.408	0.513	0.282	1.817
$1/\ln \gamma_0$	296	1.2264	4.6488	1.7099	0.0200	0.3444	0.1186	3.084	0.142	21.769	19.261	0.282	68.208
$1/\log \gamma_0$	296	2.8240	10.7042	3.9372	0.0461	0.7930	0.6289	3.084	0.142	21.769	19.261	0.282	68.208
$1/\sqrt{\gamma_0}$	296	0.6652	0.8980	0.7407	0.0021	0.0354	0.0012	0.780	0.142	5.505	0.992	0.282	3.511

Tablo B.7: Tüm zemin sınıfları için dane birim hacim ağırlığı ve fonksiyonlarına ilişkin belirleyici istatistikler

	N	Minimum	Maximum	Ortalama		Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık Katsayısı			Basıklık Katsayısı		
	İstatistik	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	Çarpıklık	İstatistik	Std. Hata	Basıklık
γ	298	2.6000	2.8300	2.7365	0.0035	0.0597	0.0036	-0.500	0.141	-3.540	-0.802	0.281	-2.851
γ^2	298	6.7600	8.0089	7.4922	0.0188	0.3248	0.1055	-0.469	0.141	-3.321	-0.863	0.281	-3.065
$\sqrt{\gamma}$	298	1.6125	1.6823	1.6541	0.0010	0.0181	0.0003	-0.515	0.141	-3.651	-0.771	0.281	-2.738
γ^3	298	17.5760	22.6652	20.5221	0.0769	1.3267	1.7602	-0.439	0.141	-3.108	-0.919	0.281	-3.266
$\sqrt[3]{\gamma}$	298	1.3751	1.4145	1.3987	0.0006	0.0102	0.0001	-0.521	0.141	-3.689	-0.760	0.281	-2.701
$1/\gamma$	298	0.3534	0.3846	0.3656	0.0005	0.0081	0.0001	0.564	0.141	3.995	-0.671	0.281	-2.383
$\ln \gamma$	298	0.9555	1.0403	1.0065	0.0013	0.0219	0.0005	-0.532	0.141	-3.765	-0.739	0.281	-2.624
$\log \gamma$	298	0.4150	0.4518	0.4371	0.0006	0.0095	0.0001	-0.532	0.141	-3.765	-0.739	0.281	-2.624
$1/\ln \gamma$	298	0.9613	1.0466	0.9941	0.0013	0.0219	0.0005	0.598	0.141	4.235	-0.598	0.281	-2.123
$1/\log \gamma$	298	2.2134	2.4098	2.2889	0.0029	0.0505	0.0025	0.598	0.141	4.235	-0.598	0.281	-2.123
$1/\sqrt{\gamma}$	298	0.5944	0.6202	0.6046	0.0004	0.0066	0.0000	0.548	0.141	3.879	-0.705	0.281	-2.505

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Ankara'da doğan Esra KILIÇ, ilk, orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamlamıştır. 1999 yılında Batıkent Lisesi'nden mezun olduktan sonra, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazanmış ve beş senelik lisans eğitiminden sonra 2004 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi yüksek lisans programına kabul edilerek Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği programında yüksek lisansa başlamıştır.