

**YÜKSEK ALKALİ ÇÖZELTİ KATKISININ ANDEZİTİK ARTIK
TOPRAKLARIN FİZİKOMEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

**THE EFFECT OF HIGH ALKALI SOLVENT ADDITIVE ON
PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES OF ANDESITIC
RESIDUAL SOILS**

Halil Murat MEMİŞOĞLU

Doç. DR. Adil BİNAL

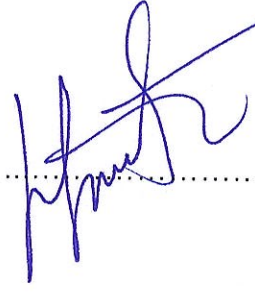
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

Halil Murat MEMİŞOĞLU' nun hazırladığı “**Yüksek Alkali Çözelti Katkısının Andezitik Artık Toprakların Fizikomekanik Özellikleri Üzerine Etkisi**” adlı bu tez çalışma aşağıdaki jüri tarafından **JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Harun SÖNMEZ
Başkan



Prof. Dr. Dilek TÜRER
Üye



Doç. Dr. Adil BİNAL
Üye (Danışman)



Doç. Dr. Hakan A. NEFESLİOĐLU
Üye



Doç. Dr. M. Celal TUNUSLUOĐLU
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŐDERELİOĐLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Tezimin/Raporumun 28.06.2020 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamın n fotokopisi alınabilir)

28 / 06 / 2018

M. Memişoğlu
H. MURAT
MEMİSOĞLU

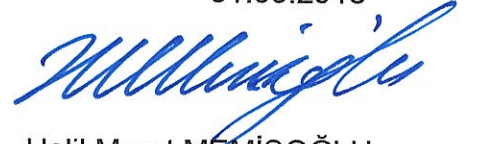
ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

31.05.2018



Halil Murat MEMİŞOĞLU

ÖZET

YÜKSEK ALKALİ ÇÖZELTİ KATKISININ ANDEZİTİK ARTIK TOPRAKLARIN FİZİKOMEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Halil Murat MEMİŞOĞLU

Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Adil BİNAL

Haziran 2018, 83 sayfa

Artan nüfus oranı ve kentleşme sebebiyle, problemlili zeminler üzerindeki yapılaşmalar gün geçtikçe artmaktadır. Ankara' nın kuzeyinde yer alan Solfasol Mahallesi de kentleşmenin etkisiyle yeni ve çok katlı binaların yapılmaya başlandığı bir bölgedir. Bu çalışmada, Solfasol Mahallesi' ndeki andezitik artık toprakların, yapılaşmaya açılması durumunda, zemin iyileştirmesi gereksinimine yönelik alternatif bir yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır. Tez kapsamında andezitik artık toprakların yüksek alkali çözeltiler yardımıyla iyileştirilmesi amaçlanmıştır. İnceleme alanında bulunan, gözlemsel olarak ayırt edilebilen, üç farklı artık topraktan laboratuvar deneyleri için örnekler alınmıştır. Elek analizi, yoğunluk, nem içeriği tayini, likit limit, plastik limit, tek eksenli sıkışma dayanımı, elastisite modülü, serbest şişme indeksi, konsolidasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Araziden getirilen toprak örneklerine farklı oranlarda %5 ve %10 oranlarında NaOH bazik çözeltisi eklenerek fizikomekanik özelliklerdeki değişimler incelenmiştir. Aynı zamanda kür süresinin etkisi de çalışma kapsamında irdelenmiştir. NaOH içeren örnekler 1, 7, 28 ve 56 gün kür edilmiş ve dayanım değerlerindeki değişimler saptanmıştır. SEM görüntülemeleri ile toprak örneğinin yapısındaki mikro ölçekli değişimler gözlemlenmiştir. NaOH' un su tutma

kapasitesi üzerindeki etkisi ve buna bağlı olarak genleşme ve büzölme üzerindeki ilişkileri belirlenmiştir. Nem içeriği ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki saptanmıştır. Sonuçlar yorumlanarak tek başına bir bazik çözeltinin (NaOH çözeltisi) andezitik artık topraklar üzerindeki etkileri belirlenmiş, çimento gibi bağlayıcı özellikleri olan malzemelere alternatif olup olamayacağı değerlendirilmiştir. Tek başına eklenilen NaOH çözeltisinin tek eksenli sıkışma dayanımını olumsuz etkilediği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sodyum hidroksit (NaOH), artık toprak, toprak zemin iyileştirme, tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS), konsolidasyon, taramalı elektron mikroskopu (SEM).

ABSTRACT

THE EFFECT OF HIGH ALKALI SOLVENT ADDITIVE ON PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES OF ANDESITIC RESIDUAL SOILS

Halil Murat MEMİŞOĞLU

Master of Science, Department of Engineering Geology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Adil BINAL

June 2018, 83 pages

Construction on the problematic ground is increasing day by day due to the increasing population ratio and urbanisation. Solfasol district, located at the north of Ankara, is a region where new and multi-storey buildings have begun to be constructed under the influence of urbanisation. In this study, it was tried to develop an alternative method of soil remediation if andesitic residual soils in the Solfasol Quarter were opened to construction. In this scope, it was aimed to improve andesitic residual soils with the high alkaline solutions. Samples were obtained from three different residual soils in the study area for laboratory experiments, which can be distinguished by observations. Sieve analyses, density, moisture content determination, liquid limit, plastic limit, uniaxial compressive strength, modulus of elasticity, free swell index, consolidation tests were carried out. Changes in physicommechanical properties were investigated by adding NaOH basic solution at 5% and 10% to different soil samples. At the same time, the duration of the cure was examined within the scope of the study. NaOH-containing samples were cured for 1, 7, 28 and 56 days, and changes in strength values were determined. The

microscopic changes in the structure of the soil sample were observed with SEM images. The effect of NaOH on the water retention capacity and thus the relationship between expansion and shrinkage were determined. The relationship between moisture content and uniaxial compressive strength was determined. By interpreting the results, the effect of a single basic solution (NaOH solution) on the andesitic residual soils was determined, and it was evaluated that it can not be an alternative to materials with binding properties such as cement. It was understood that a single NaOH solution added affects the uniaxial compression strength negatively.

Keywords: Sodium hydroxide (NaOH), residual soil, soil improvement, uniaxial compressive strength (UCS), consolidation test, scanning electron microscopy (SEM).

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkarılması esnasında deneyimi ve katkılarını benden esirgemeyen Doç. Dr. Adil BİNAL' a,

SEM çalışmalarının yapılmasında katkılarından dolayı Doç. Dr. Evren ÇUBUKÇU' ya Laboratuvar çalışmaları kapsamında tecrübelerinden yararlandığım ve her zaman bana yardımcı olan Özgür EROL'a, Ahmet BAY' a ve Zeynep Çiğdem Ladin COŞGUN' a,

Her zaman yanımda olan aileme ve yakınlarıma,

İÇTEN TEŞEKKÜRLERİMİ SUNARIM.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER	vii
ÇİZELGELER	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI	1
1.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	1
2. İNCELEME ALANI VE MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ	6
2.1. İNCELEME ALANININ TANITIMI	6
2.2. İKLİM VE YAĞIŞ ÖZELLİKLERİ	9
2.3. İNCELEME ALANI VE CİVARININ JEOLJİSİ	10
2.4. MALZEME ÖZELLİKLERİ	12
3. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI	15
3.1. FİZİKSEL ÖZELLİK BELİRLEME DENEYLERİ	15
3.1.1. ELEK ANALİZİ VE TANE ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYLERİ	16
3.1.2. ATTERBERG LİMİTLERİ DENEYLERİ	19
3.1.3. ÇÖZELTİ KATILARAK YAPILAN ATTERBERG LİMİTLERİ TAYİNİ	21
3.1.4. OPTİMUM SU İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ	25
3.1.5. SERBEST ŞİŞME İNDEKSİNİN BULUNMASI	27
3.2. TEK EKSENLİ SIKIŞMA DAYANIMI (UCS) DENEYİ NUMUNELERİNİN HAZIRLANMA YÖNTEMİ.....	29
3.3. TEK EKSENLİ SIKIŞMA DAYANIMI DENEYİ VE SU İÇERİĞİ	32
3.3.1. ELASTİSİTE MODÜLÜNÜN HESAPLANMASI	37
3.4. BÜZÜLME TAYİNİ	49
3.5. KONSOLİDASYON DENEYİ.....	51
3.6. SEM GÖRÜNTÜLERİ	62
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	65
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ.....	69

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 1 İnceleme alanına ait yer bulduru haritası [5].	6
Şekil 2 İnceleme alanına ait uydu görüntüleri [5].	7
Şekil 3 İnceleme alanında gelişen kentleşme ve yapılara ait bir görünüm.	8
Şekil 4 Sarı – boz renkli örneğin alındığı kısım	8
Şekil 5 İnceleme alanının ay bazında yağış grafiği [2].	9
Şekil 6 Çalışma alanının jeolojik haritası [6].	10
Şekil 7 İnceleme alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik istif (ölçeksizdir).	11
Şekil 8 Andezitik artık topraktaki renk geçişinin belirgin olduğu kısım.	12
Şekil 9 Çalışma alanından görüntüler.	14
Şekil 10 Kırmızımsı-pembe andezitik artık toprak örneğinin tane boyu dağılım grafiği.	16
Şekil 11 Grimsi-yeşil andezitik artık toprak örneğinin tane boyu dağılım grafiği.	17
Şekil 12 Sarı-boz andezitik artık toprak örneğinin tane boyu dağılım grafiği	18
Şekil 13 Kırmızımsı-pembe örneğe ait veriler.	20
Şekil 14 Grimsi-yeşil örneğe ait veriler.	20
Şekil 15 Sarı-boz örneğe ait veriler.	21
Şekil 16 Çözelti suyu ve NaOH çözeltilerinin pH değerlerinin ölçülmesi.	22
Şekil 17 Kürlenmesi için bekletilen likit limit numuneleri.	22
Şekil 18 Çözeltili örneklerin Atterberg limitleri deneylerine ait görüntüleri.	23
Şekil 19 %0 NaOH katılmış örneklerin Atterberg limitleri sonuçları.	24
Şekil 20 %5 NaOH katılmış örneklerin Atterberg limitleri sonuçları.	24
Şekil 21 %10 NaOH katılmış örneklerin Atterberg limitleri sonuçları.	25
Şekil 22 Kırmızımsı-pembe örneğe ait su içeriği-maksimum kuru yoğunluk grafiği.	26
Şekil 23 Grimsi-yeşil örneğe ait su içeriği-maksimum kuru yoğunluk grafiği.	26
Şekil 24 Sarı-boz örneğe ait su içeriği-maksimum kuru yoğunluk grafiği.	27
Şekil 25 Serbest şişme indeksi deneyi görüntüsü.	28
Şekil 26 Plastik kap kullanarak numune hazırlarken karşılaşılan olumsuzluklar.	30
Şekil 27 Plastik kalıp kullanarak hazırlanmış numuneler arasındaki boy farkları.	30
Şekil 28 Kürlenme amaçlı nem havuzunda bekleyen numunelere ait bir görüntü.	31
Şekil 29 Oda şartlarında bekletilen %10 NaOH çözeltili örneklerin görüntüleri.	31
Şekil 30 1 gün kür havuzunda bekletilen %0 NaOH içeren toprak örneklerinin deformasyon-gerilme grafiği.	32
Şekil 31 7 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH içeren toprak örneklerinin deformasyon-gerilme grafiği.	33

Şekil 32 28 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH içeren toprak örneklerinin deformasyon-gerilme grafiği.	34
Şekil 33 Su içeriği ve UCS arasındaki ilişki.	36
Şekil 34 Yoğunluk ve UCS arasındaki ilişki.	36
Şekil 35 Tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi sonrasında bazı örneklerin görünümü. ..	37
Şekil 36 Ortalama yöntem ile elastisite modülünün hesaplanması. [11]	37
Şekil 37 %0 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.	38
Şekil 38 1 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.	39
Şekil 39 7 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.	40
Şekil 40 28 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.	41
Şekil 41 56 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.	42
Şekil 42 1 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği	43
Şekil 43 7 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numuneye ait gerilme-deformasyon grafiği.	44
Şekil 44 28 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.....	45
Şekil 45 56 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.....	46
Şekil 46 UCS ve kür süresi arasındaki ilişki.	48
Şekil 47 Elastisite modülü ve kür süresi arasındaki ilişki.	48
Şekil 48 %5 NaOH çözeltisiyle (a) ve sadece su ile (b) hazırlanan örnekler.	49
Şekil 49 Büzülmenin tayin edilmesi amacıyla hazırlanan örneklerle ait görüntüler.	50
Şekil 50 Büzülme oranının hesaplanması.	51
Şekil 51 Konsolidasyon deneyine ait oturma–zaman grafiği.	52
Şekil 52 %0 NaOH çözeltili örneğin, 5 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	53
Şekil 53 %0 NaOH çözeltili örneğin, 10 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	53
Şekil 54 %0 NaOH çözeltili örneğin, 20 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	54
Şekil 55 %0 NaOH çözeltili örneğin, 40 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	54
Şekil 56 %0 NaOH çözeltili örneğin, 80 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	55

Şekil 57 %0 NaOH çözeltili örneğin, 160 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	55
Şekil 58 %5 NaOH çözeltili örneğin, 5 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	56
Şekil 59 %5 NaOH çözeltili örneğin, 10 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	56
Şekil 60 %5 NaOH çözeltili örneğin, 20 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	57
Şekil 61 %5 NaOH çözeltili örneğin, 40 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	57
Şekil 62 %5 NaOH çözeltili örneğin, 80 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	58
Şekil 63 %5 NaOH çözeltili örneğin, 160 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	58
Şekil 64 %10 NaOH çözeltili örneğin, 5 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	59
Şekil 65 %10 NaOH çözeltili örneğin, 10 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	59
Şekil 66 %10 NaOH çözeltili örneğin, 20 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	60
Şekil 67 %10 NaOH çözeltili örneğin, 40 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	60
Şekil 68 %10 NaOH çözeltili örneğin, 80 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.....	61
Şekil 69 %10 NaOH çözeltili örneğin, 160 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği...	61
Şekil 70 SEM ve su içeriği tayini için alınan örneklerle ait görüntüler.....	62
Şekil 71 Sarı-boz renkli toprak örneğinin SEM görüntüsü (büyültme:5000).....	63
Şekil 72 %5 NaOH içeren toprak örneğinin SEM görüntüsü (büyültme:5000). NaOH birikimleri beyaz çember içine alınmıştır.	63
Şekil 73 %10 NaOH içeren toprak örneğinin SEM görüntüsü (büyültme:2500). NaOH birikimleri beyaz çember içine alınmıştır.	64

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 1. İnceleme alanının ay bazında iklim verileri [1].	9
Çizelge 2. Arazideki andezitlerin bozunma profili [4].	13
Çizelge 3. Kırmızımsı-pembe örneğe ait elek analizi sonuçları.	16
Çizelge 4. Grimsi-Yeşil örneğe ait elek analizi sonuçları	17
Çizelge 5. Sarı-boz örneğe ait elek analizi sonuçları	18
Çizelge 6. Serbest şişme indeksi deney sonuçları	28
Çizelge 7. 1 gün kür havuzunda bekletilen %0 NaOH içeren toprak örneklerinin dayanım ve yoğunluk değerleri.	32
Çizelge 8. 7 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH içeren toprak örneklerinin dayanım ve yoğunluk değerleri.	33
Çizelge 9. 28 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH içeren toprak örneklerinin dayanım ve yoğunluk değerleri.	34
Çizelge 10. Optimum su içeriği ile oluşturulmuş örneklerin UCS değerleri.	35
Çizelge 11. %0 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.	38
Çizelge 12. 1 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.	39
Çizelge 13. 7 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.	40
Çizelge 14. 28 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.	41
Çizelge 15. 56 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.	42
Çizelge 16. 1 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.	43
Çizelge 17. 7 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numuneye ait deney sonuçları.	44
Çizelge 18. 28 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.	45
Çizelge 19. 56 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.	46
Çizelge 20. Farklı kür süresi ve NaOH içeriğine bağlı olarak hesaplanılan UCS ve elastisite modülü değerleri.	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

ASTM	Amerikan Test ve Materyal Topluluğu
E	Elastisite Modülü
Gs	Özgöl Ağırlık
LL	Likit Limit (%)
MTA	Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
NaOH	Sodyum Hidroksit
PI	Plastisite İndeksi (%)
PL	Plastik Limit (%)
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
kPa	kiloPascal
m	Metre
M	Molarite
ml	Mililitre
MPa	MegaPascal
MBP	Metakaolin Bazlı Polimer
UCS	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı
w _n	Su İçeriği (%)
w _{opt}	Optimum Su İçeriği (%)
°C	Sıcaklık Değeri, Santigrad

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, Altındağ İlçesinde Solfasol Mahallesi civarında yer alan andezitik artık toprakların bazik çözeltilerle iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Artan nüfus oranı ve kentleşmeye bağlı olarak imara açılan bu alan üzerinde yapılacak konutlar için zemin iyileştirmesine yönelik, çimento kullanımına alternatif olabilecek yöntemler ve uygulamalar geliştirmek hedeflenmiştir.

NaOH bazik çözeltisinin inceleme alanındaki andezitik artık topraklar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tez kapsamında inceleme alanından artık toprak örnekleri alınmış ve laboratuvar ortamında elek analizi, tane özgül ağırlıkları (Gs), Atterberg limitleri (plastik limit, likit limit), şişme analizi, doğal su içeriği, optimum su içeriği, tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS) ve konsolidasyon deneyleri yapılarak fizikomekanik özellikler belirlenmiştir. Örneklerin bazik çözelti katılma oranlarına göre jeomekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiş ve kür süreleri ile nem içeriğinin fizikomekanik özellikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ayrıca elektron mikroskop görüntülemeleri ile alkali çözelti katkısı sonucu toprak örneklerin dokusunda meydana gelen değişimler gözlemlenmiştir.

Yapılan literatür taramaları sonucunda NaOH çözeltisinin zemin üzerindeki etkilerinin doğrudan belirlenmesine yönelik bir çalışma olmadığı anlaşılmıştır. Bu yüzden bu çalışma önem kazanmakta olup yöntem, uygulama ve sonuçların daha sonraki çalışmalara fikir verebilmesi açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

1.2. Önceki Çalışmalar

Önceki çalışmalar incelendiğinde NaOH çözeltilerinin yüksek pH elde etmek için kullanıldığı anlaşılmıştır. Yüksek sıcaklıkta sıkıştırılarak oluşturulan lateretik topraklarda NaOH çözeltilerinin kullanılmasıyla elde edilen bazik (yüksek alkali) çözeltilerin etkisi incelenmiştir. Ayrıca geri dönüşümlü asfalt ve uçu külün beraber kullanılmasında NaOH çözeltilerinin varlığının etkilerinden bahsedilmiştir. Atık cam, yüksek fırın cürufu gibi puzolonların, stabilize olmayan kil ile bağlayıcı olarak kireç ve çimentonun NaOH çözeltileriyle beraber kullanıldığında, NaOH ile aktive edilmiş karışımların dayanım ve üretim aşamalarında olumlu etkileri üzerine çalışmalar yapıldığı anlaşılmıştır. Bu çalışmalara ait değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

Lemougna vd. [7] 2014 yılında yaptıkları çalışmada; binalarda kullanılacak sodyumla aktive edilmiş lateritik toprakların sıcaklığının basınç dayanımı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada aşağıdaki yöntem kullanılmıştır:

Kuru haldeki lateritik toprakların ağırlıkça %2 – %4 – %6 – %8 oranlarında NaOH çözeltisi eklenmiştir. Islak ve kuru haldeki numunelerin dayanım değerleri ölçülmüştür. Su / lateritik toprak ağırlık oranı, tüm karışımları için 0.176 muhafaza edilmiştir. Toz haline getirilmiş lateritik toprak ve NaOH çözeltileri daha sonra homojen bir karışım elde etmek için karıştırılmıştır. Islatma süresi 3 saat olarak gerçekleştirilmiştir. Isıtma hızı ise dakikada 2 °C artacak şekilde sabitlenerek maksimum sıcaklığa ulaşılmıştır. Kalıplanmış numuneler için yarı plastik karışımdan 50 gram ağırlığında alınarak, 5 cm yüksekliğinde ve 2.5 cm çapında silindirik numune elde etmek üzere silindir kalıplarda 50 bar preslenmiştir. Elde edilen numuneler sertleşmeden önce laboratuvar sıcaklığında (yaklaşık 20 °C) 1 gün boyunca dinlendirilmiştir. Çalışma sonucunda;

- Bina uygulamaları için lateritik toprak alkali aktivasyonu uygunluğunu incelenmiştir Lateritik toprağın, kuvars ve hematit mineralleri ile bağlantılı, kaolinit ihtiva ettiği,
- Kuru numuneler için 12-51 MPa, ıslak numuneler için ise 2-23 MPa aralığında basınç dayanımı olduğu,
- Sentezlenen ürünlerden esas olarak kaolinit çözünmesi elde edilen kristal halinde olanların ve amorf faz içerenlerin termal olarak daha kararlı olduğu,
- 450 °C sıcaklıkta 8.5 M NaOH içeren çözelti kullanılmasının en iyi dayanımı verdiği,
- Küçük bir miktar NaOH eklenmesinin bile lateritik toprağın pişirme sıcaklığının azalmasına yardımcı olduğu anlaşılmıştır.

Martinez-Lopez vd. [8] 2016 yılında yaptıkları çalışma, geleneksel çimentoya (Portland Çimentosu) alternatif olabilecek bağlayıcı malzeme arayışından doğmuştur. Atık cam (kentsel), yüksek fırın cürufu, alkali aktiviteli bağlayıcı (NaOH ve NaOH/Na₂CO₃) kullanılarak dayanım üzerindeki değişiklik ölçülmüştür. NaOH ve NaOH / Na₂CO₃ ile aktive kentsel atık cam / yüksek fırın cürufu kompozit bağlayıcılar ile istatistiksel yöntemler kullanılarak çalışılmıştır. Değişkenler % cam, kür sıcaklığı,

% Na_2O ve alkali oranıdır. Basınç dayanımı değişikliği sonuç olarak değerlendirilmiştir. Sodyum silika kaynağı olarak atık cam, bağlayıcı olarak yüksek fırın cürufu ve uçucu kül kullanılan diğer çalışmalarla kıyaslandığında, alkali aktivitesi için kullanılan NaOH daha iyi sonuç vermiştir. Doğrudan NaOH kullanılarak yapılmış ya da zemini iyileştirmek için kullanılan bir NaOH söz konusu olmayıp diğer bağlayıcıların etkisini arttırmak için NaOH kullanılmıştır.

Avirneni vd. [3] 2016 yılında; jeopolimerle stabilize edilmiş, asfalt kaplamalı kaldırımların dayanıklılığı ve uzun süreli performansı üzerine çalışmışlardır. Geri kazanılmış asfalt, doğal agrega, uçucu kül ve ticari olarak temin edilen pellet halinde %98.9 saflıktaki sodyum hidroksit (NaOH) aktivitesi bu çalışmada kullanılmıştır. Yüksek pH ortamı sağladığından alkali aktivite çalışmaları için NaOH seçilmiştir. Uçucu külün alkali aktivasyonu harcın reaktifliği ve dayanımını arttırmıştır. Çimentolu temel malzemelerin tasarım gücünü karşılamak için ($\text{UCS} > 4.5 \text{ MPa}$) %2 ve %4 oranında NaOH ile aktivite edilmiştir. Islanma kuruma çevrimleri kullanılmış olup çevrimler sonucunda meydana gelen değişiklikler kıyaslanmış sonuçlar çıkartılmıştır.

Saride vd.[10] 2016 yılında yapmış oldukları çalışmada, aktive uçucu kül harcın ve geri dönüşümlü asfalt kaplama malzemelerin mikro-mekanik etkileşimini incelemişlerdir. Geri kazanılmış asfalt kaplama, doğal agrega, uçucu kül kullanarak oluşturdukları harçlar, %2 ve %4 sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi, kuru ağırlığına göre %20 ve %30 uçucu kül ile aktive edilip stabilize edilmiştir. Bu karışımlar 1, 7 ve 28 gün kür için bırakılmış ve daha sonra test (UCS) edilmiştir. Bu çalışma sonrasında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Alkali aktiviteli uçucu kül, reaktiviteyi ve harcın dayanımını arttırmıştır.
- 1M NaOH ile aktivite edilmiş uçucu kül, geri kazanılmış asfalt, doğal agrega karışımı dayanımını üç kat arttırmıştır.
- %4 NaOH ile aktive edilmiş karışımlar, %2 NaOH ile aktivasyon edilenlere oranla %15 daha yüksek dayanım göstermiştir.
- Geri kazanılmış asfalt kaplama - agrega temas yüzeyi miktarı ile dayanım doğru orantılıdır. Dayanım büyük ölçüde bitüm (bağlayıcı) kaplı yüzey alanından etkilenmiştir.

- Doğal agrega içeriği %20 ile %40 arasında arttıkça, uçucu kül ile yüksek reaksiyon potansiyeli açısından tek eksenli basınç dayanımı belirgin bir şekilde artmıştır.
- Neredeyse tüm karışımlar 28 günlük kür sonucunda istenilen minimum dayanım değerini karşılamıştır.
- Yüzey alanı analizi asfalt kaplama parçalarının %15 - %70 arasında bir açık yüzey alanı aralığına sahip olduğunu ve ortalamasının %34 olduğunu göstermektedir.
- Asfalt kaplamaya ait yüzey özellikleri güçlü puzolonik bağlar göstermiştir.

Paulose [9] yaptığı çalışma ile alkalitenin, toprakların davranışında önemli bir etkiye sahip olduğunu ve toprakta şişme potansiyelini etkileyebilen bir kirletici madde olabileceğini belirtmiştir. Çalışmasında şişme özelliğine sahip olan ve şişme özelliğine sahip olmayan iki farklı toprak çeşidi ve değişen oranlarda NaOH kullanmıştır. Alkali kirletici varlığının toprağın şişmesi üzerinde etkili olan bir faktör olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı tarafından kil türüne bağlı olarak NaOH katkısının toprağın şişme davranışına farklı etki ettiği belirtilmiştir. Toprakta bulunan kil minerali çeşidine ve de alkali miktarına bağlı olan bu etkinin düşük konsantrasyonlu alkali aktivasyonunda şişme potansiyelini arttırdığı, yüksek konsantrasyonlu alkali aktivasyonunda ise şişme potansiyelini düşürdüğü sonucuna varmıştır.

Ertürk [4], aynı sahada yapmış olduğu çalışmada Solfasol Mahallesi' ndeki andezitlerin bozunmasıyla oluşmuş artık toprakların derinliğini ve şev stabilitesi için parametrelerini belirlemiştir. Laboratuvar deneyleri için örnekler almış ve artık toprakların jeomühendislik özelliklerini belirlemiştir. Yapmış olduğu çalışmaların sonuçlarını ve arazi gözlemlerini değerlendirdiğinde Solfasol Mahallesi' nde bulunan artık zeminlerin 0 – 3 metre arasında değişen kalınlıklarda olduğunu belirtmiştir. Nem içeriğinin ve süreksizlik yoğunluğunun yanal ve düşey yönde ani olarak değiştiğini, sağlam bloklar ile artık zeminlerin iç içe bulunduğunu belirterek kısa mesafe bozunma profilinin önemli farklılıklar gösterdiğini vurgulamıştır. Ertürk [4] çalışmasında İller Bankası' nın daha önceki çalışmalarında yararlanmıştır. Önceki çalışmalarda Miyosen yaşlı Payamlıtepe olarak adlandırılan andezitleri, MTA 1997 yılında yapmış olduğu çalışmada Tekke Volkanitleri olarak adlandırmıştır [6].

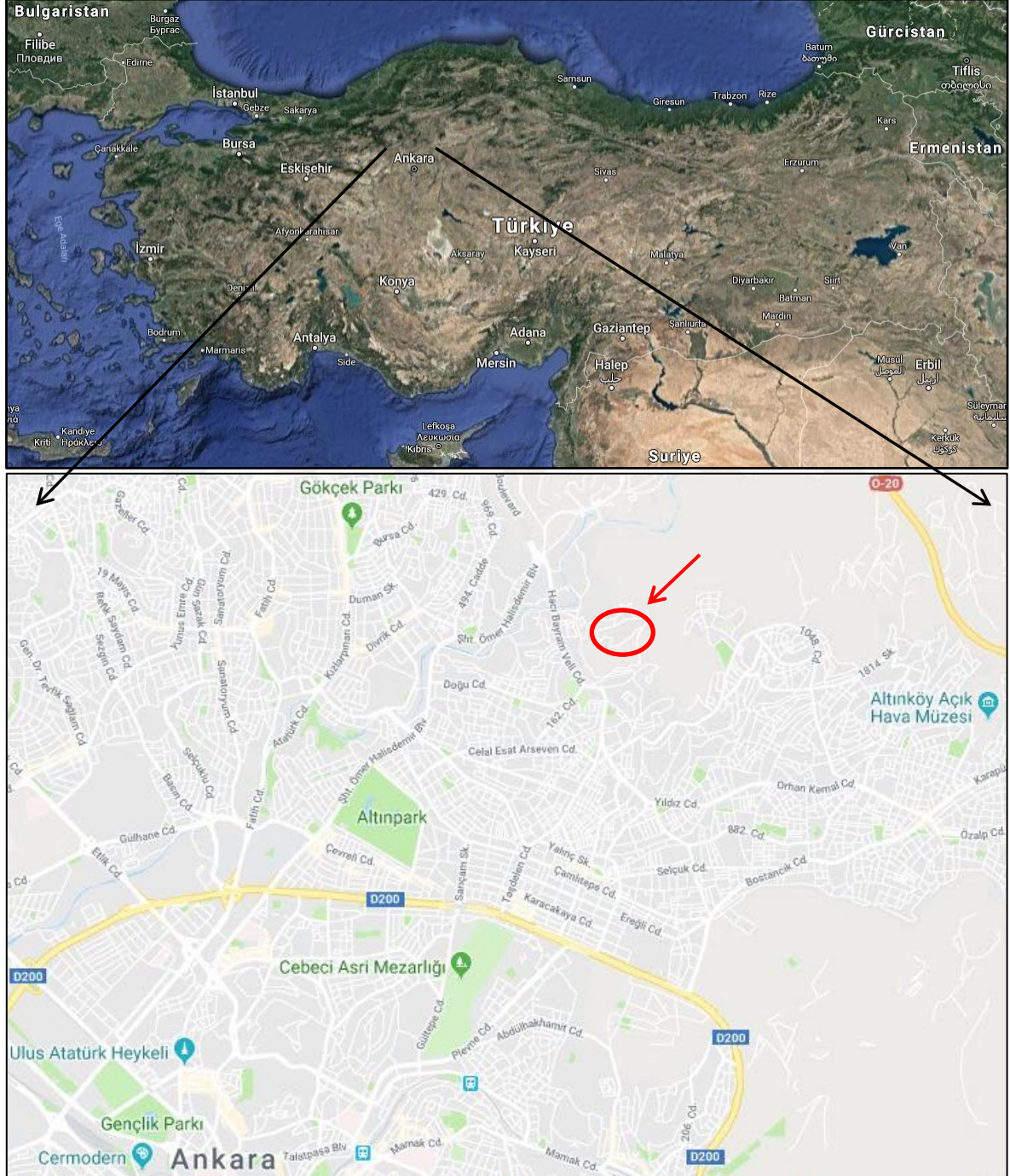
Yapılan literatür taramalarında NaOH'un artık zeminler üzerine doğrudan etkisinin araştırılmasına yönelik bir çalışma yapılmadığı anlaşılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar, NaOH kullanılarak elde edilen alkali çözeltiler vasıtasıyla örneklerin hazırlanması konusunda nasıl bir yol izlenmesine karar verilmesi açısından da önemlidir.



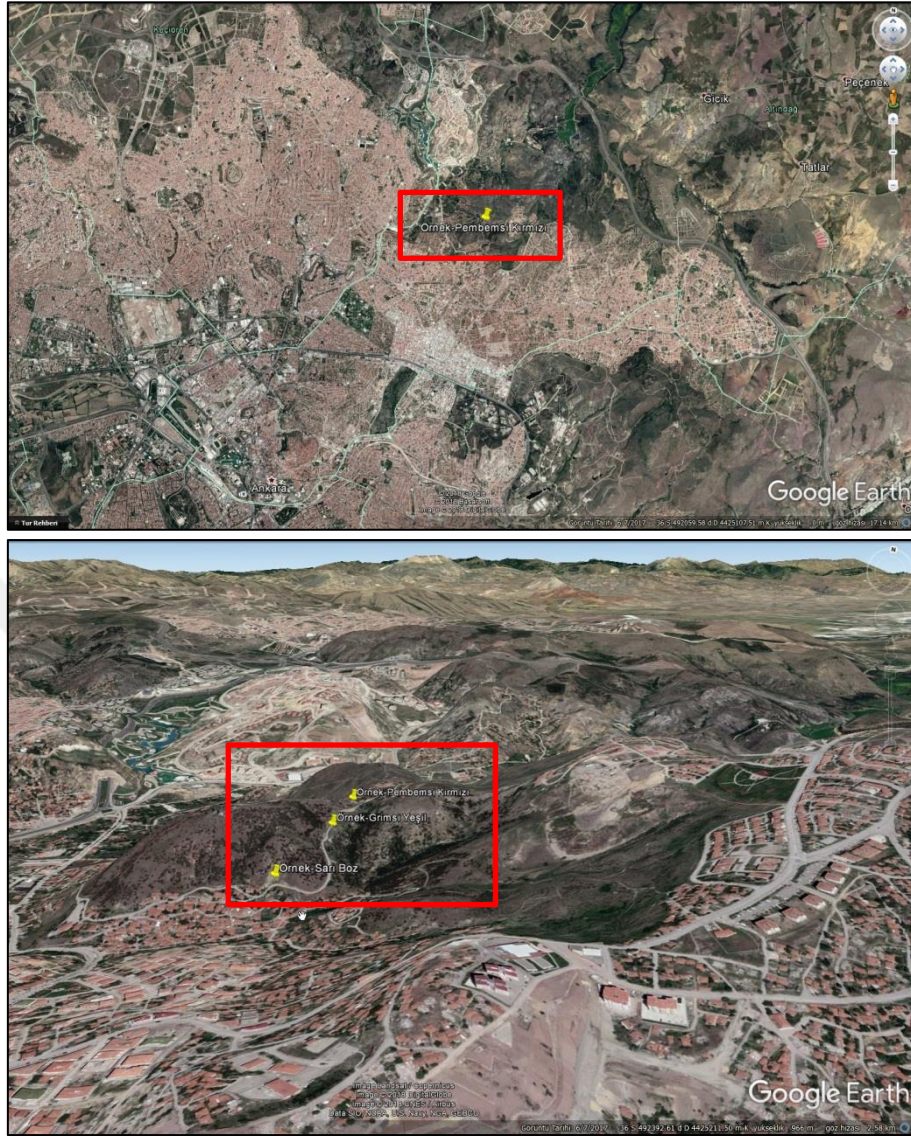
2. İNCELEME ALANI VE MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ

2.1. İnceleme Alanının Tanıtımı

İnceleme alanı Ankara ilinin Altındağ ilçesi Solfasol Mahallesi' nde yer almaktadır (Şekil 1). İnceleme sahasının kuzeyinde Çubuk, güneyinde Mogan, batısında Ankara Ovası ve Sakarya Nehri, doğusunda Kızılırmak yer alır. Deniz seviyesinden yükseklik ortalama 850 m'dir. İnceleme alanına uydu görüntüleri Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 1 İnceleme alanına ait yer bulduru haritası [5].



Şekil 2 İnceleme alanına ait uydu görüntüleri [5].

Çalışma alanındaki kentleşmenin durumunu gösteren bir fotoğraf (Şekil 3) ve de örnekleme yapılan alana ait bir fotoğraf (Şekil 4) aşağıda verilmiştir.



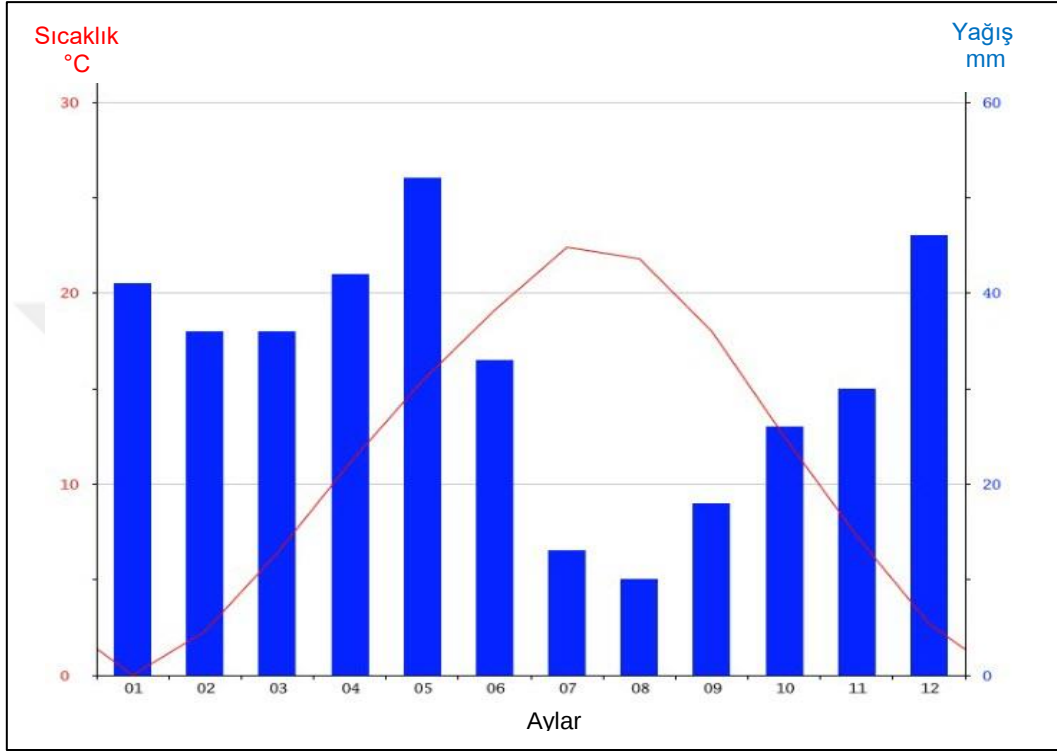
Şekil 3 İnceleme alanında gelişen kentleşme ve yapılara ait bir görünüm



Şekil 4 Sarı – boz renkli örneğin alındığı kısım

2.2. İklim ve Yağış Özellikleri

Ortalama 30.4 °C sıcaklık ve 10 mm yağış gözlenmiş olan ağustos ayı yılın en kurak ayıdır. Mayıs ayında ise 52 mm yağış gözlenmiştir ve en yağışlı aydır. Ortalama -3.3 °C sıcaklık gözlenen ocak ayı ise en soğuk aydır. İnceleme alanına ait yağış grafiği Şekil 5 'te, iklim verileri ise Çizelge 1' de verilmiştir.



Şekil 5 İnceleme alanının ay bazında yağış grafiği [2]

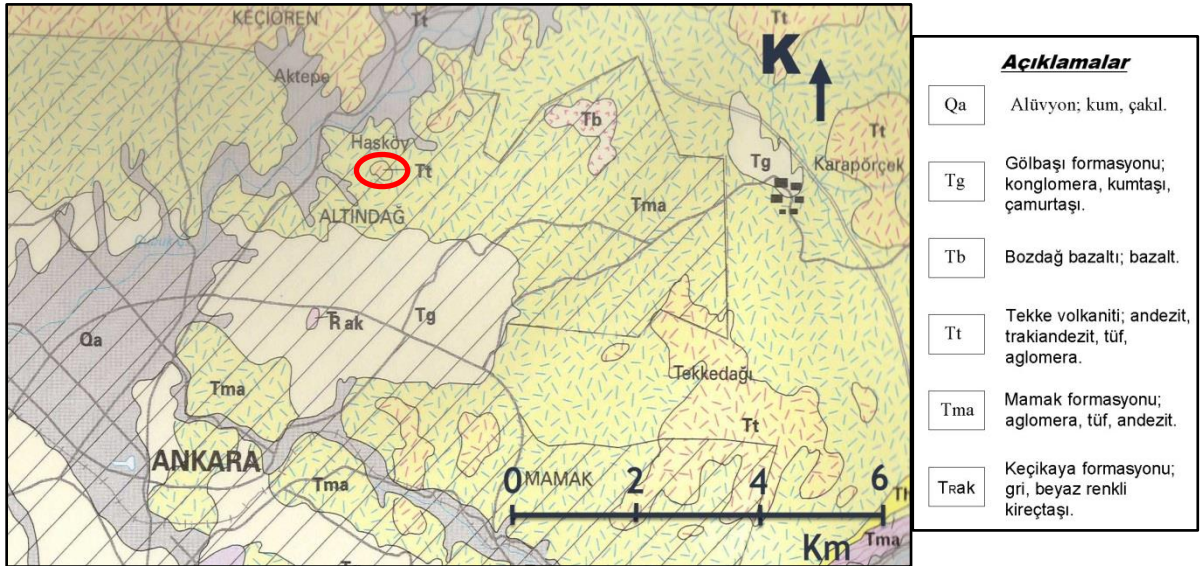
Çizelge 1. İnceleme alanının ay bazında iklim verileri [1].

ANKARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1927 - 2016)													
Ort. Sıcaklık (°C)	0.2	1.6	5.7	11.3	16.1	20.1	23.5	23.4	18.7	12.9	7.1	2.4	11.9
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.2	6.3	11.4	17.3	22.3	26.6	30.2	30.4	25.9	19.9	13.0	6.4	17.8
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	-3.3	-2.4	0.6	5.3	9.6	12.8	15.8	15.9	11.7	7.0	2.4	-0.9	6.2
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	2.5	3.5	5.2	6.3	8.3	10.1	11.3	10.6	9.2	6.5	4.4	2.4	80.3
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	12.1	11.2	10.7	11.1	12.1	8.4	3.5	2.6	4.0	6.8	8.1	11.7	102.3
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	39.6	35.3	38.5	42.6	51.2	33.9	13.7	11.5	17.9	27.5	31.6	43.8	387.2
Ölçüm Periyodu (1927 - 2016)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16.6	21.3	27.8	31.6	34.4	37.0	41.0	40.4	36.0	33.3	24.7	20.4	41.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.9	-24.2	-19.2	-7.2	-1.6	3.8	4.5	5.5	-1.5	-9.8	-17.5	-24.2	-24.9
Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktarı				Günlük En Hızlı Rüzgar				En Yüksek Kar					
11.06.1997 88.9 mm				27.04.1965 122.4 km/sa				31.01.1950 33.0 cm					

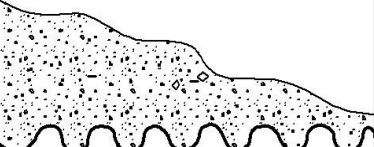
Ertürk [4] çalışmasında, yağışın, nemin, donma çözünme etkisinin, ıslanma kurumanın, iklim ve bitki örtüsünün artık zeminlerin oluşmasını hızlandıran fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler olduğunu belirtmiştir.

2.3. İnceleme Alanı ve Civarının Jeolojisi

Andezitik artık zeminlerin incelenmesi amaçlandığı için ve Ankara şehir merkezinde yer almasından dolayı Solfasol Mahallesi inceleme alanı olarak seçilmiş ve örnekleme yapılmıştır. Bölgenin jeolojisi bu kapsamda detaylı olarak çalışılmamıştır. Daha önceki çalışmalar incelendiğinde Ertürk, yapmış olduğu çalışmasında buradaki birimin tamamının Miyosen yaşlı olarak belirtmiş, Tersiyer volkanizmasının oluşturduğu pembe renkli Payamlıtepe andezitlerinin bozunma ürünü olarak adlandırmıştır [4]. MTA ise 1997’de yapmış olduğu çalışmada bu alanda bulunan andezitleri, kırmızı, pembe, siyah ve boz renkli akma izleri sıkça görülen şeklinde tanımlamış ve Tekke volkaniti olarak adlandırmıştır. Birimin yanall devamlılıklarında trakiandezit, andezit ve bazalt gibi geçişler gösterdiğine değinmiştir [6]. Çalışma alanına ait jeolojik harita (Şekil 6) ve genelleştirilmiş stratigrafik istif aşağıda verilmiştir (Şekil 7).



Şekil 6 Çalışma alanının jeolojik haritası [6].

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR
S E N O Z O Y İ K	KUVATERNER			Alüvyon (çakıl, kum, silt)
				Gevşek çimentolu konglomera, kırmızı renkli kumlu - siltli kil, kireç yumrulu kırmızı killer
	T E R S İ Y E R	Pliyosen	Alt	Pembe renkli marn ve killerle karışık lav çakılları ve tüfler
			Üst	
		Miyosen		Siltli - killi gösel kireçtaşları, marn, kilaşı, konglomera, andezit, bazalt, aglomera ve tüfler
	P A L E O J E N	Oligosen		Konglomera, kumtaşı, marn, jips
		Eosen		Fosilli kumlu kireçtaşı, kumtaşı
	P A L E O J E N	Paleosen		Filiş (konglomera, kumtaşı, silttaşı, marn ve olistostromlar)

Şekil 7 İnceleme alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik istif (ölçeksizdir).

(Ertürk' ten alınarak basitleştirilmiştir [4].)

2.4. Malzeme Özellikleri

İnceleme alanındaki örnekleme yapılan artık zemin, sarı-boz, kırmızımsı-pembe ve grimsi-yeşil olmak üzere 3 farklı renkte bulunmaktadır. Birimin farklı renk geçişlerine ait bir fotoğraf aşağıda verilmiştir. (Şekil 8).

İnceleme alanında bulunan andezitler bazı kesimlerde dayanımlarını korumuştur. Bir kaç metre mesafede bloklu ve sağlam kaya kalitesindeki andezitler ile tamamen ayrılmış andezitler yan yana görülebilmektedir (Şekil 9). Örneklerin alındığı kısımlardaki malzemenin görüntü olarak ilksel halini koruduğu fakat elle kolayca ufalandığı gözlemlenmiştir. Örnek alımı yapılırken özellikle bu artık zeminlerin olduğu kısımlar tercih edilmiştir.



Şekil 8 Andezitik artık topraktaki renk geçişinin belirgin olduğu kısım.

Ertürk [4] aynı alandan almış olduğu örnekler üzerinde X-ışınları analizleri yapmıştır. Çalışmasında mevcut artık zeminlerin ana bileşenlerinin kil ve feldispat olduğunu tali bileşenlerinin ise kalsit, mika, kuvars ve dolomit olduğunu belirtmiştir. Ayrıca buradaki malzemenin %46 oranında silt-kil (ince taneli) ile %54 oranında kum-çakıl (iri taneli) olduğunu belirtmiştir. Toprak sınıflarını GC, SC ve CH olarak belirtmekle birlikte likit limit değerlerinin % 33 - 77 aralığında, plastik limit değerlerinin % 20,6 - 34,8 aralığında olduğunu belirlemiştir.

Çizelge 2. Arazideki andezitlerin bozunma profili [4].

Bozunma Derecesi		Kalınlık	Açıklamalar
Bitkisel Toprak		0 - 20 cm	Ağaç ve bitki kökleri bulunduran, kırmızımsı kahverengi, gevşek, yer yer iri çakıl boyutunda ve elle ufalanamayan sert andezit çakılları bulunduran, az plastik yüzey toprağı.
I		0 - 3 m	Koyu pembe - kahverengi, çoğunlukla silt ve ince kuma dönüşmüş andezit artık toprağı; kalıntı kaya dokusu gözlenmekte ve kolaylıkla silt-ince kum halinde dağılabilen kayaç parçaları içermektedir.
II	II-a	3 - 7 m	Yeşilimsi gri-açık morumsu kırmızı renkli, ince-iri taneli, elle kolay parçalanabilen, zayıf dayanımlı, çok-tamamen ayrıışmış, porfirik dokulu andezit kayacı
	II-b	?	
III		?	Koyu morumsu kırmızı renkli, ince-iri taneli, çok sert, yüksek dayanımlı, sağlam-az ayrıışmış, porfirik dokulu andezit taban kayacı



Şekil 9 Çalışma alanından görüntüler.

3. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Bu tez için yapılan tüm deney çalışmaları Zemin Etüdü El Kitabı'ndan [12] faydalanılarak ve de ASTM standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Örneklem alanında laboratuvara getirilen numunelerle deney yapılmadan önce su içeriklerini eşitleyebilmek için numuneler en az 24 saat süreyle 105 °C fırında kurutularak etüv kurusu örnekler elde edilmiştir. Öncelikle NaOH çözeltilerinin alınan numuneler üzerinde etkisini anlamaya yönelik deneyler yapılmıştır. Temel deneylerin tamamlanmasından sonra ikincil amaç ise jeomekanik özelliklerde iyileşme elde edilmesine yönelik çalışmalardır.

Tek eksenli sıkışma dayanımı ve konsolidasyon deneyinde kullanılan numuneler, optimum su içeriğini bulmak amacıyla yapılan proktor deneyi için hazırlanan numuneler ile aynı şekilde hazırlanmıştır. Zemin içerisindeki taneler arasındaki boşlukların en aza indirilmesi hedeflenerek standart yakalanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma kapsamında 20 tanesi plastik kalıpta, 25 tanesi metal kalıpta hazırlanmış olmak üzere toplamda 45 adet numune üzerinde tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi yapılmıştır.

Plastik kalıpların iç çapları 70,00 mm, boyu 150 mm'dir.

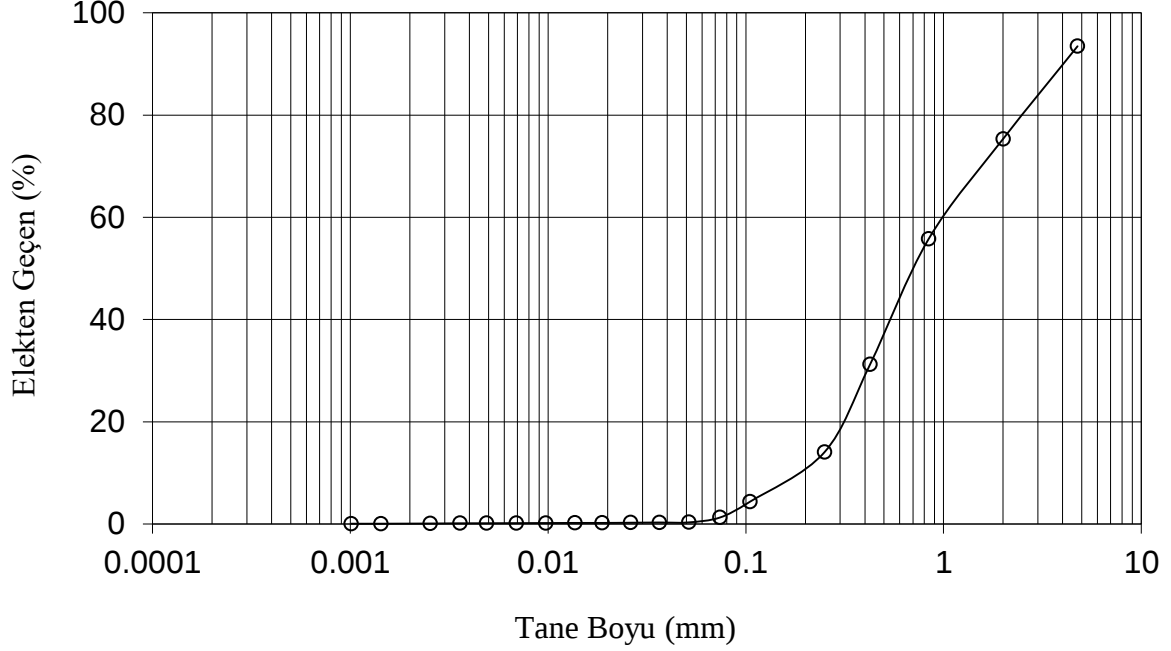
Metal kalıpların iç çapları 76,10 mm, boyu ise 152,40 mm'dir.

3.1. Fiziksel Özellik Belirleme Deneyleri

İnceleme alanında bulunan malzeme Ertürk' ün [4] çalışmasında da bahsetildiği gibi görünüş olarak ilksel durumunu korumakta olmasına rağmen, el ile sıkıştırıldığında bile kolayca dağılarak kum boyutuna dönüşebilmektedir. Malzemenin özelliklerini anlayabilmek için elek analizi, Atterberg limitleri, su içeriği tayini, şişme indeksi, özgül ağırlık ve proktor deneylerinden oluşan temel deneyler yapılmıştır.

3.1.1. Elek Analizi ve Tane Özgöl Ağırlık Deneyleri

Kırmızımsı-pembe örnek için tane boyu dağılımı grafiği Şekil 10' da ve elek analizi sonuçları Çizelge 3 'te verilmiştir.



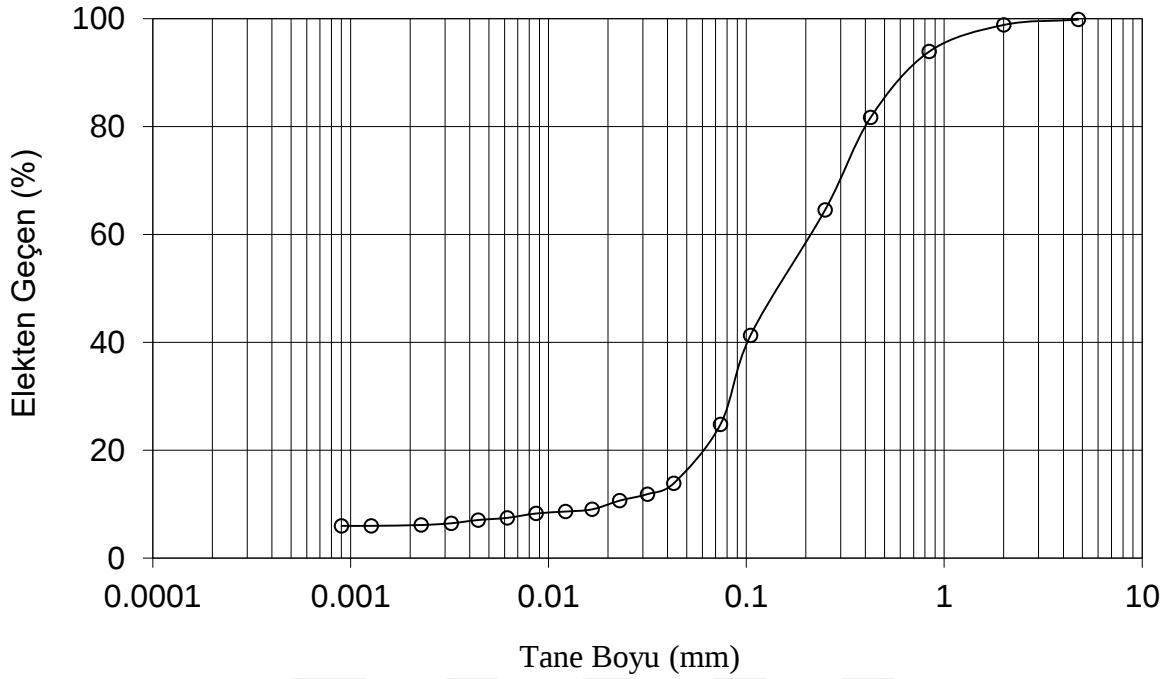
Şekil 10 Kırmızımsı-pembe andezitik artık toprak örneğinin tane boyu dağılım grafiği.

Çizelge 3. Kırmızımsı-pembe örneğe ait elek analizi sonuçları.

Örnek Adı:	Kırmızımsı pembe	
Top. Malz. (g):	535	
Elek No	Elek Çapı (mm)	Elekten Geçen (%)
4	4,76	93,46
10	2	75,33
20	0,84	55,74
40	0,425	31,22
60	0,25	14,05
140	0,105	4,35
200	0,074	1,26
Kil-Silt Oranı = %1,26		

Yapılan elek analizi sonucu, örneğin %6,54' ünün çakıl, % 92,20' sinin kum ve %1,26' sının ince taneli malzeme olduğu saptanmıştır. Tane özgül ağırlık (Gs) 2,46 dır.

Grimsi-yeşil örnek için tane boyu dağılımı grafiği Şekil 11’ de ve elek analizi sonuçları Çizelge 4 ’te verilmiştir.



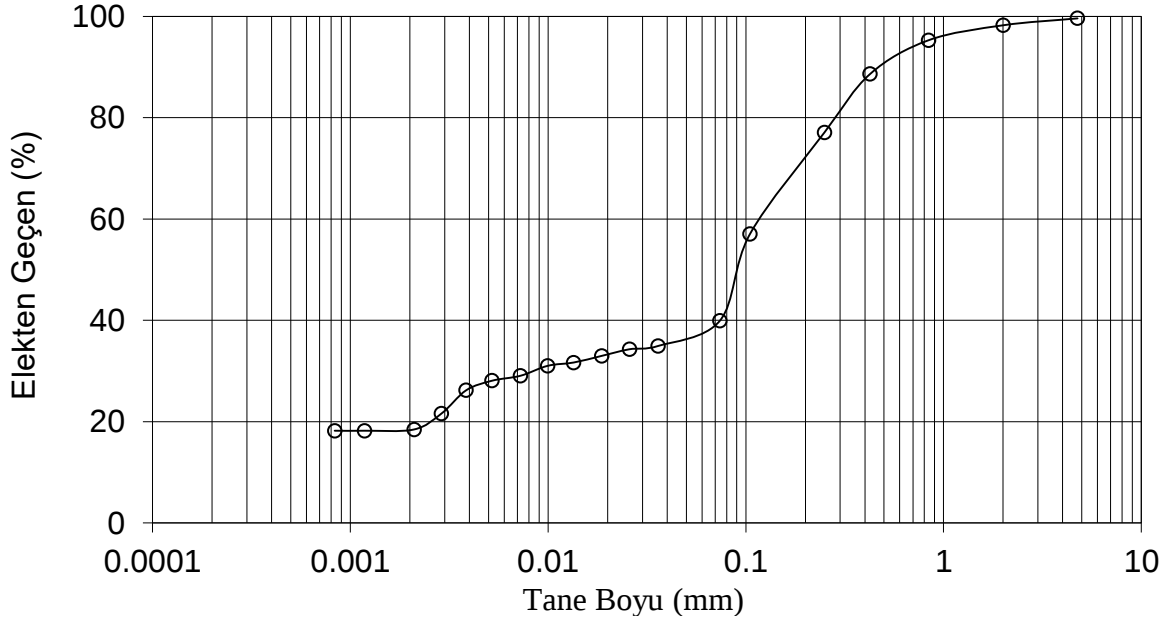
Şekil 11 Grimsi-yeşil andezitik artık toprak örneğinin tane boyu dağılım grafiği.

Çizelge 4. Grimsi-Yeşil örneğe ait elek analizi sonuçları

Örnek Adı:	Grimsi-yeşil	
Top. Malz. (g):	610	
Elek No	Elek Çapı (mm)	Elektan Geçen (%)
4	4,76	99,84
10	2	98,85
20	0,84	93,91
40	0,425	81,70
60	0,25	64,54
140	0,105	41,31
200	0,074	24,78
Kil-Silt Oranı = %24,78		

Yapılan elek analizi sonucunda örneğin %0,16’ sının çakıl, % 75,06’ sının kum ve % 24,78’ inin ince taneli malzeme olduğu anlaşılmıştır. Tane özgül ağırlık (Gs) 2,59 dur.

Sarı-boz örnek için ise tane boyu dağılımı grafiği Şekil 12' de ve elek analizi sonuçları Çizelge 5 'te verilmiştir.



Şekil 12 Sarı-boz andezitik artık toprak örneğinin tane boyu dağılım grafiği

Çizelge 5. Sarı-boz örneğe ait elek analizi sonuçları

Örnek Adı:	Sarı-boz	
Top. Malz. (g):	512	
Elek No	Elek Çapı (mm)	Elekten geçen (%)
4	4,76	99,61
10	2	98,24
20	0,84	95,29
40	0,425	88,62
60	0,25	77,10
140	0,105	57,06
200	0,074	39,94
Kil-Silt Oranı = %39,94		

Yapılan elek analizi sonucunda örneğin %0,39' unun çakıl, % 59,67' sinin kum ve % 39,94' ünün ince taneli malzeme olduğu anlaşılmıştır. Tane özgül ağırlık (G_s) 2,57 dir.

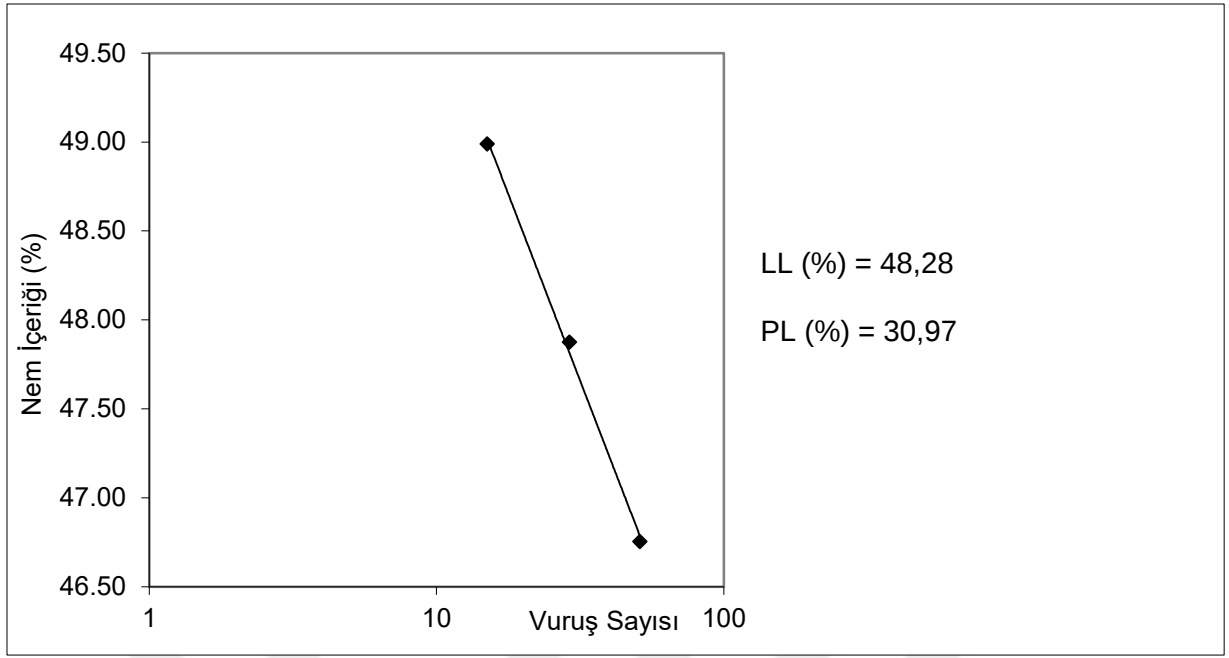
3.1.2. Atterberg Limitleri Deneyleri

Likit limit ve plastik limit deneyleri ince daneli bir zeminin fiziksel özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak için yapılan bir deneydir. Zeminlerin su içeriği ve plastisitesi arasında ilişkinin bir ölçüsüdür ve yüzde olarak ifade edilir.

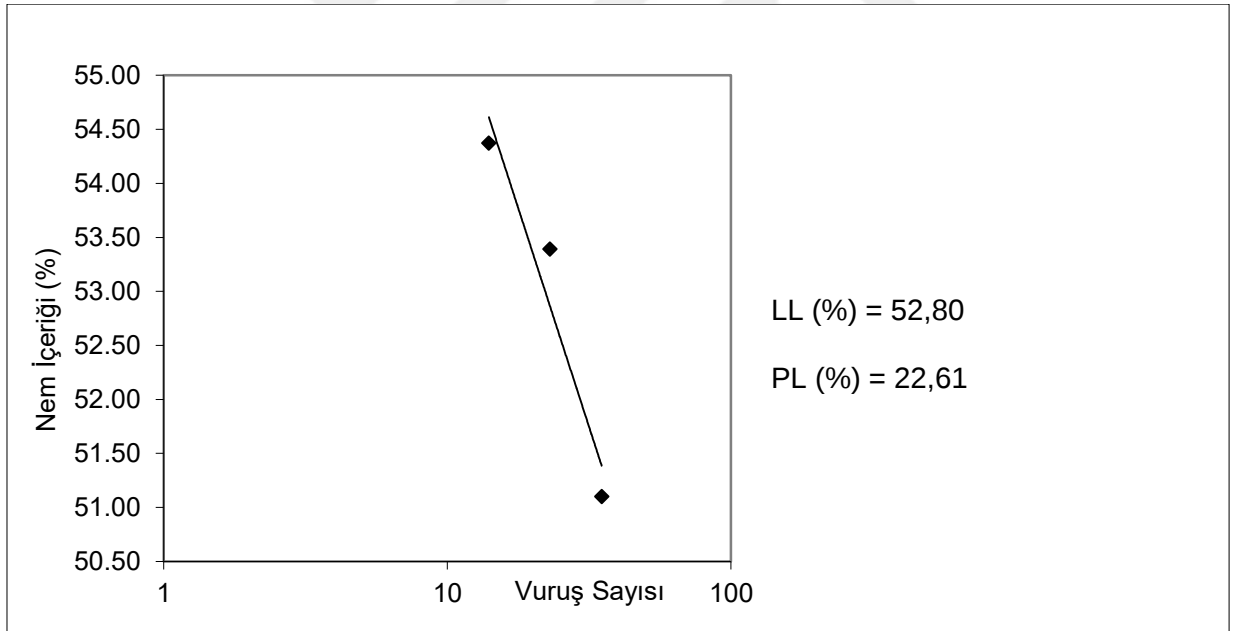
Likit limit (LL), zeminin likit davranış gösterdiği sınırdaki su içeriğinin yüzde ifadesi olarak tanımlanabilmektedir. Bu çalışmada likit limit değeri Casagrande cihazının oluşturduğu titreşim vasıtasıyla tayin edilmiştir. Özel oluk açma bıçağı vasıtasıyla likit limit cihazının kasesine konulan numune "V" şekilli bir oluk ile ikiye ayrılır. Cihazın kolu çevirilerek kaseinin serbest düşmesi sağlanır. Kol 25 defa çevirildiğinde İkiye ayrılmış numunenin dip kısmında 13 mm boyunca temas sağlanması amaçlanmaktadır. Bu değer yakalandığında kaseinin içerisindeki numuneden örnek alınır ve su içeriği hesaplanır. 25 düşüşe yakın değerlerde temas sağlandığı anda düşüş sayıları üzerinden grafik ile de bu değer hesaplanılabilmektedir.

Plastik limit ise zeminin plastik kıvamdaki en düşük su içeriğinin ölçüsüdür. Plastik limitin ifadesi olan bu kritik su içeriğinin tayin edilmesi için yoğurulan örnek 3 mm çapında silindir halinde yuvarlatılır. Oluşturulan çubuk şeklindeki toprak örneğinin çatlama ve kopmaya başladığı ilk an tespit edilir ve bu andaki su içeriği hesaplanır.

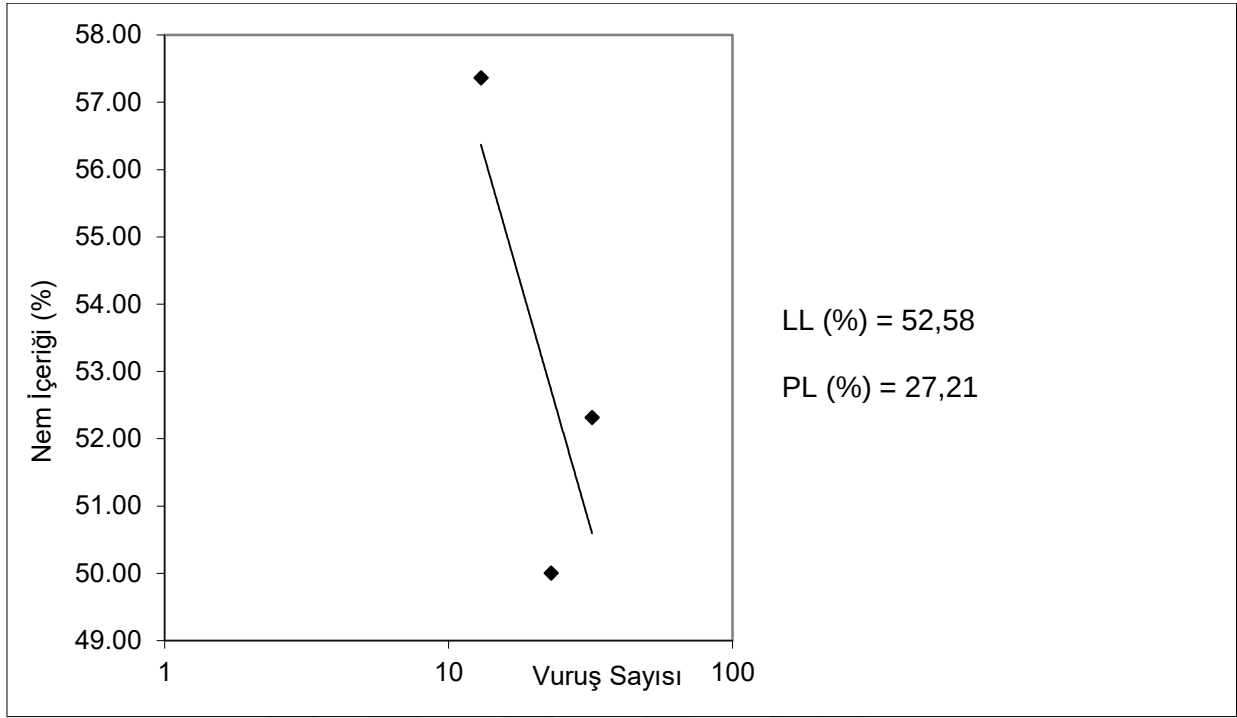
Araziden alınan örneklerin çözelti katılmadan önceki LL, PL değerleri ve LL grafiği, Şekil 13-15' te verilmiştir.



Şekil 13 Kırmızımsı-pembe örneğe ait veriler.



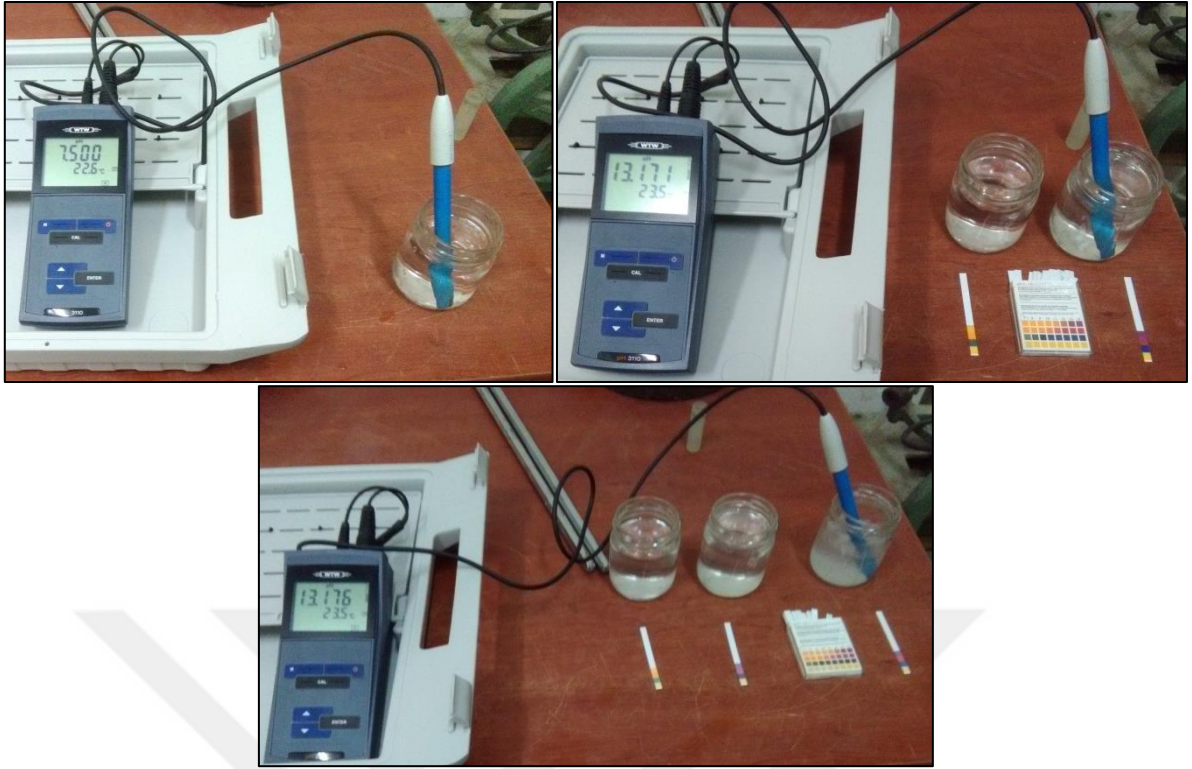
Şekil 14 Grimsi-yeşil örneğe ait veriler.



Şekil 15 Sarı-boz örneğe ait veriler.

3.1.3. Çözelti Katılarak Yapılan Atterberg Limitleri Tayini

Andezitik artık zeminlere etkisi anlaşılmak istenilen bazik çözeltiler, optimum su içeriğinin ağırlıkça %5' i ve %10' u oranlarında NaOH ile oluşturulmuştur. Çözeltilerin pH değerleri, pH-metre ve turnusol kağıdıyla ölçülmüştür. Çözelti suyunun pH değeri 7.5, %5 NaOH çözeltisinin pH değeri 13.171 ve %10 NaOH çözeltisinin pH değeri 13.176 olarak ölçülmüştür (Şekil 16).



Şekil 16 Çözelti suyu ve NaOH çözeltilerinin pH değerlerinin ölçülmesi.

Sarı-boz renkli örnek, %0, %5 ve %10 NaOH çözeltisi ile 10 gün kür için bekletildikten sonra deneyler tekrar yapılmış ve aşağıdaki LL ve PL değerlerine ulaşılmıştır. Kürlenmesi için bekletilen örneklerle ait bir görüntü Şekil 17’ de, çözelti katılmış Atterberg Limitleri’ ne ait görüntüler ise Şekil 18’ de verilmiştir.

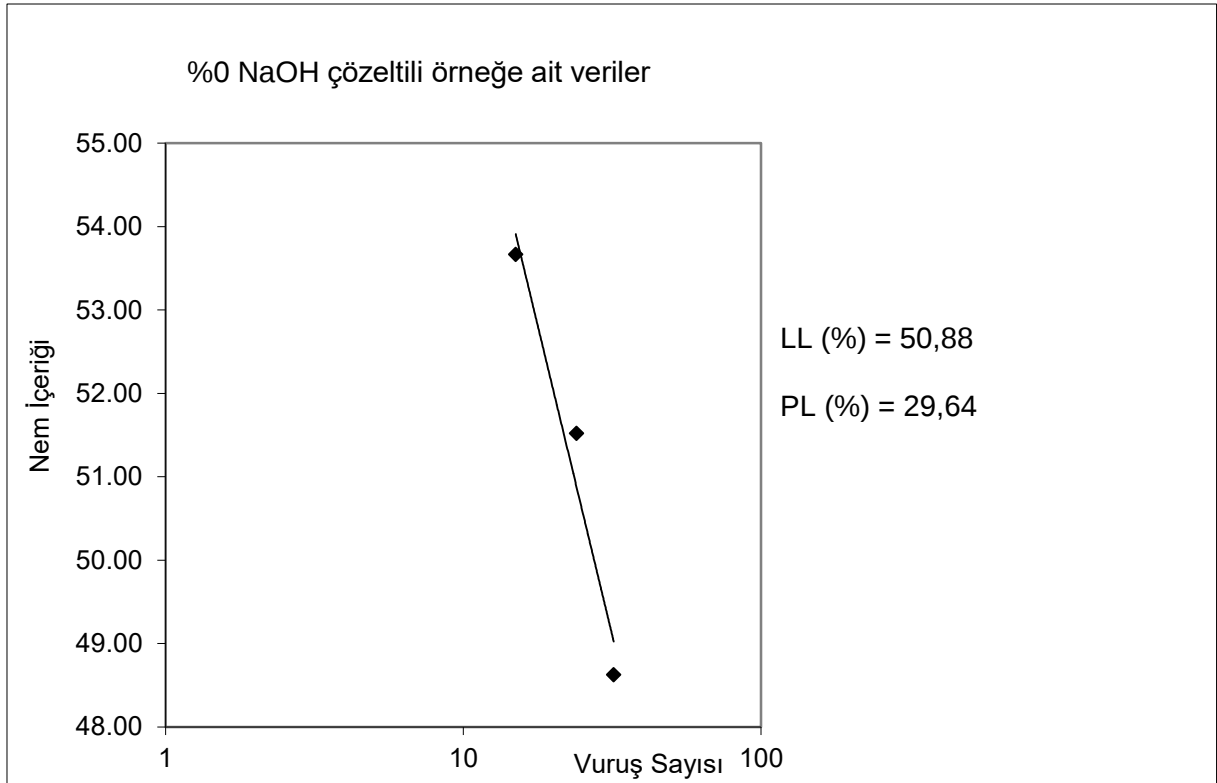


Şekil 17 Kürlenmesi için bekletilen likit limit numuneleri.

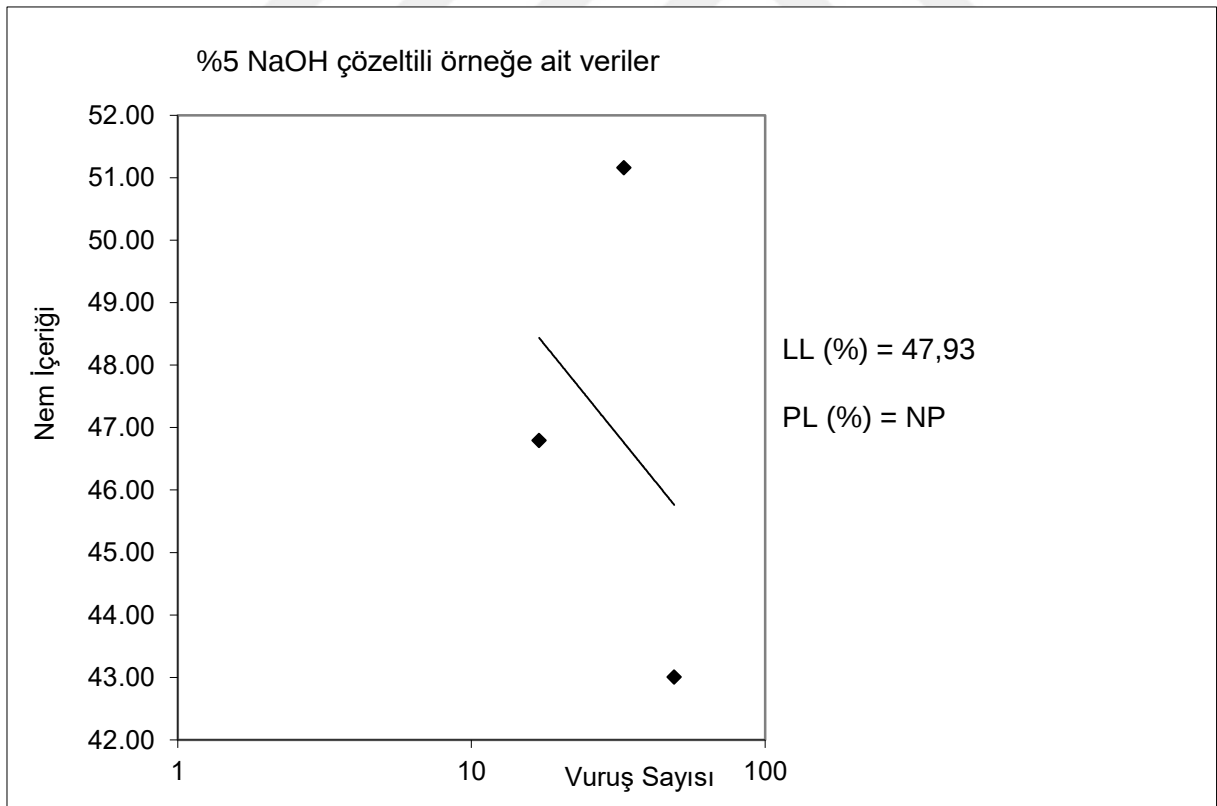


Şekil 18 Çözültüli örneklerin Atterberg limitleri deneylerine ait görüntüleri.

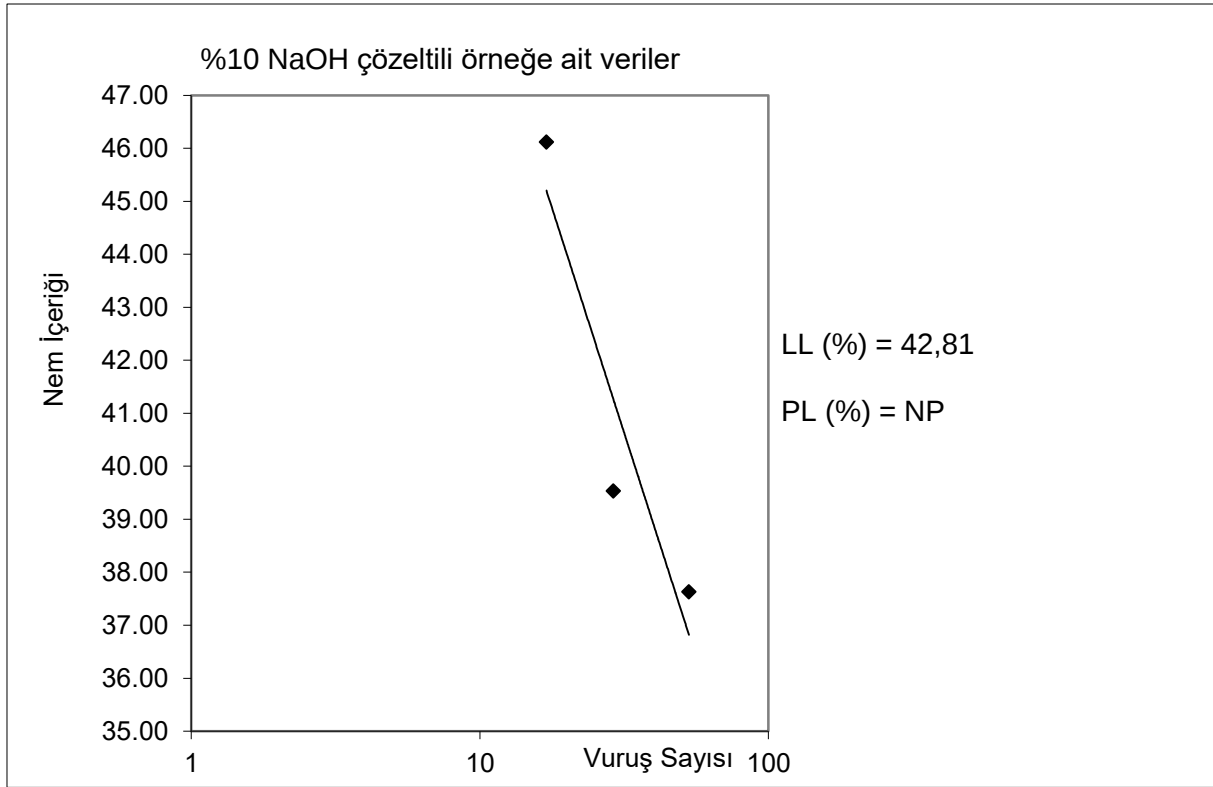
NaOH çözeltisi katılmamış (%0 NaOH) örneğin Atterberg limitleri sonuçları Şekil 19'da, NaOH çözeltisi katılmış örneklerin Atterberg limitleri sonuçları ise Şekil 20-21'de verilmiştir. Toprak örneğine NaOH katılmasıyla, toprak örneğinin plastik davranış göstermediği belirlenmiştir.



Şekil 19 %0 NaOH katılmış örneklerin Atterberg limitleri sonuçları.



Şekil 20 %5 NaOH katılmış örneklerin Atterberg limitleri sonuçları.

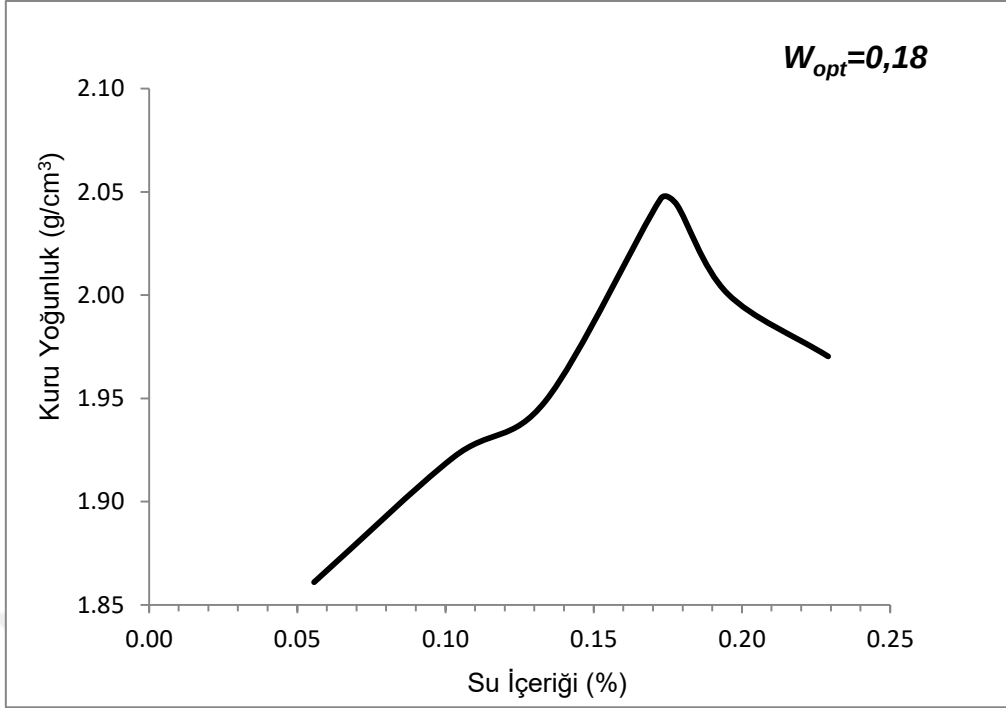


Şekil 21 %10 NaOH katılmış örneklerin Atterberg limitleri sonuçları.

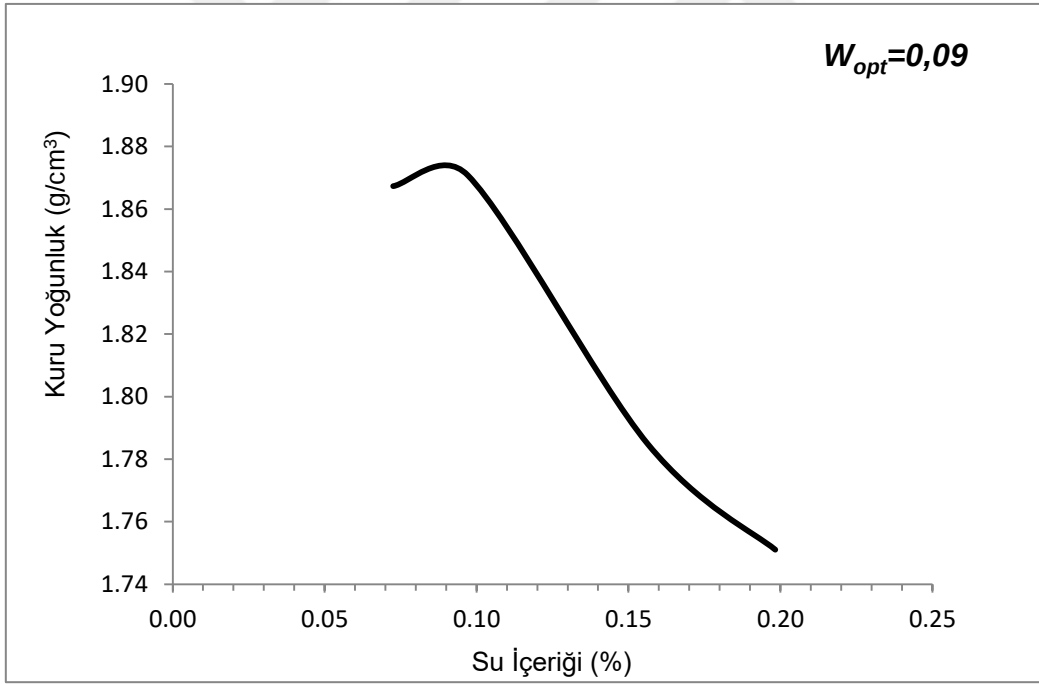
3.1.4. Optimum Su İçeriğinin Belirlenmesi

Öncelikle alınan örnekler üzerinde standart proktor deneyi yapılarak örneklerin optimum su içerikleri tayin edilmiştir. Proktor deneyinin yapılmasındaki amaç optimum su içeriğinde yakalanabilen maksimum yoğunluğun belirlenmesidir. Değişen miktarlardaki su ile 5 defa yoğunluk ölçümü yapılmış, çizilen su içeriği–kuru yoğunluk grafiğinden maksimum kuru yoğunluk tayin edilmiştir.

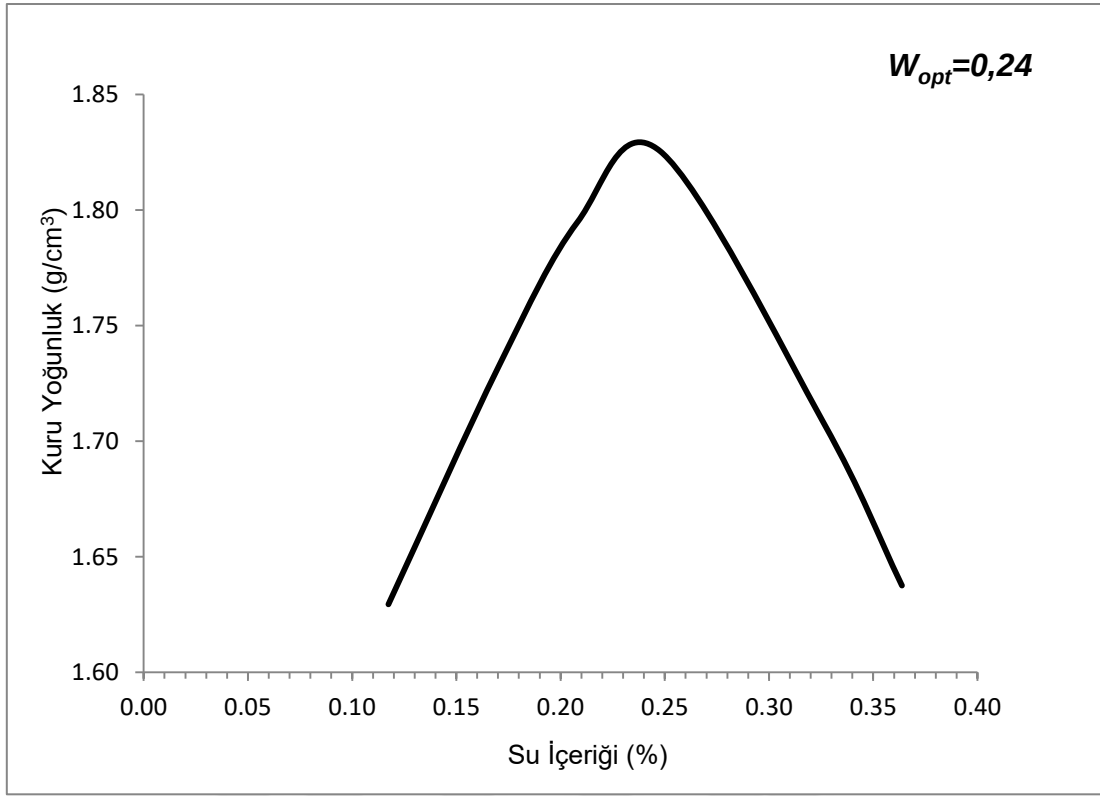
Etüv kurusu zemin belirlenen oranda (optimum su içeriğinin ağırlıkça %5' i ve %10' u kadar) NaOH çözeltisiyle homojen olana kadar karıştırılmıştır. Daha sonra proktor sıkılığında sıkıştırılmıştır. Proktor sıkılığı ile kastedilen proktor deneyinde olduğu gibi, proktor çekici vasıtasıyla, 30 cm mesafeden 2,5 kg ağırlığındaki yükün 25 defa zemine düşürülmesi ile birbirine eşit 3 katman şeklinde oluşturulmuş numunelere ait sıkılıktır. Araziden getirilen örneklerin Proktor deneyi sonuçları Şekil 22-24' te sunulmuştur.



Şekil 22 Kırmızımsı-pembe örneğe ait su içeriği-maksimum kuru yoğunluk grafiği.



Şekil 23 Grimsi-yeşil örneğe ait su içeriği-maksimum kuru yoğunluk grafiği.



Şekil 24 Sarı-boz örneğe ait su içeriği-maksimum kuru yoğunluk grafiği.

3.1.5. Serbest Şişme İndeksinin Bulunması

%0, %5 ve %10 NaOH çözeltisi ile 20 gün kür için bekletilen örnekler 105 °C fırında bekletilerek tamamen kurutulmuştur. Kuruyan örnekler öğütüldükten sonra 0.425 mm elek açıklığındaki 40 no'lu elek ile elenmiştir. Elek altında kalan numuneden alınan 10 gram ağırlığındaki örnek 100 ml gazyağı (kerosen) içerisinde, aynı şekilde elde edilmiş diğer örnek ise 100 ml saf su içerisinde 24 saat bekletilmiştir (Şekil 25). Bu süre sonunda örneklerin hacimleri ölçülmüş ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla serbest şişme indeksi tayin edilmiştir.

$$\text{Serbest Şişme İndeksi}(\%) = \frac{\text{Saf Su İçerisindeki Hacim} - \text{Gazyağı İçerisindeki Hacim}}{\text{Gazyağı İçerisindeki Hacim}} \times 100$$

Bu işlem %0, %5 ve %10 NaOH çözeltisi içeren numuneler için ayrı ayrı yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.



Şekil 25 Serbest şişme indeksi deneyi görüntüsü.

Toprak örneği içine katılan NaOH çözeltisi miktarı artıka serbest şişme indeksinin azaldığı saptanmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Serbest şişme indeksi deney sonuçları

Örnek Adı	Su içerisindeki örnek hacmi (ml)	Gaz içerisindeki örnek hacmi (ml)	Serbest Şişme İndeksi (%)
%0 NaOH	14	12.5	12.0
%5 NaOH	14.5	13.5	7.4
%10 NaOH	12.5	12	4.2

3.2. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (UCS) Deneyi Numunelerini Hazırlama Yöntemi

Birinci seri numuneler plastik kelepçeler ile desteklenmiş, içleri vazelin ile yağlanmış plastik borulardan oluşturulan kalıplarda hazırlanmıştır. Hazırlanan bu numunelerin üst yüzeylerinin ve kalıba temas eden yüzeylerinin düzgün olmadığı, laboratuvar koşullarından maksimum düzeyde özen gösterilmesine rağmen boşluklu ve pürüzlü yapıda yüzey olduğu görülmüştür. Proktor sıkılığı elde edilirken kalıplarda kırılmalar gerçekleşmiştir (Şekil 26). Metal kelepçeler kullanarak kırılmaların önüne geçilmesine rağmen numunelerin proktor sıkılığında hazırlanması sırasında kalıpların esnediği, yapılan çap ölçümlerinde alt kısımların çaplarının daha büyük olduğu gözlenmiştir. Bu faktörlerin dayanımı olumsuz yönde etkilemesini en aza indirmek için ikinci seri deneyler yapılırken metal kalıplar kullanılmıştır. Metal kalıpların kullanılmasıyla örneklerde çap ve boyut olarak standart sağlanmıştır. Oluşturulan numunelerin üst yüzeyleri de kolaylıkla daha pürüzsüz hale getirilebilmiştir.

Birinci seride %5 NaOH çözeltisi ile plastik kalıplar kullanılarak hazırlanmış olan numuneler 1, 7 ve 28 gün kür havuzunda bekletildikten sonra tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi yapılmıştır. Örneklerin boylarının aynı seviyeye getirilmesinde zorluklar yaşanmış (Şekil 26), üst kısımda yüzeysel kırılmalar ve çap kayıpları oluşmuştur. Boyut etkisinin tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi üzerinde etkili olduğu bilindiği için ve numunenin çapında kontrol edilemeyen değişiklikler meydana geldiği için plastik kalıp yerine metal kalıp kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 26 Plastik kap kullanarak numune hazırlarken karşılaşılan olumsuzluklar.



Şekil 27 Plastik kalıp kullanarak hazırlanmış numuneler arasındaki boy farkları.

İkinci seride metal kalıplar kullanılarak hazırlanılan numuneler 1, 7, 28 ve 56 gün kür için nem havuzunda bekletildikten sonra 10 gün de oda koşullarında bekletilmiştir (Şekil 28). Daha sonra tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi yapılmıştır. Bu sayede doğadaki şartlara yakın şartların değerlendirilmesi sağlanmıştır. %10 NaOH çözeltisiyle hazırlanmış numuneler oda şartlarında bekletildikten sonra yüzeylerinde gözle görülebilir tuzlanmalar, genleşme ve şekilsel deformasyonlar meydana gelmiştir (Şekil 29). Kırılan numunelerin su içerikleri tayin edilerek NaOH muhteva eden numunelerin nem içeriği ile dayanımı arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.



Şekil 28 Kürlenme amaçlı nem havuzunda bekleyen numunelere ait bir görüntü.

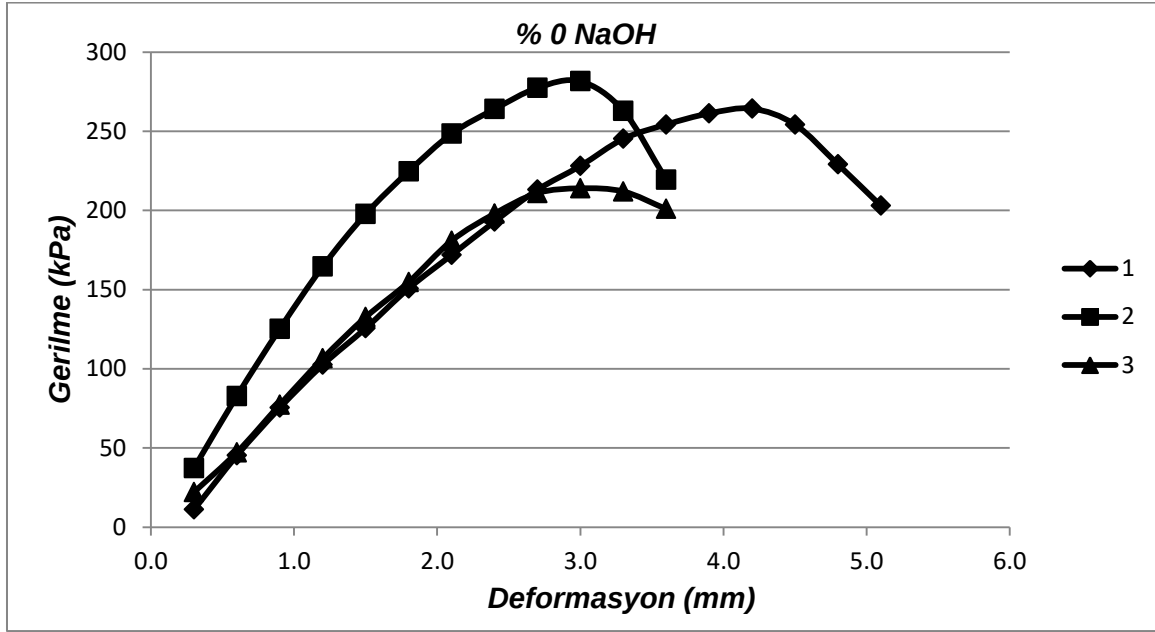


Şekil 29 Oda şartlarında bekletilen %10 NaOH çözeltili örneklerin görüntüleri.

3.3. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi ve Su İçeriği

İlk seri numuneler plastik kalıplarla hazırlanmış, deney yapılırken 2 mm/dakika yükleme hızı kullanılmıştır. Ayrıca nem havuzunda çıkartılan numuneler oda şartlarında bekletilmeden doğrudan deneye tabi tutulmuştur. Deneye başlamadan önce numunelerin çapları, boyları ve ağırlıkları kaydedilmiştir.

1 gün kür havuzunda bekletilen %0 NaOH (sadece su) ile hazırlanmış numunelere ait deformasyon-gerilme grafiği Şekil 30' da ve deney sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir.

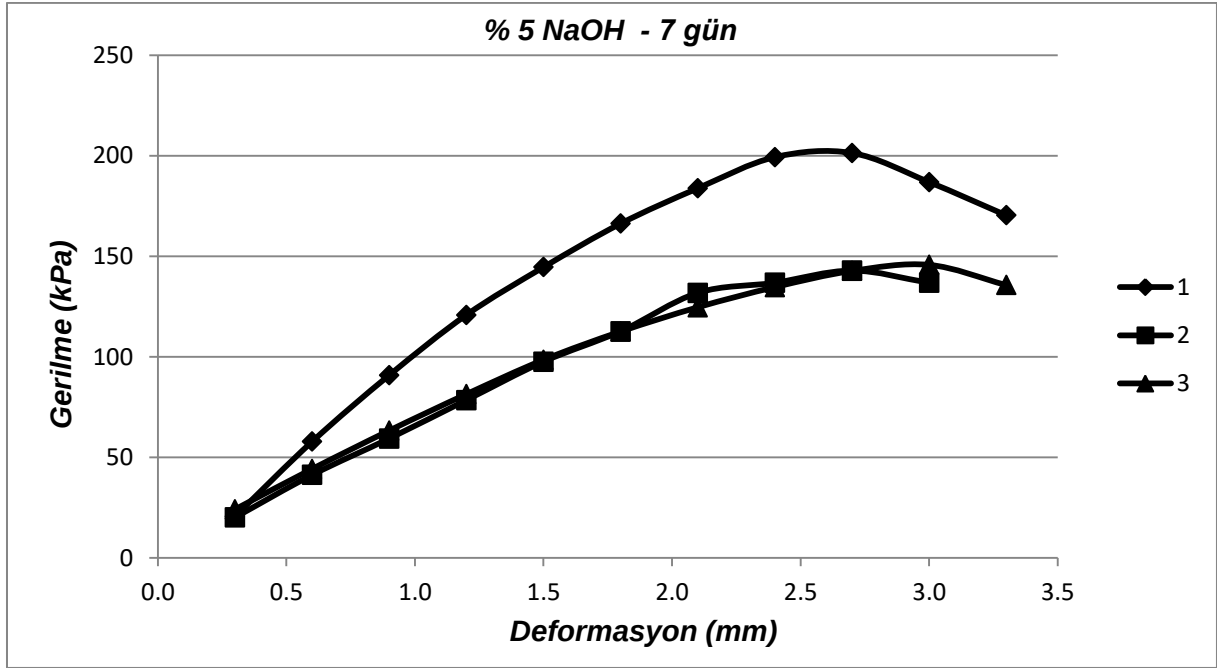


Şekil 30 1 gün kür havuzunda bekletilen %0 NaOH içeren toprak örneklerinin deformasyon-gerilme grafiği.

Çizelge 7. 1 gün kür havuzunda bekletilen %0 NaOH içeren toprak örneklerinin dayanım ve yoğunluk değerleri.

%0 NaOH		
Numune No.	UCS (kPa)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	264,3	1,847
2	281,6	1,850
3	214,0	1,757
Ortalama	253,3	1,818

7 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deformasyon-gerilme grafiği Şekil 31’ de ve deney sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir.

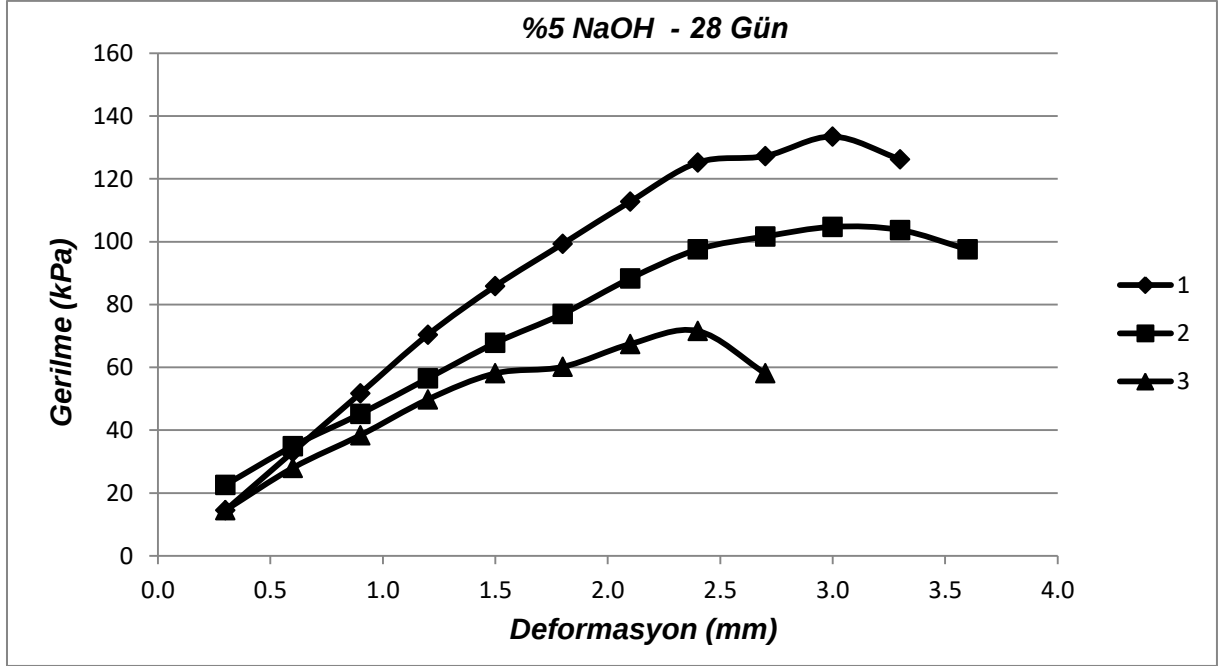


Şekil 31 7 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH içeren toprak örneklerinin deformasyon-gerilme grafiği.

Çizelge 8. 7 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH içeren toprak örneklerinin dayanım ve yoğunluk değerleri.

%5 NaOH – 7 Gün Kür		
Numune No.	UCS (kPa)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	201,4	1,837
2	142,9	1,664
3	145,7	1,750
Ortalama	163,3	1,750

28 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme grafiği Şekil 32’ de ve deney sonuçları Çizelge 9’ da verilmiştir.



Şekil 32 28 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH içeren toprak örneklerinin deformasyon-gerilme grafiği.

Çizelge 9. 28 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH içeren toprak örneklerinin dayanım ve yoğunluk değerleri.

%5 NaOH – 28 Gün Kür		
Numune No.	UCS (kPa)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	133,5	1,805
2	104,7	1,757
3	71,6	1,777
Ortalama	103,3	1,780

İkinci seri numuneler metal kalıplarla hazırlanmış, deney yapılırken 1mm/dakika yükleme hızı kullanılmıştır. Ayrıca nem havuzunda çıkartılan numuneler oda şartlarında 10 gün bekletildikten sonra deneye tabi tutulmuştur. Deneye başlamadan önce numunelerin çapları, boyları ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Deney yapıldıktan sonrada ise her bir numuneden 3' er adet ölçü kaplarına örnek alınmış ve su içerikleri hesaplanmıştır.

$$w_n = \text{Su İçeriği Yüzdesi}$$

$$W_1 = \text{Boş Kap Ağırlığı}$$

$$W_2 = \text{Kap} + \text{Yaş Örnek Ağırlığı}$$

$$W_3 = \text{Kap} + \text{Kuru Örnek Ağırlığı}$$

olmak üzere su içeriği aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$w_n (\%) = (W_2 - W_3) / (W_3 - W_1) * 100 \quad [12]$$

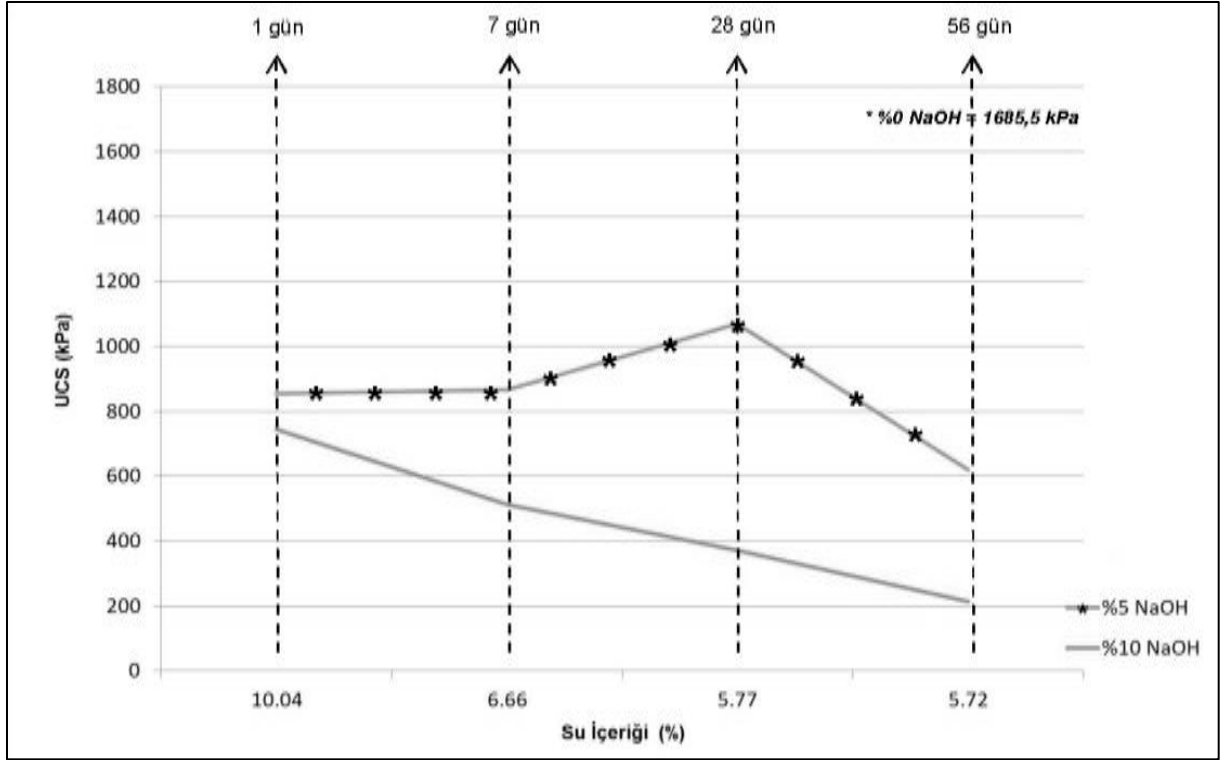
Numunelere ait su içerikleri ve dayanım değerleri Çizelge 10' da verildiği gibidir.

Çizelge 10. Optimum su içeriği ile oluşturulmuş örneklerin UCS değerleri.

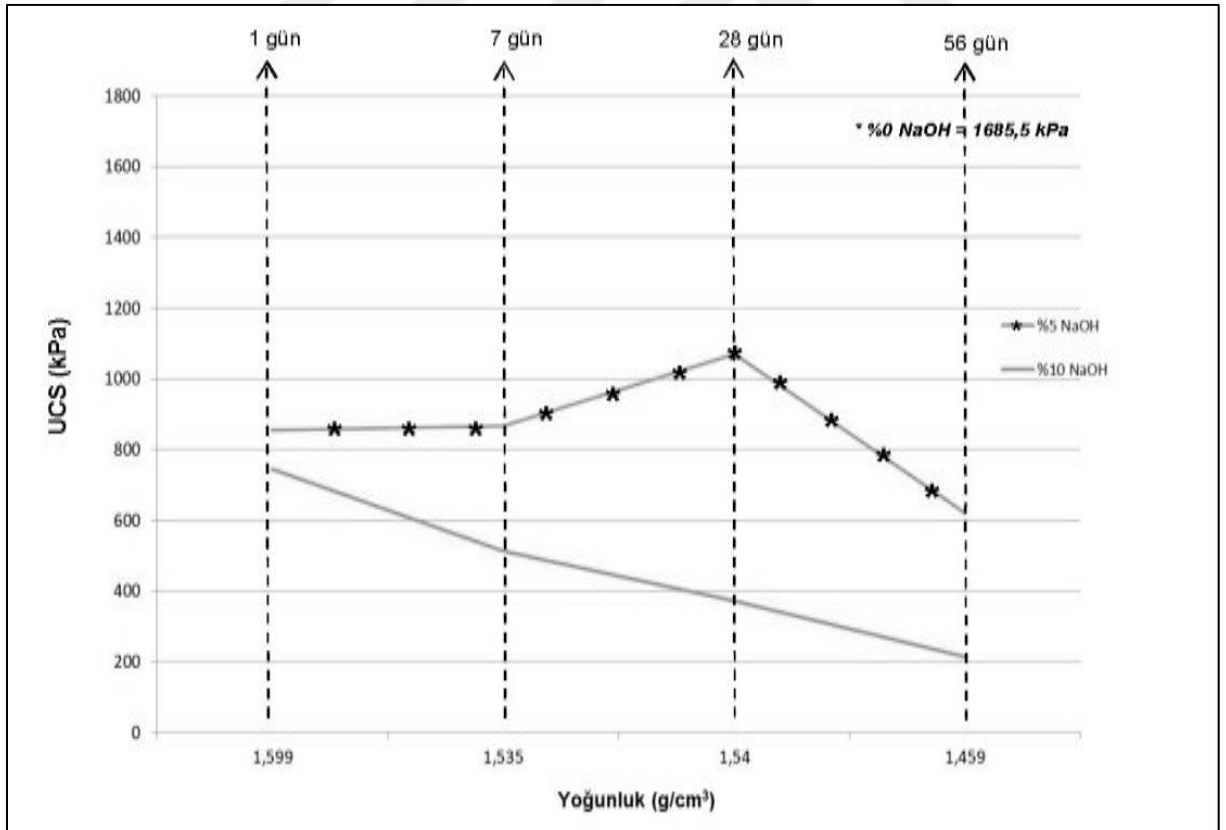
	Çözeltildeki NaOH Oranları (%)					
	0	5	10	0	5	10
Kür Süresi (gün)	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (kPa)			Deney Anındaki Su İçerikleri (%)		
1	1685,5	853,9	744,8	6,57	10,04	8,33
7	*	867,2	512,0	*	6,66	6,52
28	*	1069,0	373,5	*	5,77	6,03
56	*	621,0	214,5	*	5,72	7,90

*Not: Sadece su ile oluşturulan numunelerde (%0 NaOH) kür için bekleme gereği duyulmadığından dolayı 1. güne ait değerler baz değer olarak alınmıştır.

Deney sonrasında numuneye ait nem içeriği ve yoğunluk değerleri belirlenmiştir. Tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri üzerinde nem içeriğinin ve yoğunluğun etkisi belirlenmiştir. (Şekil 33-34). UCS deneyleri sonrası yenilen örneklerin görünümü Şekil 35' te verilmiştir.



Şekil 33 Su içeriği ve UCS arasındaki ilişki.



Şekil 34 Yoğunluk ve UCS arasındaki ilişki.

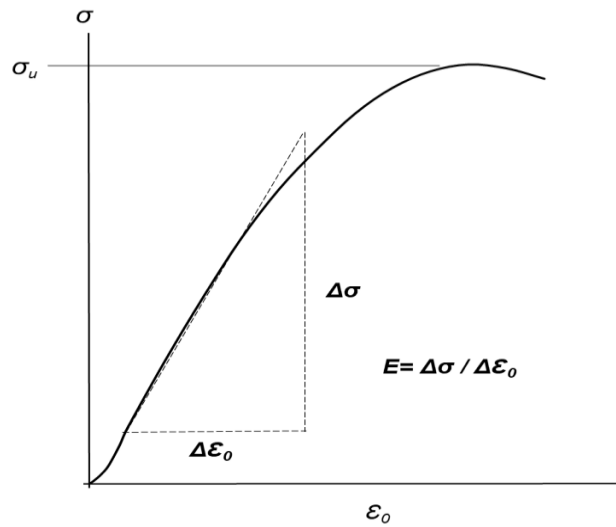


Şekil 35 Tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi sonrasında bazı örneklerin görünümü.

3.3.1. Elastisite Modülünün Hesaplanması

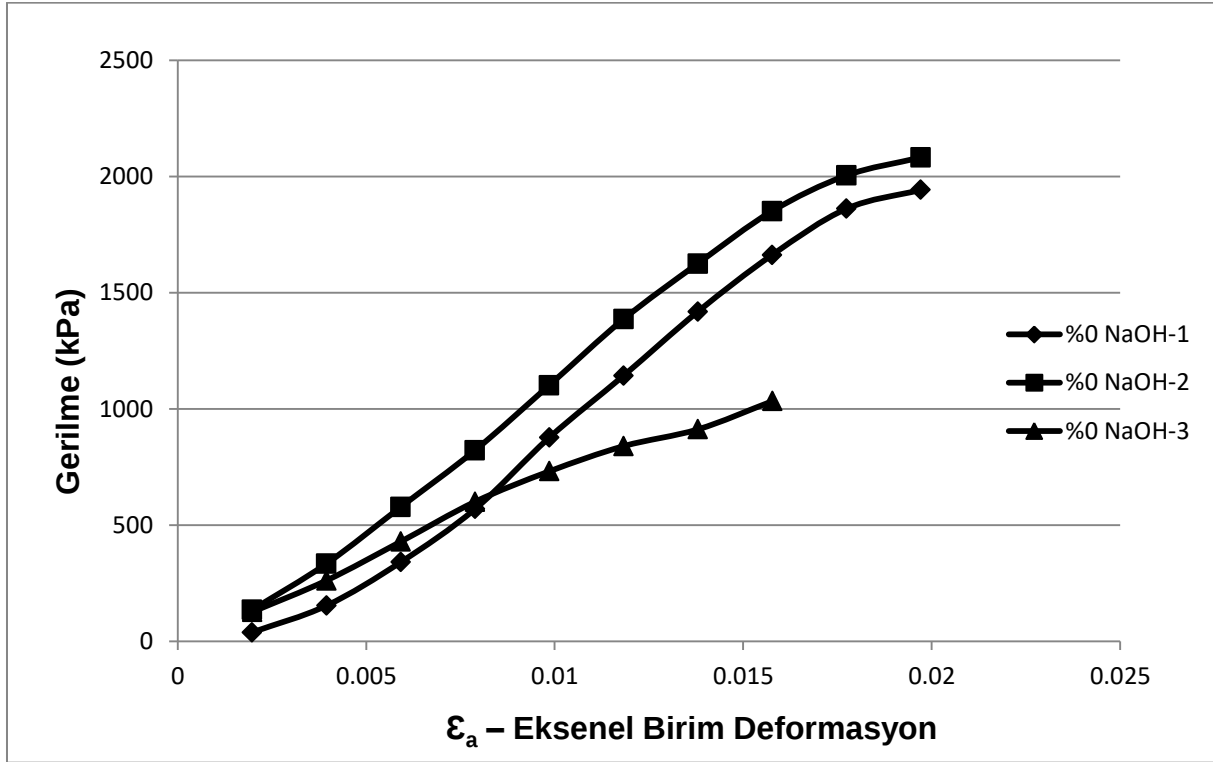
Elastisite modülü Şekil 36'da verilen grafik yöntemiyle hesaplanmıştır.[11]

- E : Elastisite modülü
- ϵ_0 : Birim deformasyon
- $\Delta\epsilon_0$: Birim deformasyon farkı
- σ : Eksenel gerilme
- $\Delta\sigma$: Eksenel gerilme farkı



Şekil 36 Ortalama yöntem ile elastisite modülünün hesaplanması. [11]

%0 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme grafiği Şekil 37' de ve deney sonuçları Çizelge 11' de verilmiştir.

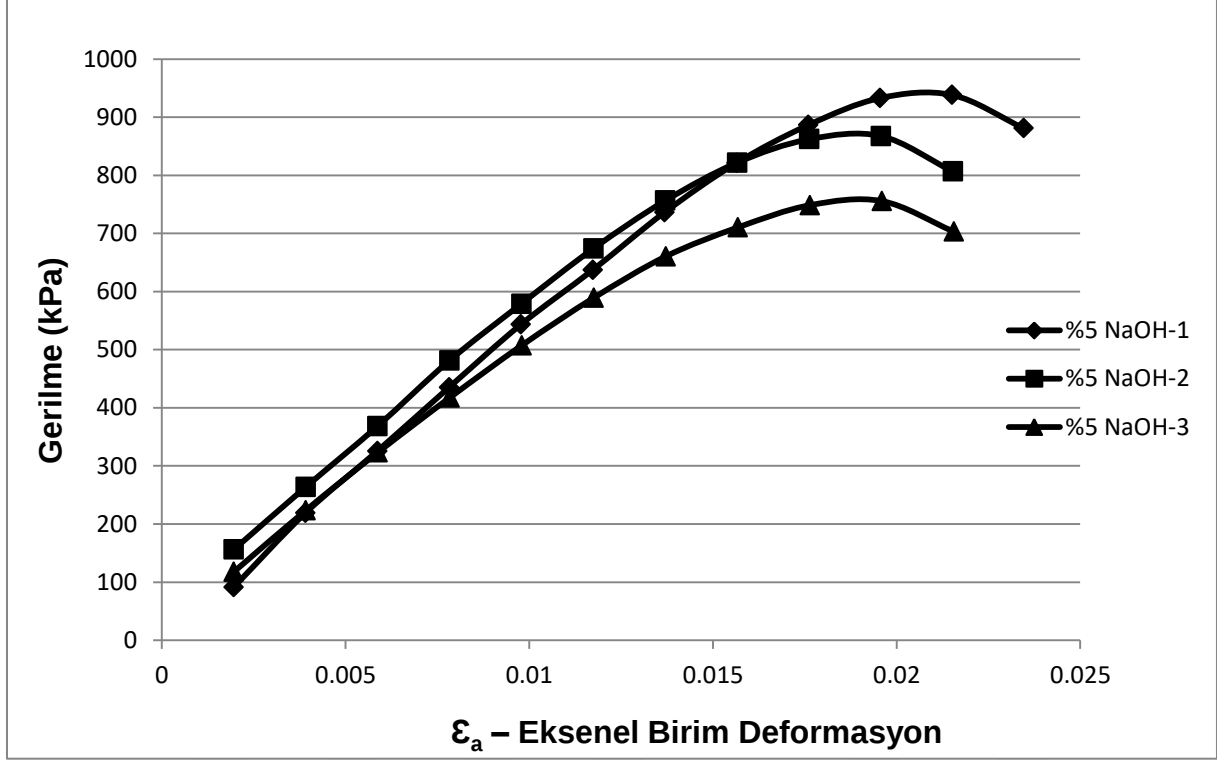


Şekil 37 %0 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.

Çizelge 11. %0 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.

%0 NaOH				
Numune No.	UCS (kPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Su İçeriği (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	1942	134,11	6,45	1,728
2	2081	128,27	7,00	1,701
3	1033	85,89	6,25	1,637
Ortalama	1686	116,09	6,57	1,689

1 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme grafiği Şekil 38’ de ve deney sonuçları Çizelge 12’ de verilmiştir.

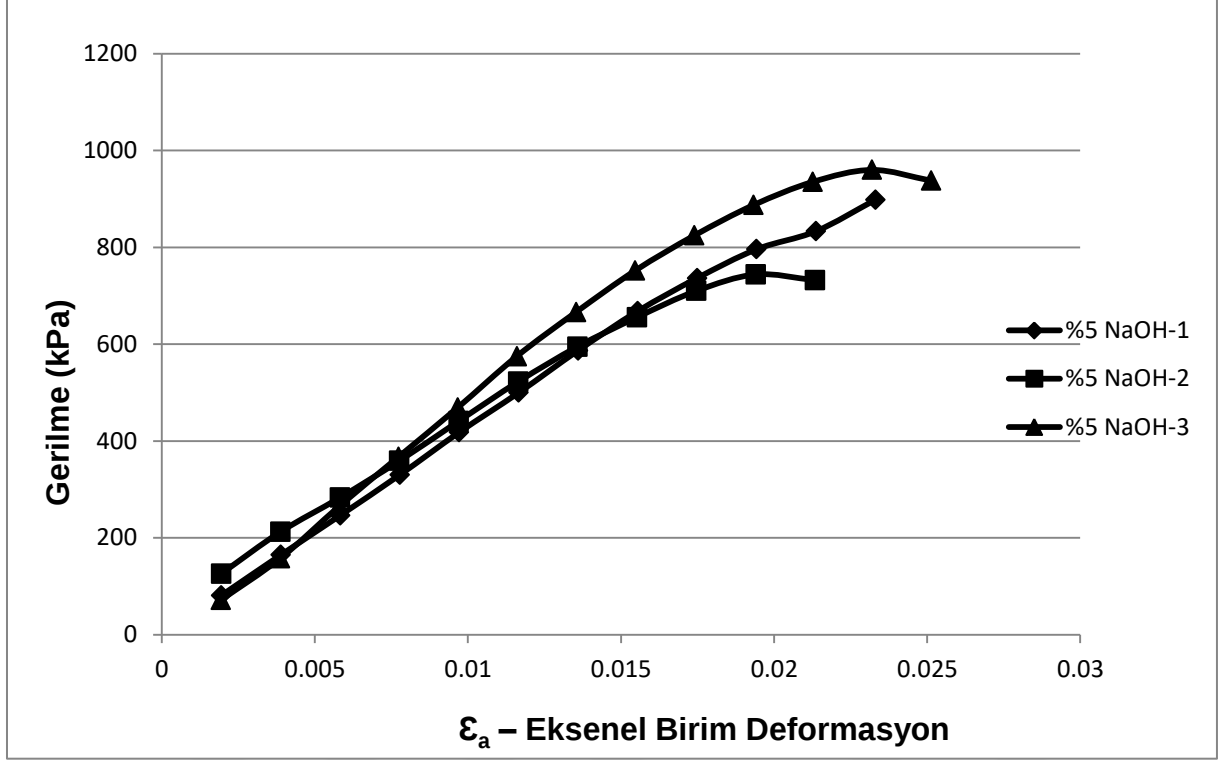


Şekil 38 1 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.

Çizelge 12. 1 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.

%5 NaOH – 1 Gün Kür				
Numune No.	UCS (kPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Su İçeriği (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	938	55,00	8,90	1,606
2	868	51,12	9,46	1,608
3	756	49,24	11,77	1,584
Ortalama	854	51,79	10,04	1,599

7 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme grafiği Şekil 39’ da ve deney sonuçları Çizelge 13’ te verilmiştir.

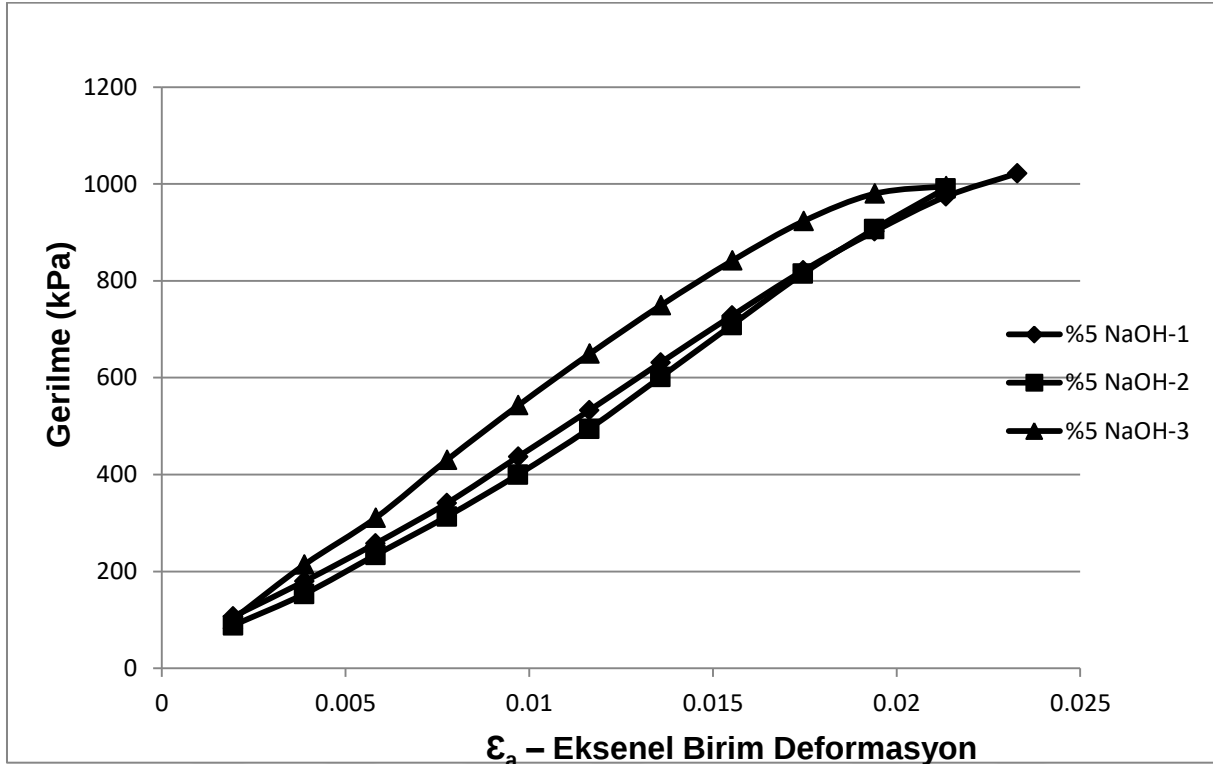


Şekil 39 7 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.

Çizelge 13. 7 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.

%5 NaOH – 7 Gün Kür				
Numune No.	UCS (kPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Su İçeriği (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	898	42,18	6,56	1,536
2	744	39,00	6,75	1,534
3	960	50,28	6,68	1,535
Ortalama	867	43,82	6,66	1,535

28 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme grafiği Şekil 40' ta ve deney sonuçları Çizelge 14' te verilmiştir.

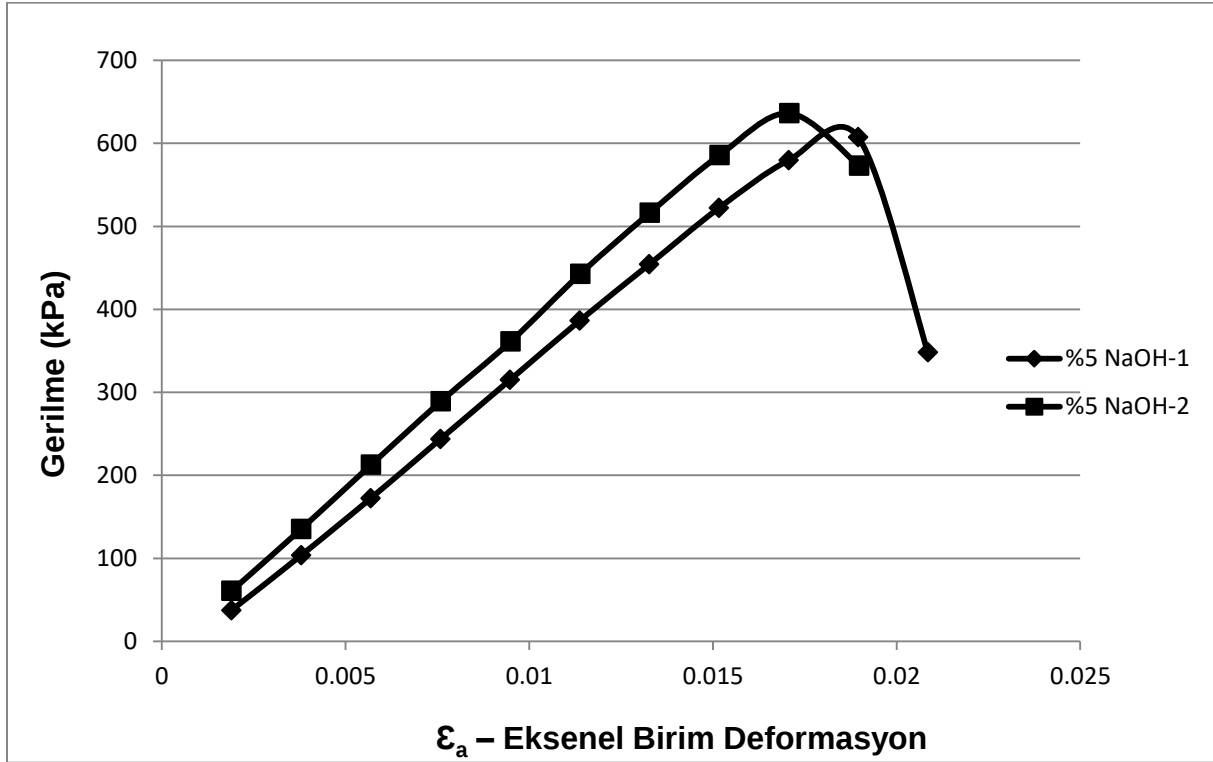


Şekil 40 28 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.

Çizelge 14. 28 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.

%5 NaOH – 28 Gün Kür				
Numune No.	UCS (kPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Su İçeriği (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	1037	46,57	5,64	1,529
2	1175	48,81	5,76	1,560
3	995	55,67	5,91	1,532
Ortalama	1069	50,35	5,77	1,540

56 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme grafiği Şekil 41’ de ve deney sonuçları Çizelge 15’ te verilmiştir.

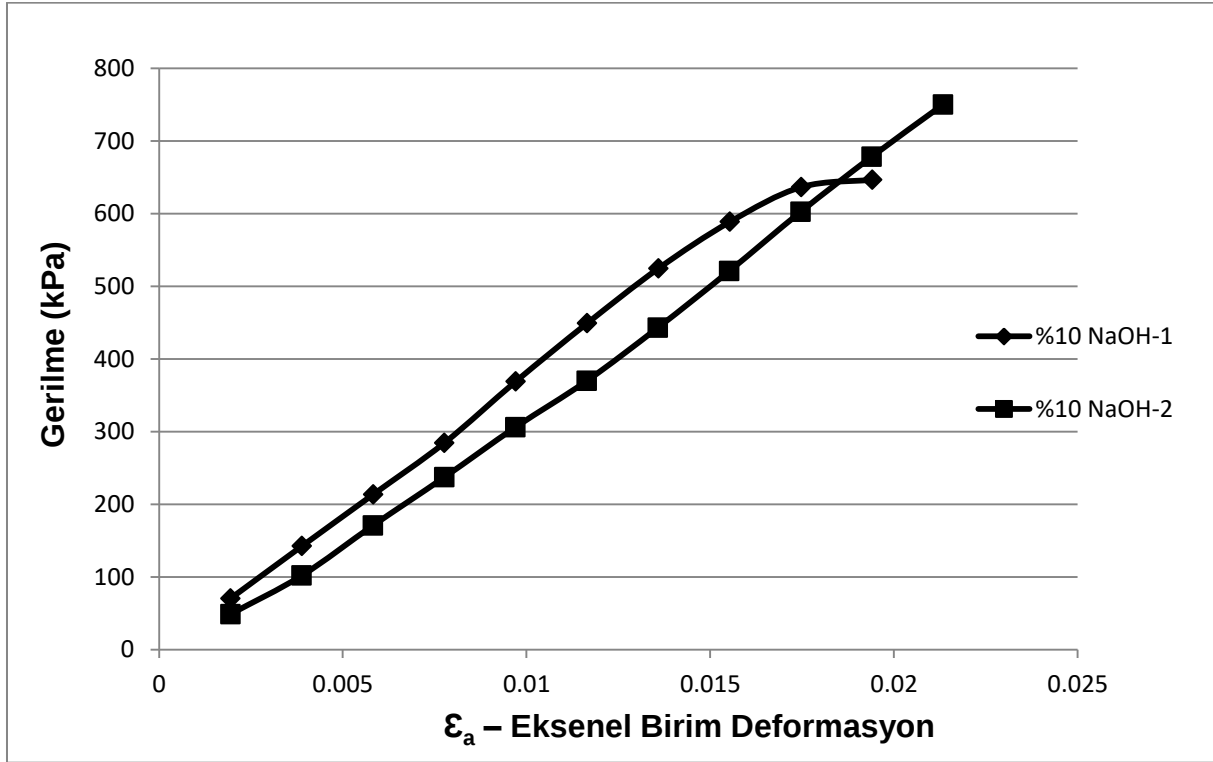


Şekil 41 56 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.

Çizelge 15. 56 gün kür havuzunda bekletilen %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.

%5 NaOH – 56 Gün Kür				
Numune No.	UCS (kPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Su İçeriği (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	607	36,80	5,87	1,468
2	636	39,55	5,56	1,450
Ortalama	621	38,18	5,72	1,459

1 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme grafiği Şekil 42’ de ve deney sonuçları Çizelge 16’ da verilmiştir.

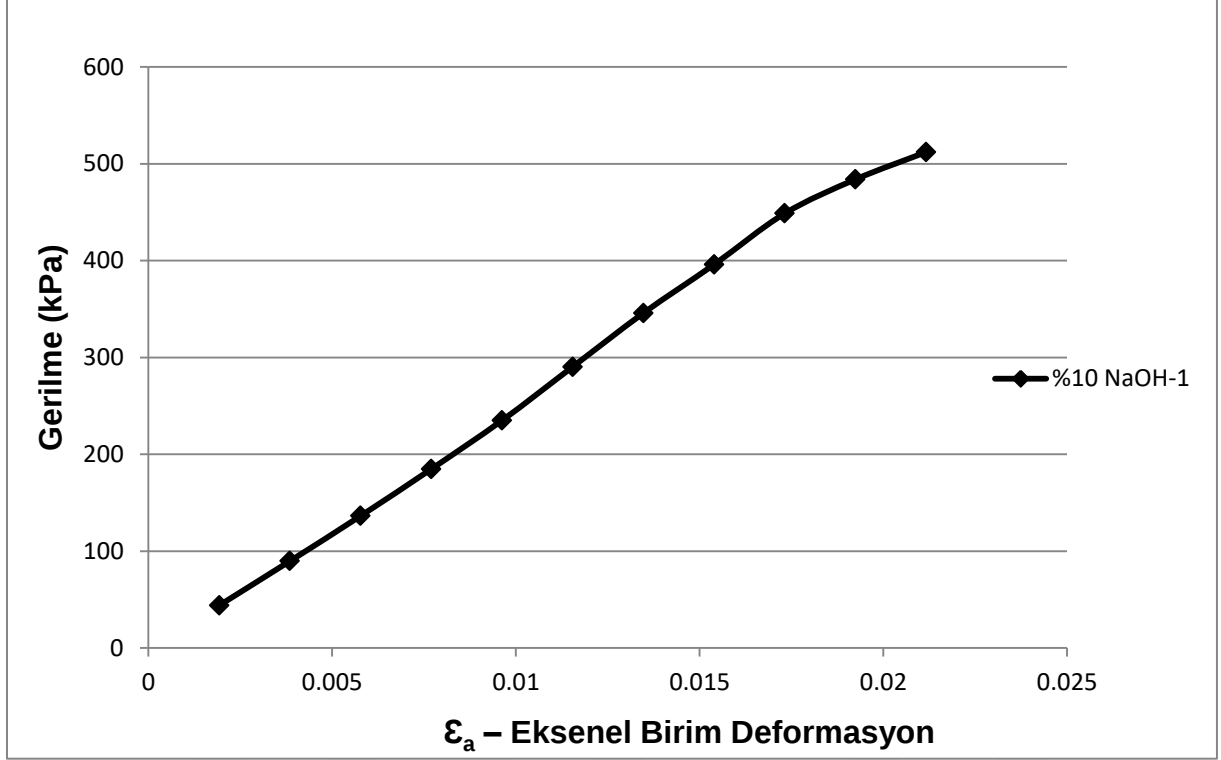


Şekil 42 1 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği

Çizelge 16. 1 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları

%10 NaOH – 1 Gün Kür				
Numune No.	UCS (kPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Su İçeriği (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	646	38,15	7,71	1,581
2	843	37,17	8,95	1,574
Ortalama	744	37,66	8,33	1,578

7 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numuneye ait gerilme grafiği Şekil 43’ te ve deney sonuçları Çizelge 17’ de verilmiştir.

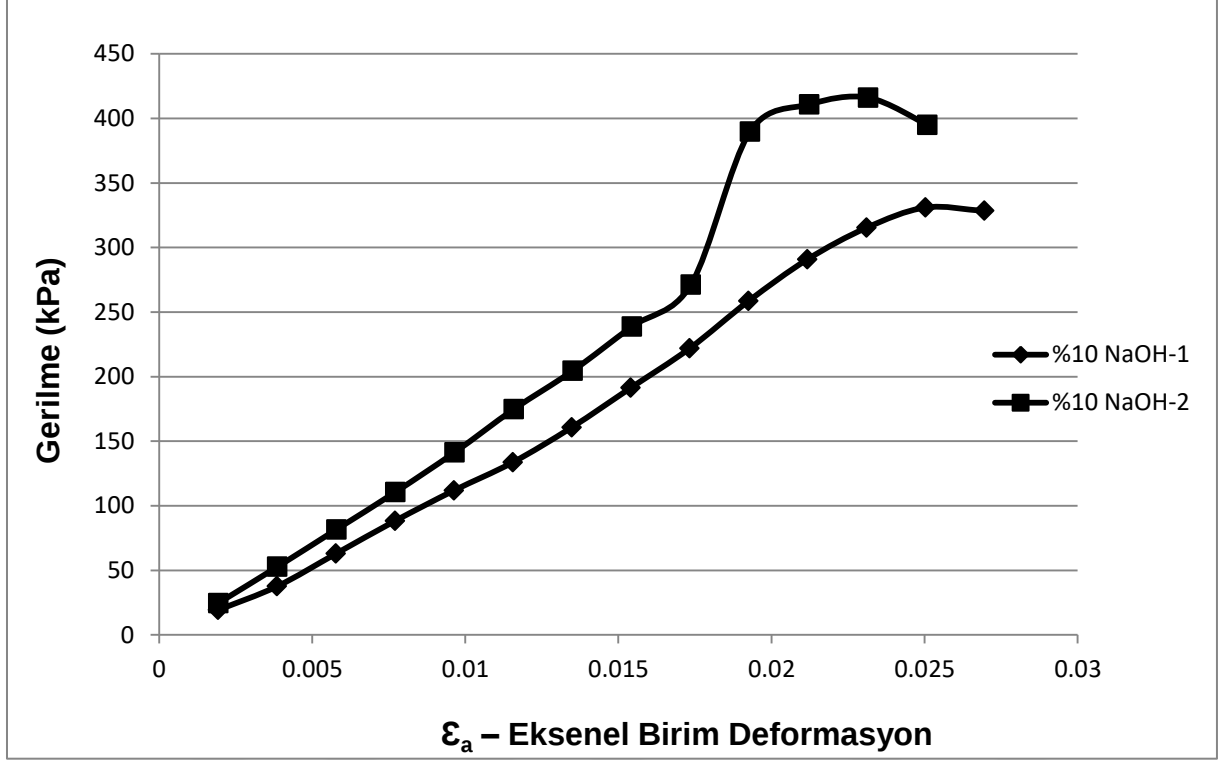


Şekil 43 7 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numuneye ait gerilme-deformasyon grafiği.

Çizelge 17. 7 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numuneye ait deney sonuçları.

%10 NaOH – 7 Gün Kür				
Numune No.	UCS (kPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Su İçeriği (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	512	26,65	6,52	1,524

28 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme grafiği Şekil 44’ te ve deney sonuçları Çizelge 18’ de verilmiştir.

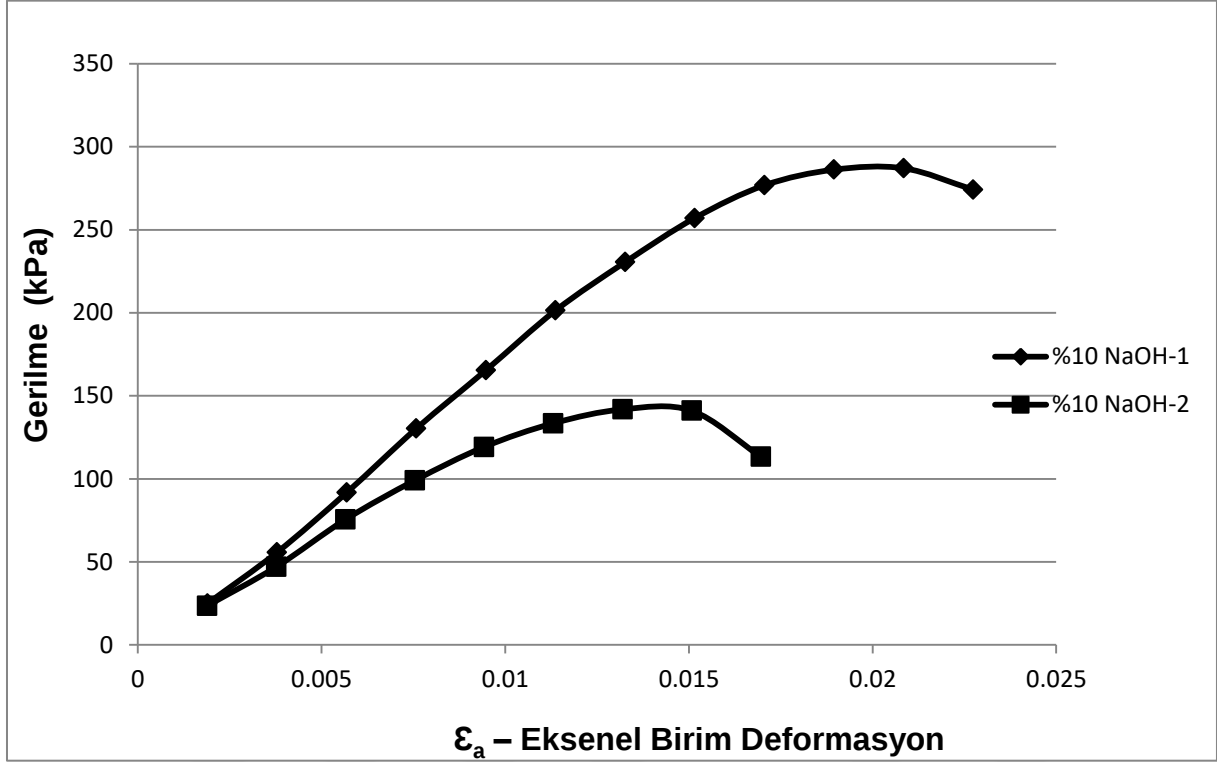


Şekil 44 28 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.

Çizelge 18. 28 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.

%10 NaOH – 28 Gün Kür				
Numune No.	UCS (kPa)	Elastisite Modülü (kPa)	Su İçeriği (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	328	16,33	6,00	1,514
2	416	16,37	6,05	1,521
Ortalama	372	16,35	6,03	1,518

56 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme grafiği Şekil 45’ te ve deney sonuçları Çizelge 19’ da verilmiştir.



Şekil 45 56 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait gerilme-deformasyon grafiği.

Çizelge 19. 56 gün kür havuzunda bekletilen %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelere ait deney sonuçları.

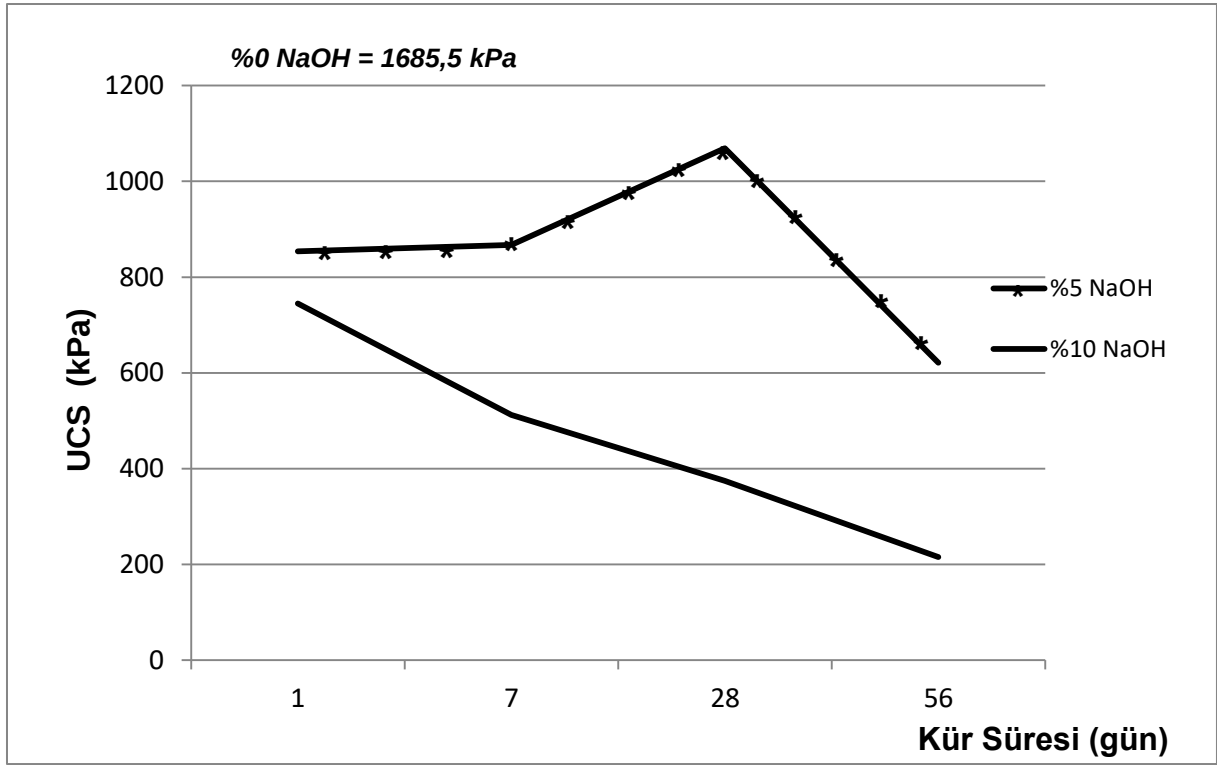
%10 NaOH – 56 Gün Kür				
Numune No.	UCS (kPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Su İçeriği (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
1	287	19,22	8,54	1,553
2	142	13,36	7,26	1,450
Ortalama	214	16,29	7,90	1,502

Yapılan tek eksenli sıkışma dayanımı deneyleri sonucunda farklı kür süresi ve NaOH içeriğine bağlı olarak hesaplanan UCS ve elastisite modülü değerleri Çizelge 20’de, UCS ve kür süresi ilişkisi Şekil 46’ da, elastisite modülü ve kür süresi ilişkisi ise Şekil 47’ de verilmiştir.

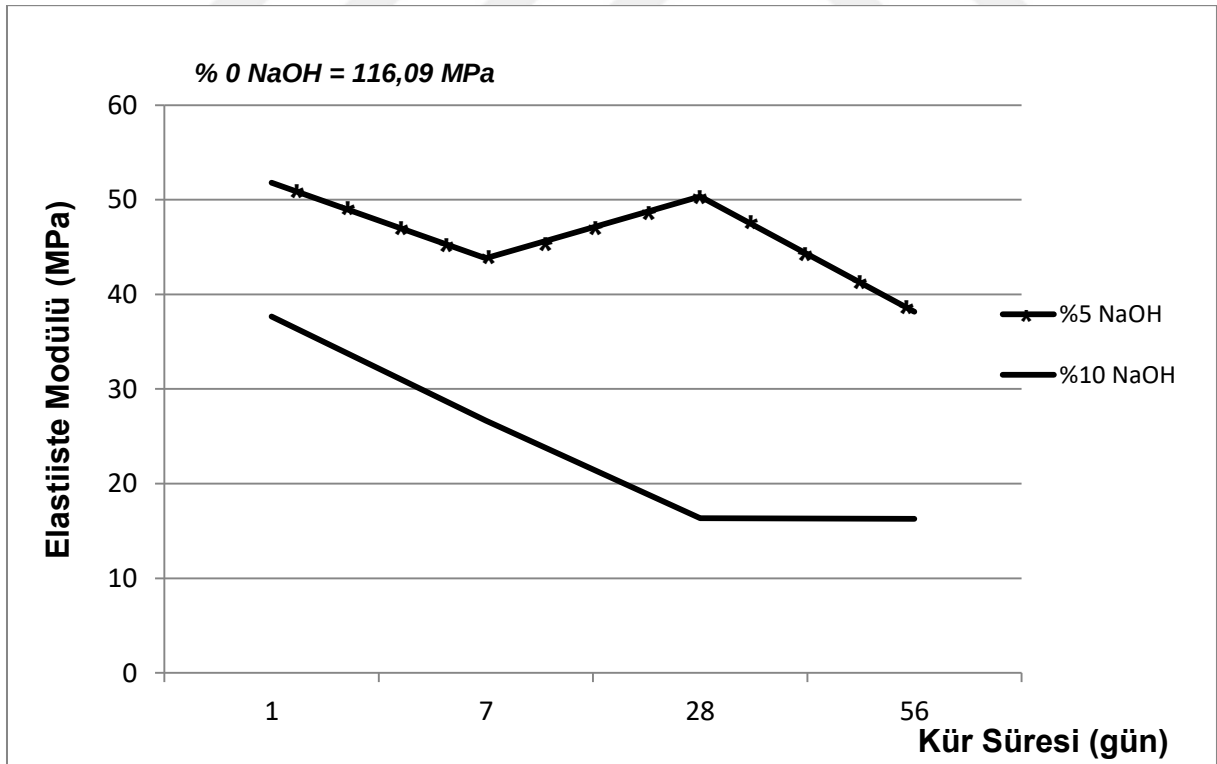
Çizelge 20. Farklı kür süresi ve NaOH içeriğine bağlı olarak hesaplanan UCS ve elastisite modülü değerleri.

UCS (kPa)	Kür Süresi (gün)	NaOH İçeriği		
		%0	%5	%10
	1	1685,5	853,9	744,8
	7	*	867,2	512,0
	28	*	1069,0	373,5
	56	*	621,0	214,5
Elastisite Modülü (MPa)	Kür Süresi (gün)	NaOH İçeriği		
		%0	%5	%10
	1	116,09	51,79	37,66
	7	*	43,82	26,65
	28	*	50,35	16,35
	56	*	38,18	16,29

*Not: Sadece su ile oluşturulan numunelerde (%0 NaOH) kür için bekleme gereği duyulmadığından dolayı 1. güne ait değerler baz değer olarak alınmıştır.



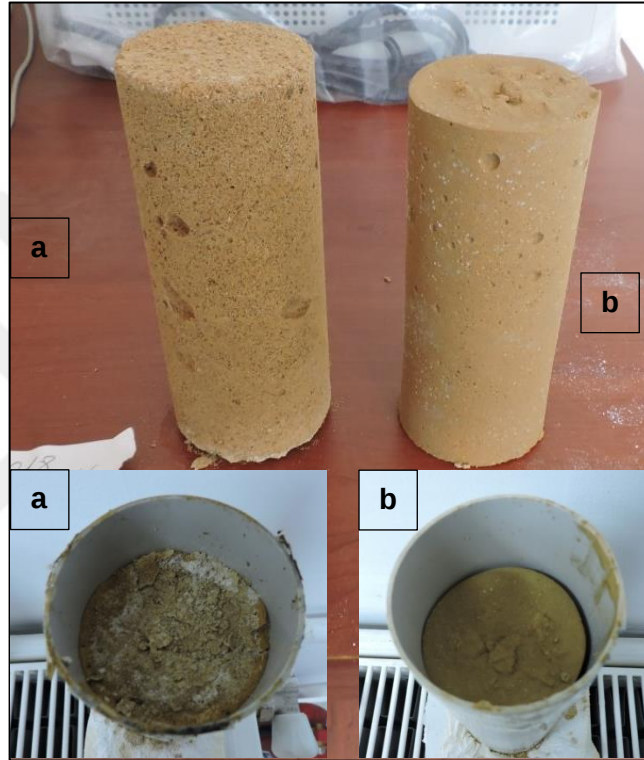
Şekil 46 UCS ve kır süresi arasındaki ilişki.



Şekil 47 Elasticite modülü ve kır süresi arasındaki ilişki.

3.4. Büzülme Tayini

NaOH ile hazırlanmış çözeltiler yardımıyla artık zeminlerin iyileştirilmesine yönelik yapılan temel deneyler sırasında, çözelti kullanılmadan ve sıkıştırılmadan hazırlanan örnekler üzerinde büzülme kaynaklı çap ve boy kayıplarının olduğu gözlemlenmiştir. Plastik kalıplar kullanılarak hazırlanan numunelerdeki büzülmeyi gösteren bir fotoğraf Şekil 48' de, metal kalıplar kullanılarak hazırlanan numunelerdeki büzülmeyi gösteren fotoğraflar ise Şekil 49' da verilmiştir.



Şekil 48 %5 NaOH çözeltisiyle (a) ve sadece su ile (b) hazırlanan örnekler.

Büzülmenin tayin edilebilmesi için şekilsel hataların daha az olduğu 76,10 mm iç çapında ve 152,40 mm uzunluğunda metal kalıplar kullanılmıştır.

Büzülme tayini yapılacak örnek hazırlanırken zeminin ağırlığının %40' ı kadar su kullanılmıştır. Sadece suyla (%0 NaOH) ve suyun ağırlığının %5' i kadar NaOH çözeltisi ile homojen hale gelinceye kadar karıştırılan numuneler, hava boşluklarını en aza indirebilmek için her serimi 50 kez şişlenmek suretiyle 3 serim ile sıkıştırılmadan oluşturulmuştur. Hazırlanan numuneler 40 gün oda şartlarında kalıpların içerisinde muhafaza edildikten sonra, çap, boy ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır.



Oda koşullarında kürlenmesi için bekletilen numunelerin ilk hali.



Oda koşullarında kürlenme sürecindeki örneklerin genel görünümü.



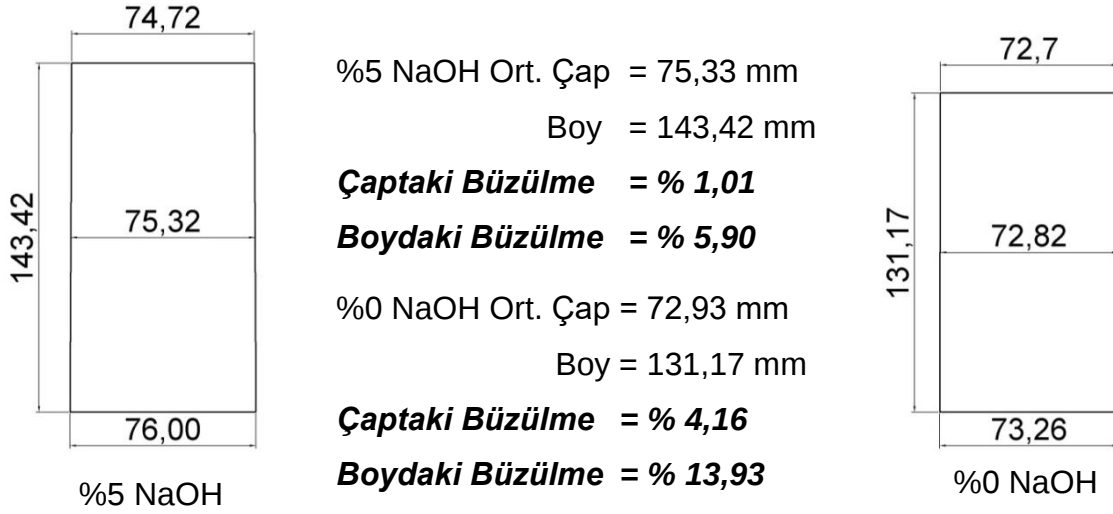
Oda koşullarında kürlenme sonucunda örnekleri son hali.



Sol taraftaki örnek sadece su kullanılarak, sağ taraftaki örnek ise %5 NaOH çözeltisi kullanılarak hazırlanmıştır.

Şekil 49 Büzülmenin tayin edilmesi amacıyla hazırlanan örneklere ait görüntüler.

Büzölme tayinine yönelik hesaplamalar Şekil 50' de verildiği gibidir.



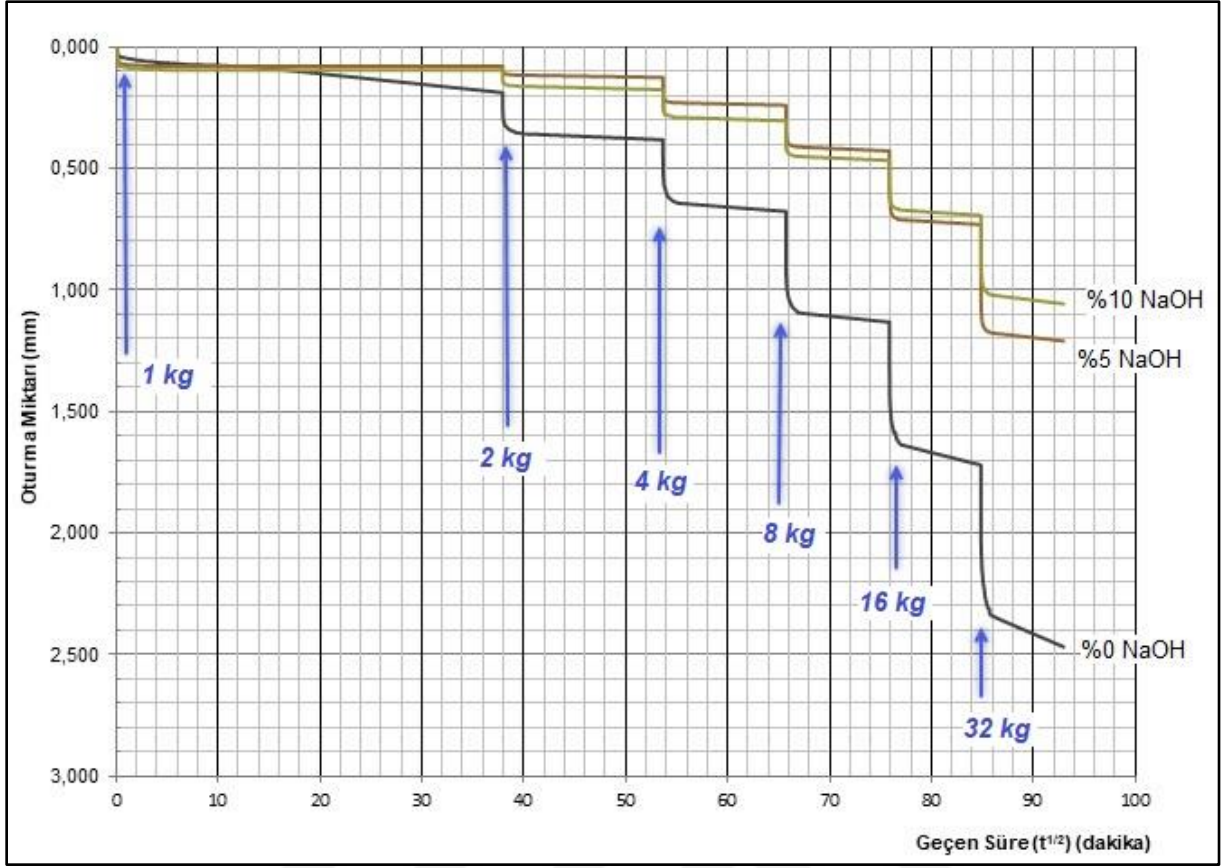
Şekil 50 Büzölme oranının hesaplanması.

Andezitik artık zemine NaOH çözeltisi eklenmesinin büzölmenin engellenmesi yönünde olumlu katkısının olduğu anlaşılmıştır.

3.5. Konsolidasyon Deneyi

NaOH' un andezitik artık toprakların oturmasına etkisini inceleyebilmek için konsolidasyon (odeometre) deneyi yapılmıştır. %0, %5 ve %10 NaOH çözeltisi kullanılarak proktor sıkılığında hazırlanan numuneler nemini koruyacak şekilde 7 gün kürlenmesi için bekletilmiştir. Bu süre sonunda konsolidasyon deneyi halkası ile dikkatli bir şekilde örnek alınmış ve deneye başlanılmıştır.

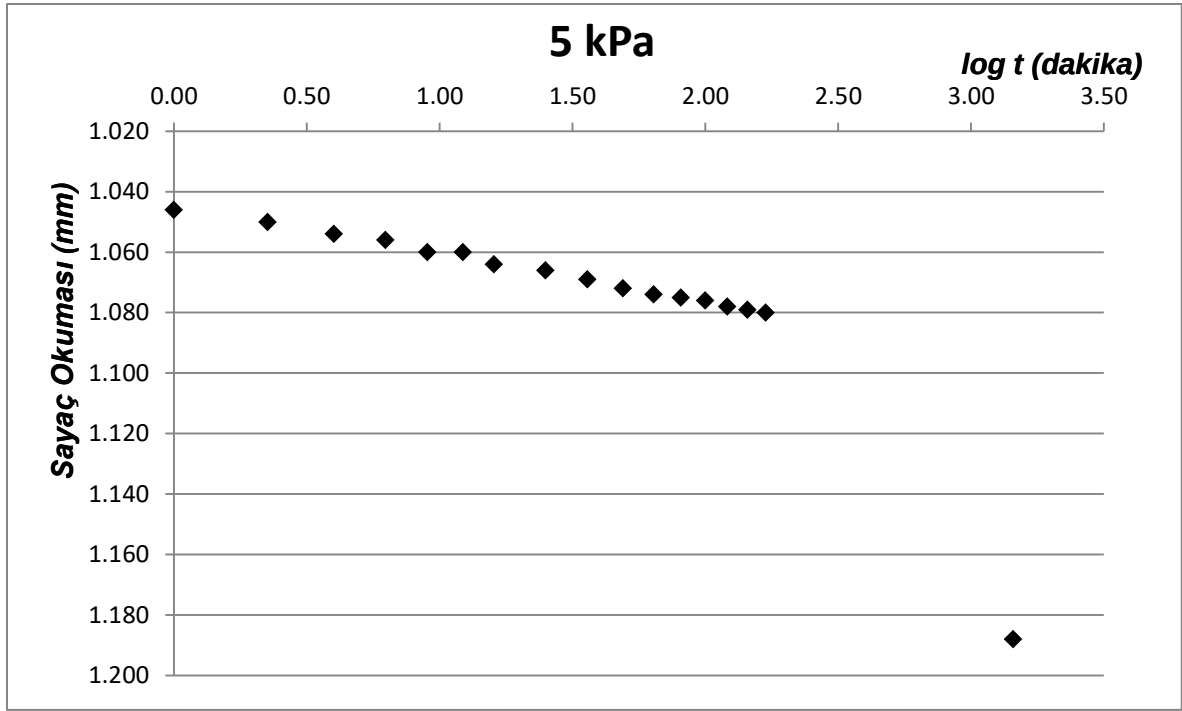
Yük artışı 1-2-4-8-16-32 kg olarak deney yapılmıştır. Deney sırasında deformasyon saatinden hesaplanan, zaman içerisinde meydana gelen oturma (yükseklik farkı) boşluk oranı azalması olarak değerlendirilmiş ve örneklerle ait oturma–zaman grafikleri çizilmiştir. Zaman dakika olarak ($t^{1/2}$) alınmıştır. Konsolidasyon deneyine ait oturma–zaman grafiği Şekil 51' de verilmiştir.



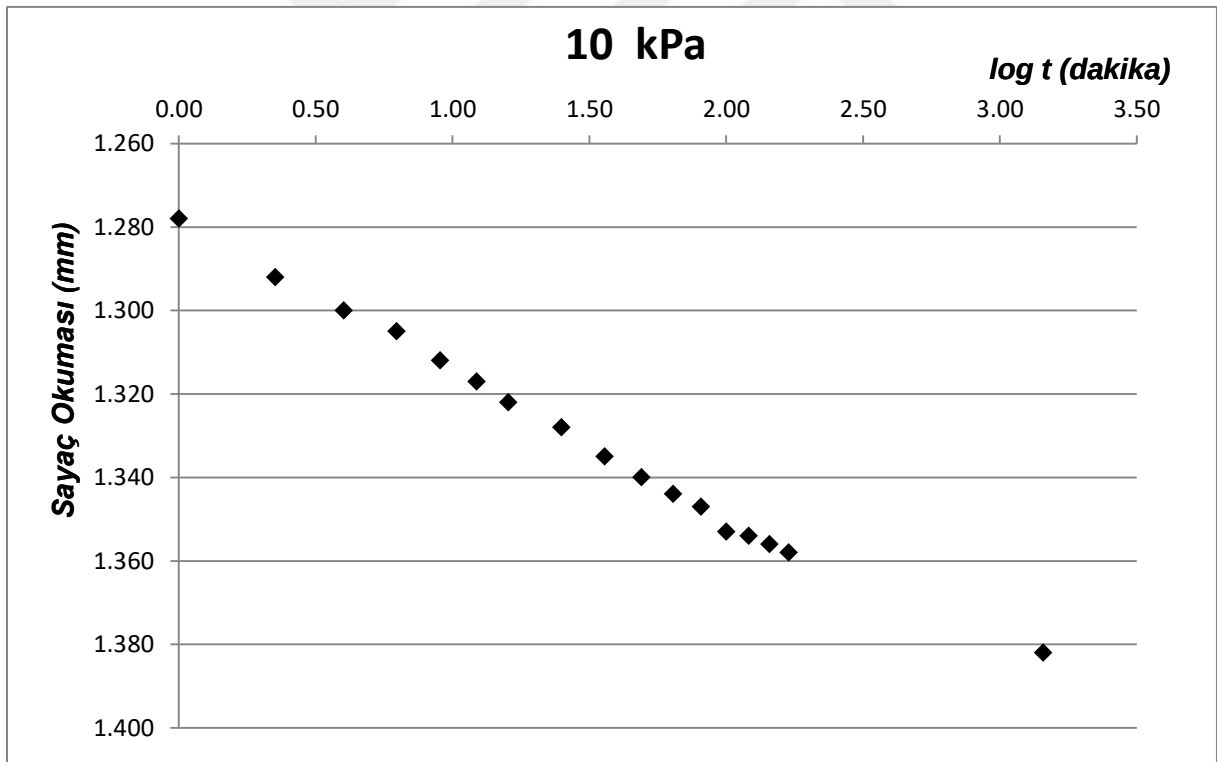
Şekil 51 Konsolidasyon deneyine ait oturma–zaman grafiği.

32 kg yükleme ile 7. gün sonunda sadece su ile oluşturulan örnekte 2.468 mm oturma olmasına rağmen, %5 NaOH çözeltisi ile oluşturulan örnekte 1,210 mm, %10 NaOH çözeltisi ile oluşturulan örnekte ise 1,057 mm oturma meydana gelmiştir.

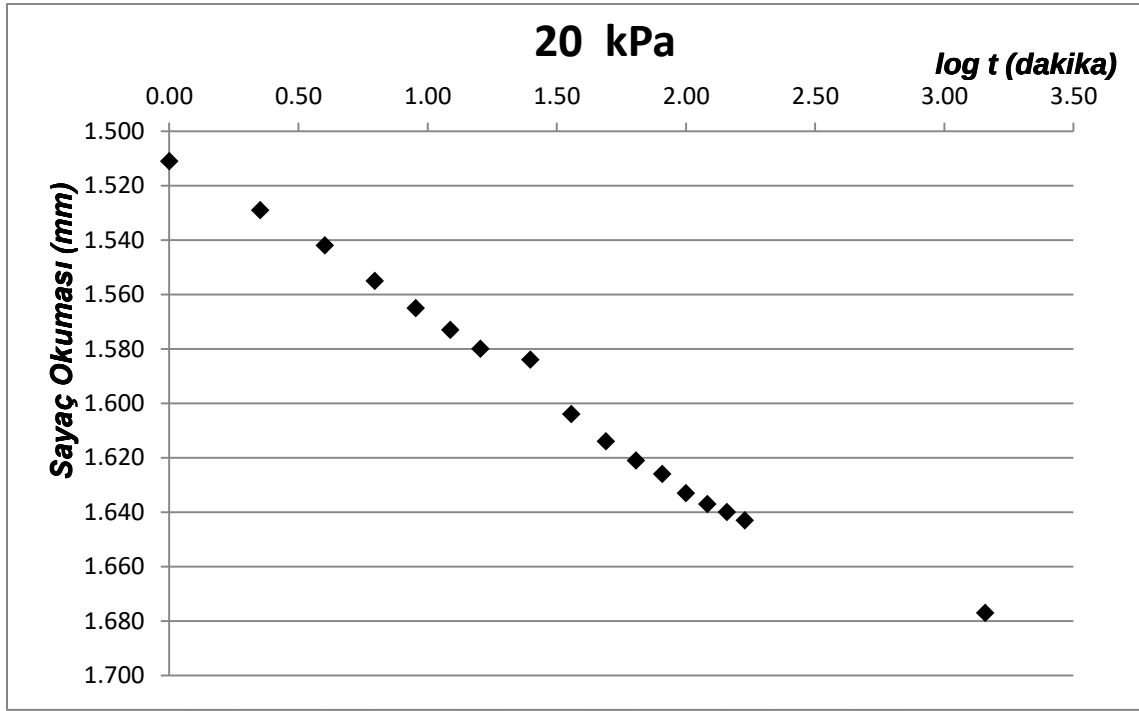
%0 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış toprak numunesine ait konsolidasyon deneyi grafikleri Şekil 52-57' de sunulmuştur.



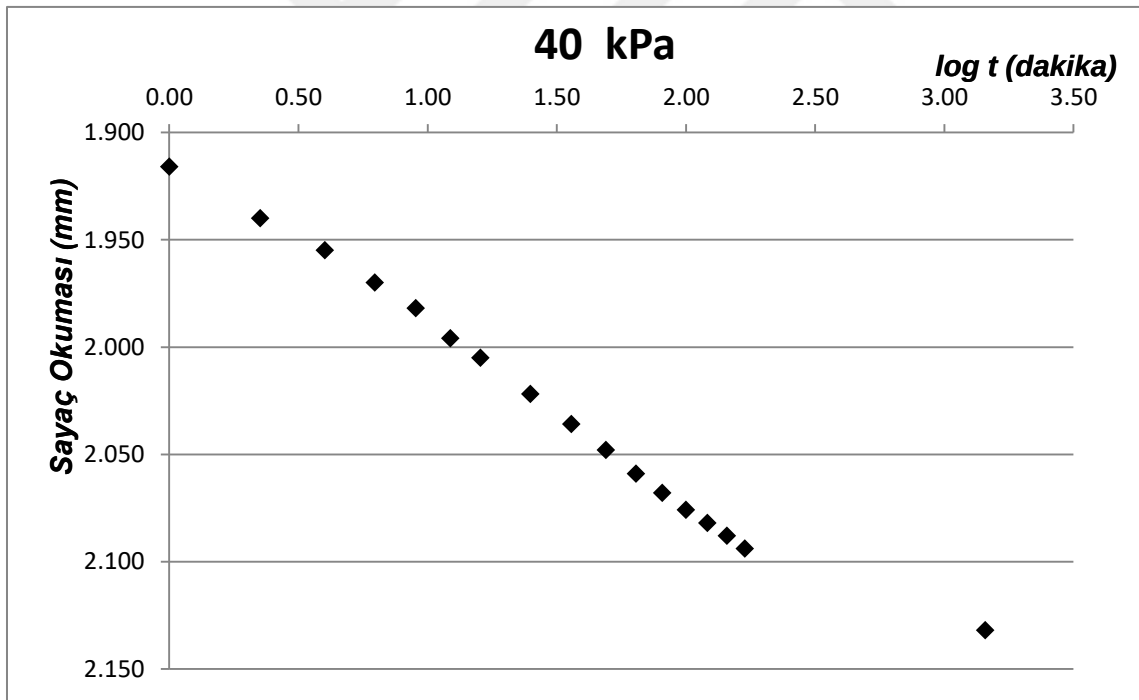
Şekil 52 %0 NaOH çözeltili örneğin, 5 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.



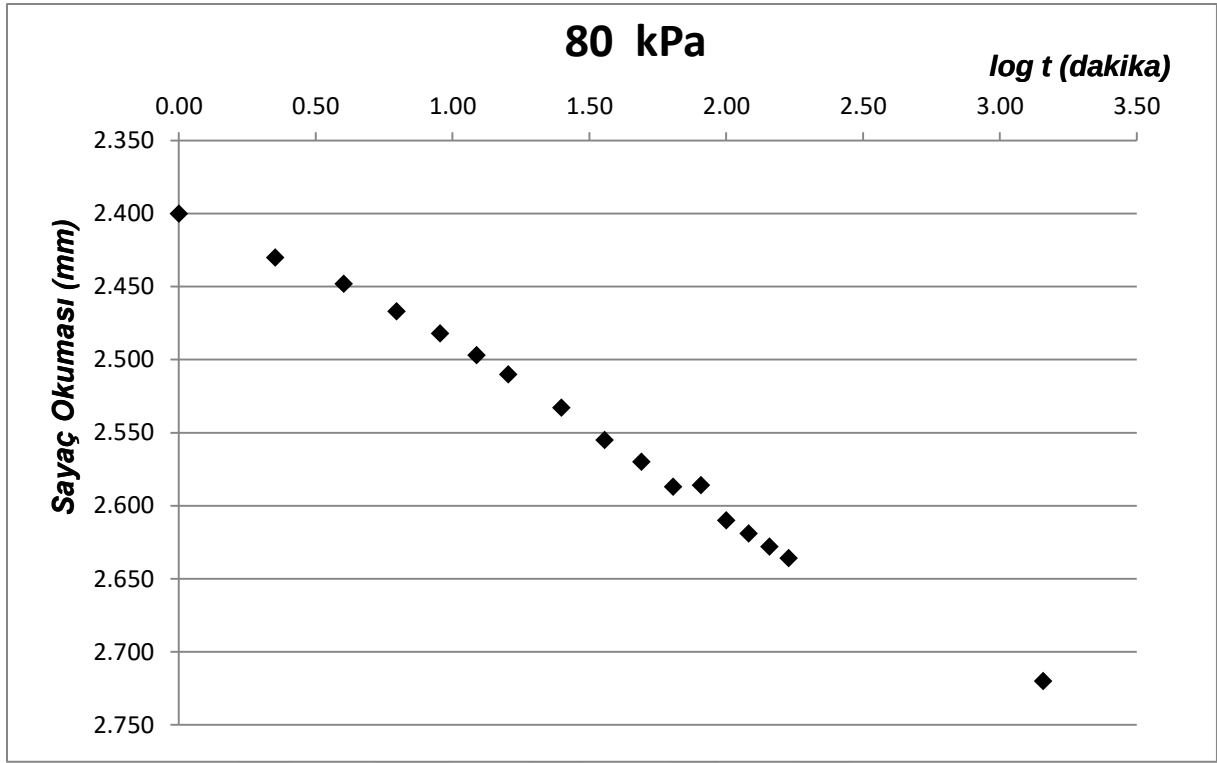
Şekil 53 %0 NaOH çözeltili örneğin, 10 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.



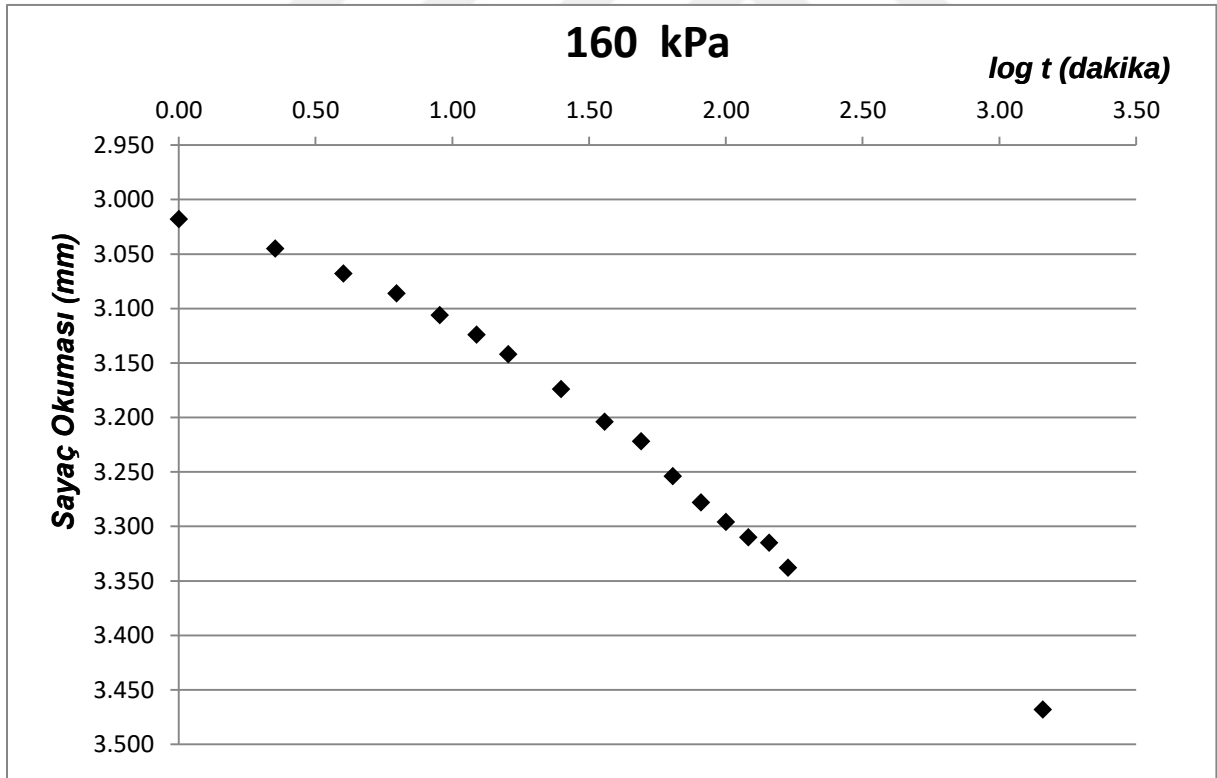
Şekil 54 %0 NaOH çözeltisi örneğın, 20 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiğı.



Şekil 55 %0 NaOH çözeltisi örneğın, 40 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiğı.

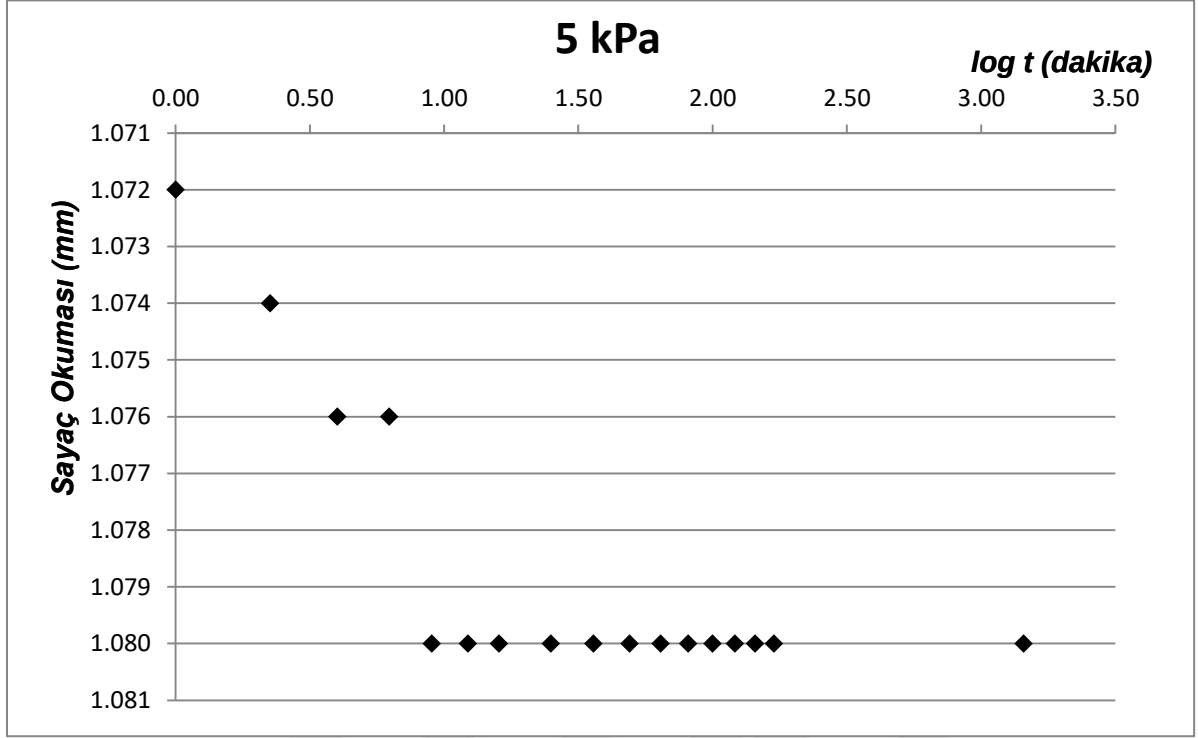


Şekil 56 %0 NaOH çözeltili örneğin, 80 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.

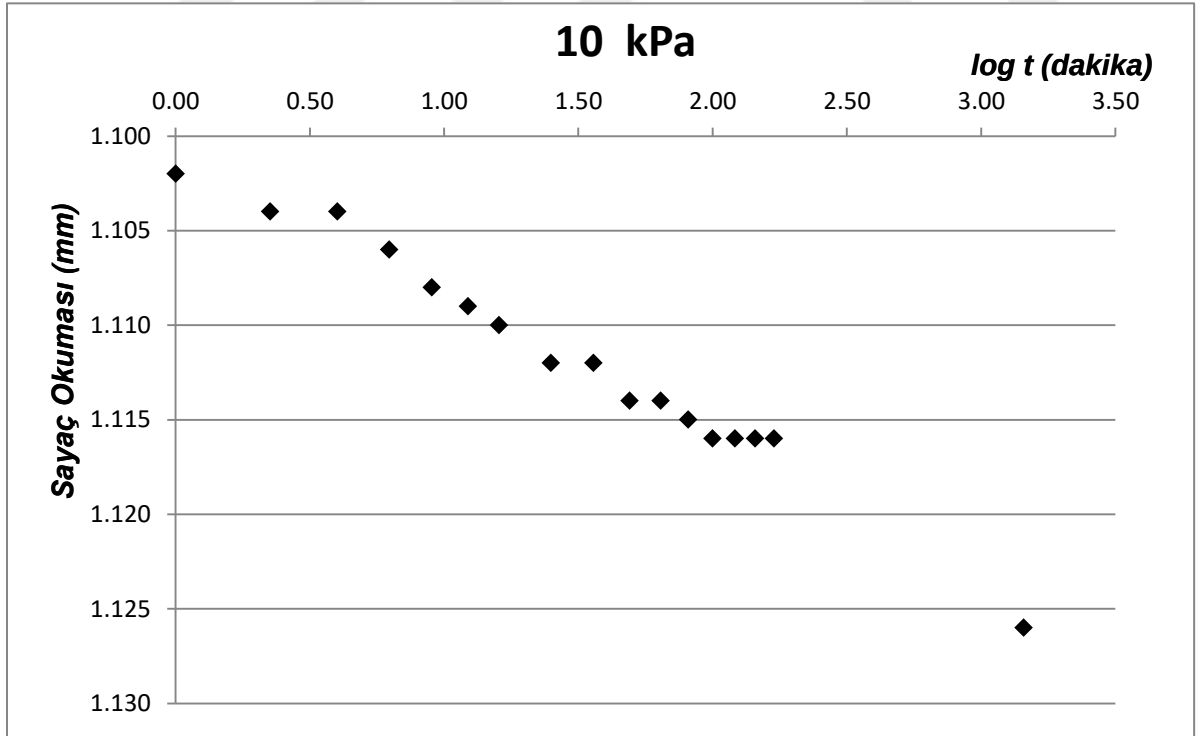


Şekil 57 %0 NaOH çözeltili örneğin, 160 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.

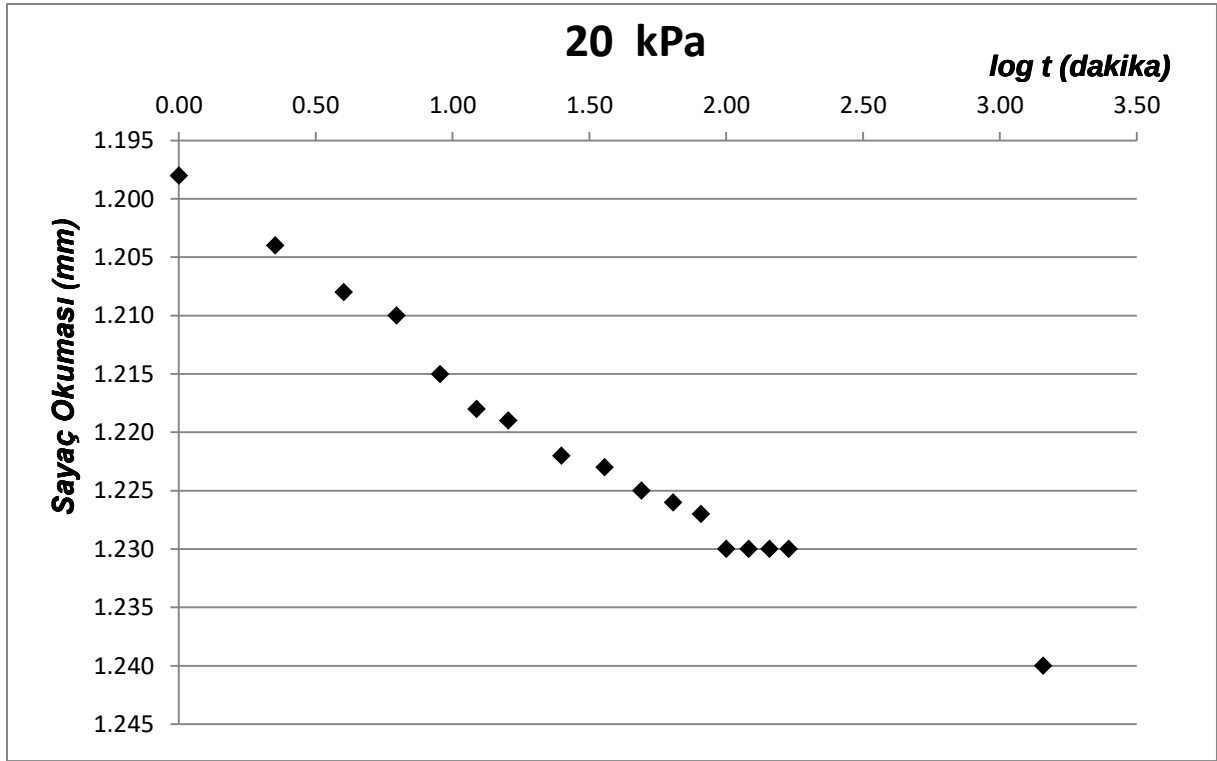
%5 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış toprak numunesine ait konsolidasyon deneyi grafikleri Şekil 58-63' de verildiği gibidir.



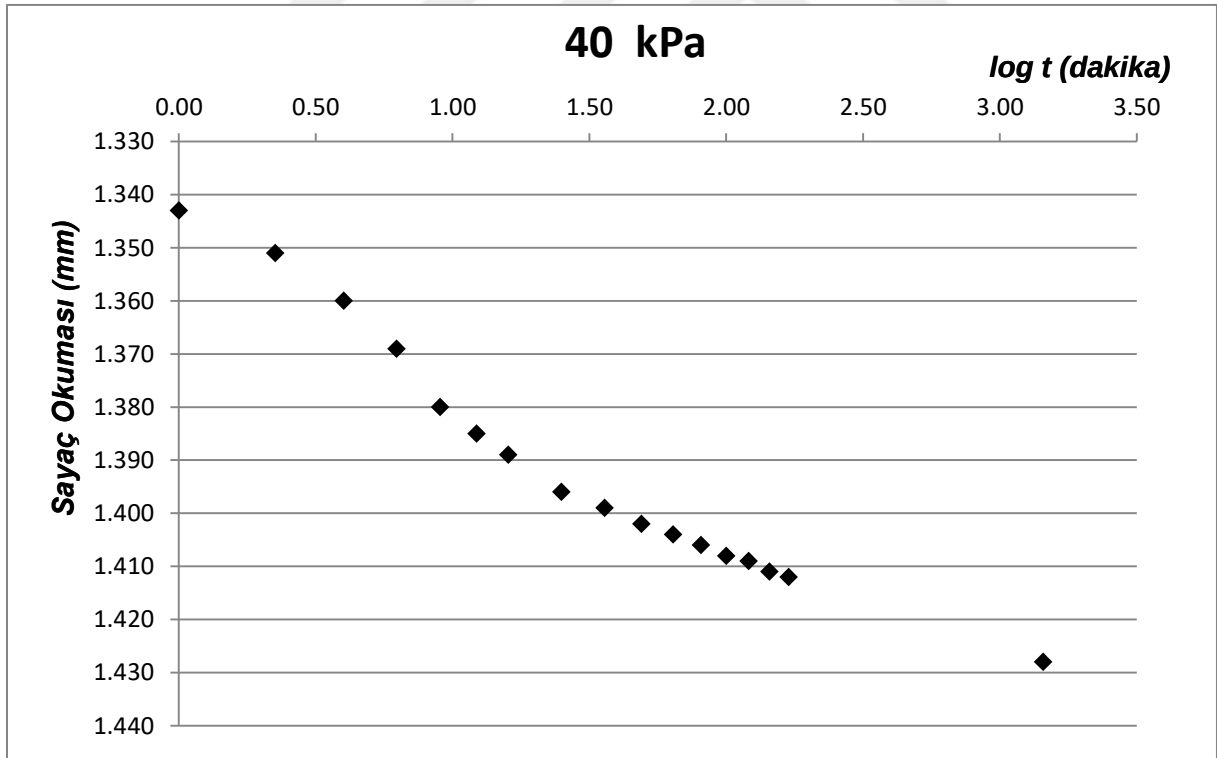
Şekil 58 %5 NaOH çözeltili örneğin, 5 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.



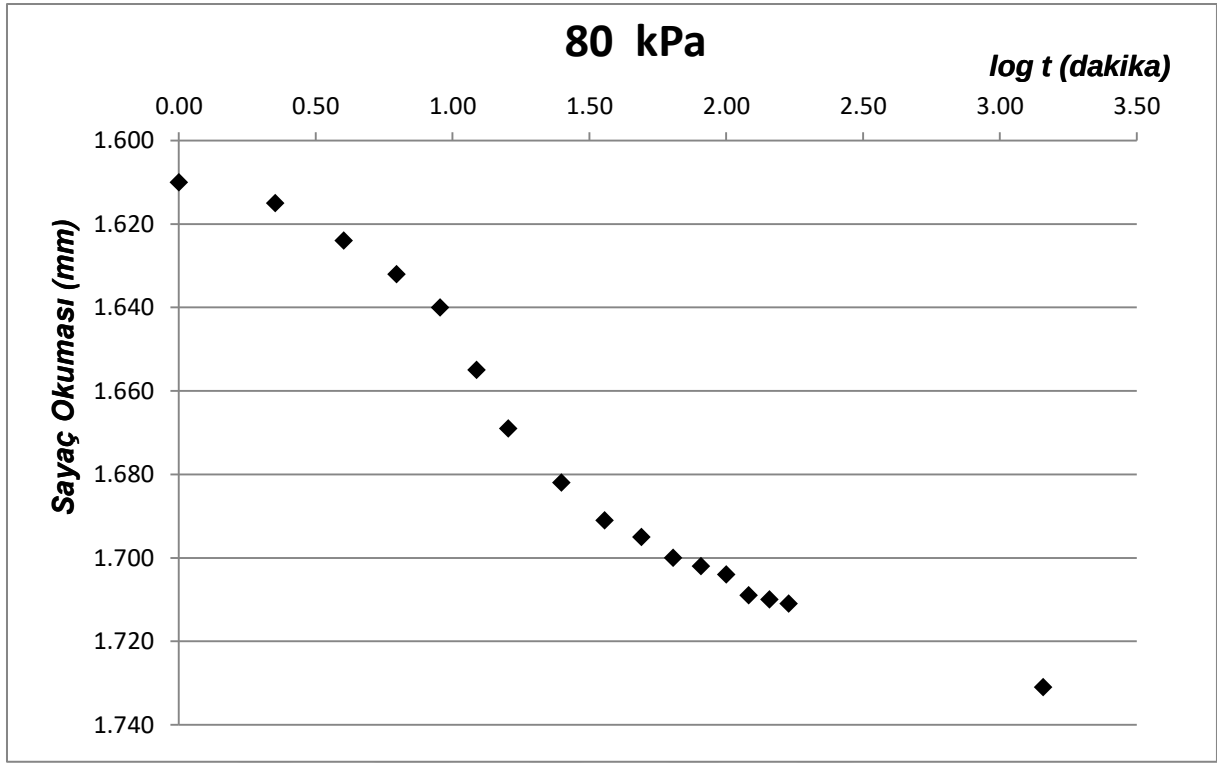
Şekil 59 %5 NaOH çözeltili örneğin, 10 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.



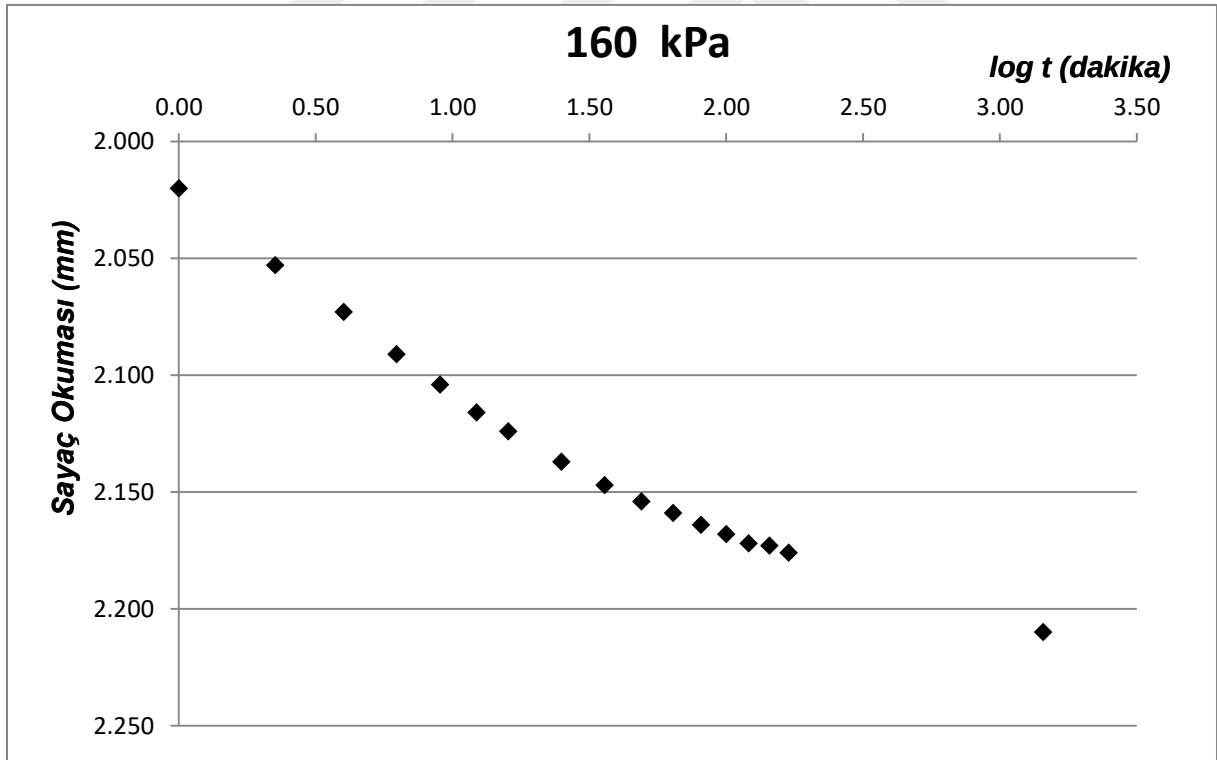
Şekil 60 %5 NaOH çözeltili örneğin, 20 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.



Şekil 61 %5 NaOH çözeltili örneğin, 40 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.

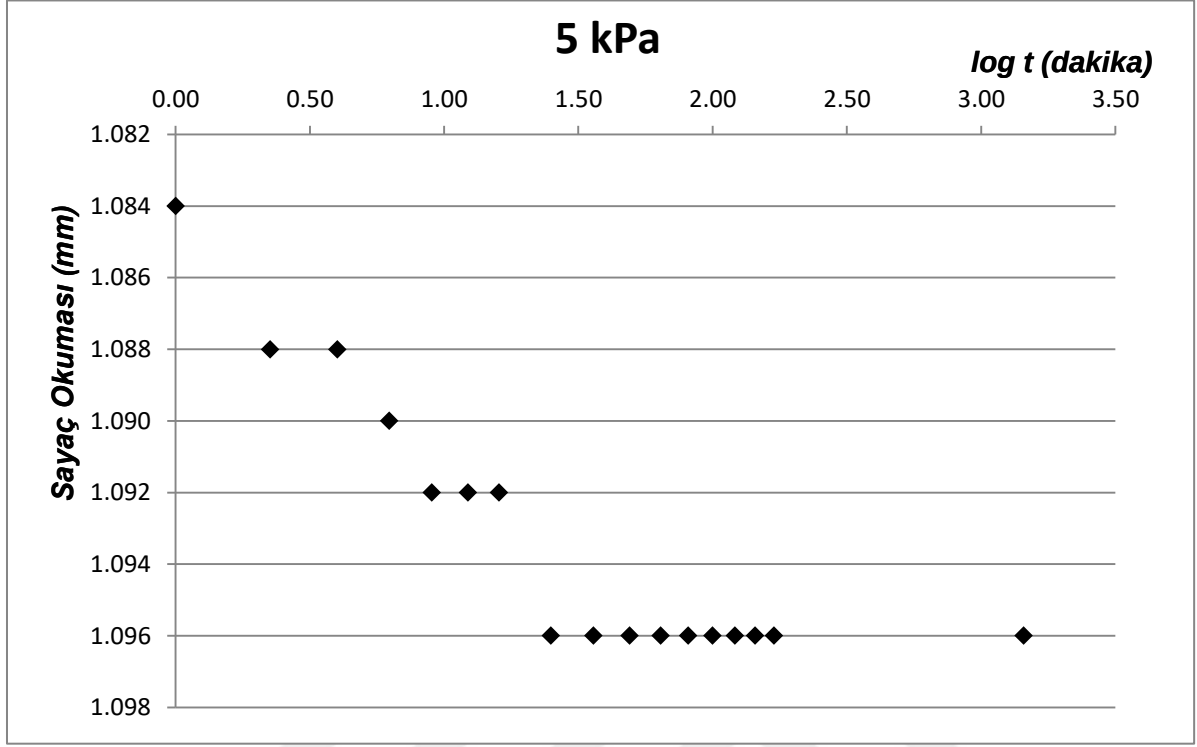


Şekil 62 %5 NaOH çözeltili örneğin, 80 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.

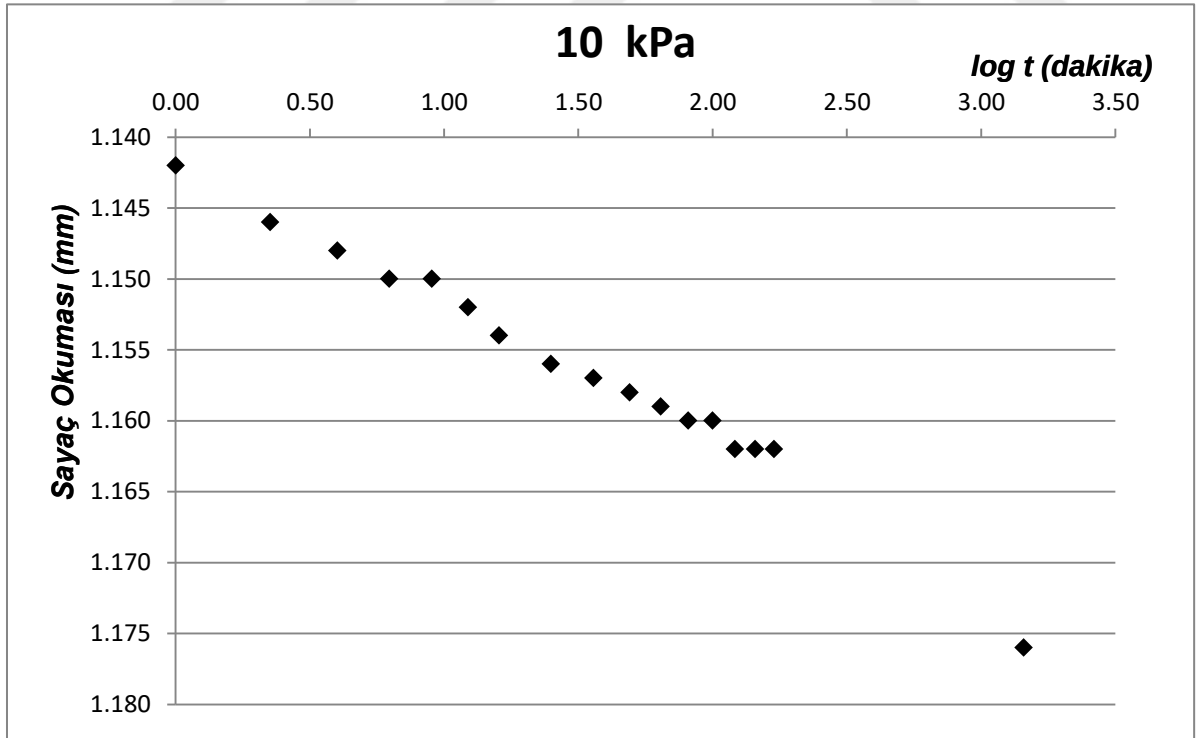


Şekil 63 %5 NaOH çözeltili örneğin, 160 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.

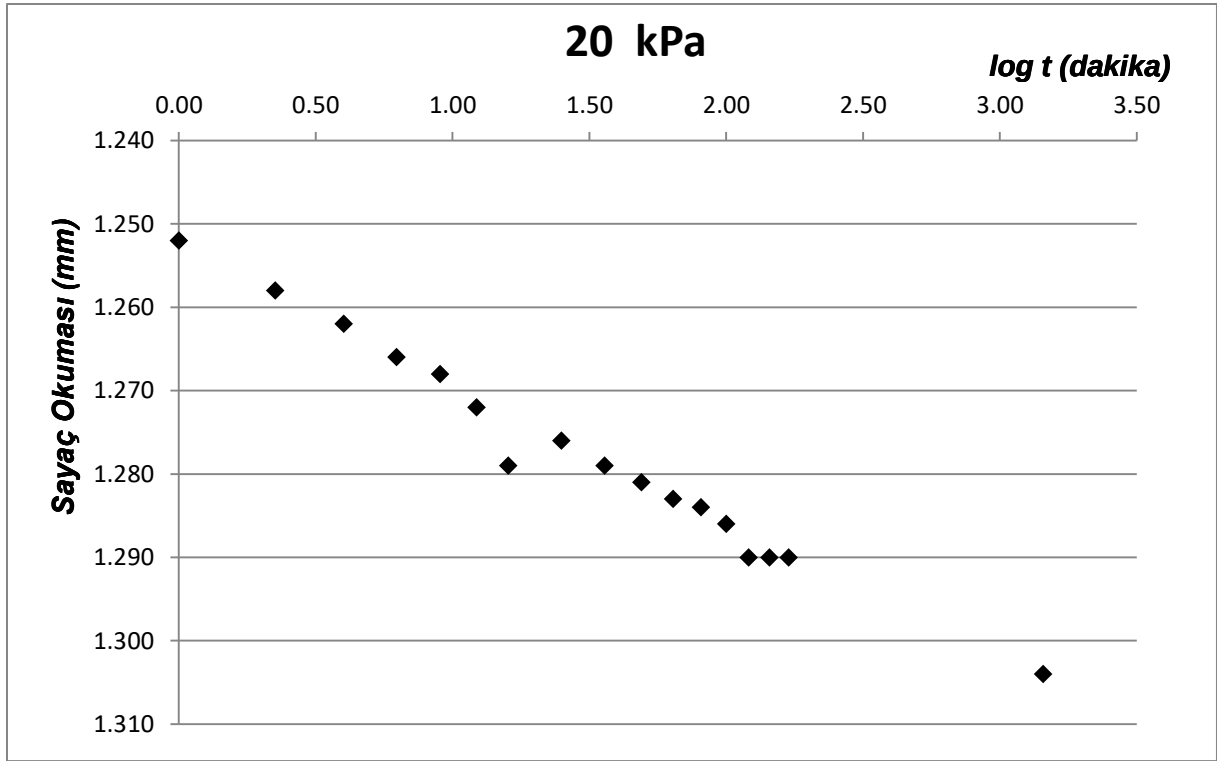
%10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış toprak numunesine ait konsolidasyon deneyi grafikleri Şekil 64-69' da verildiği gibidir.



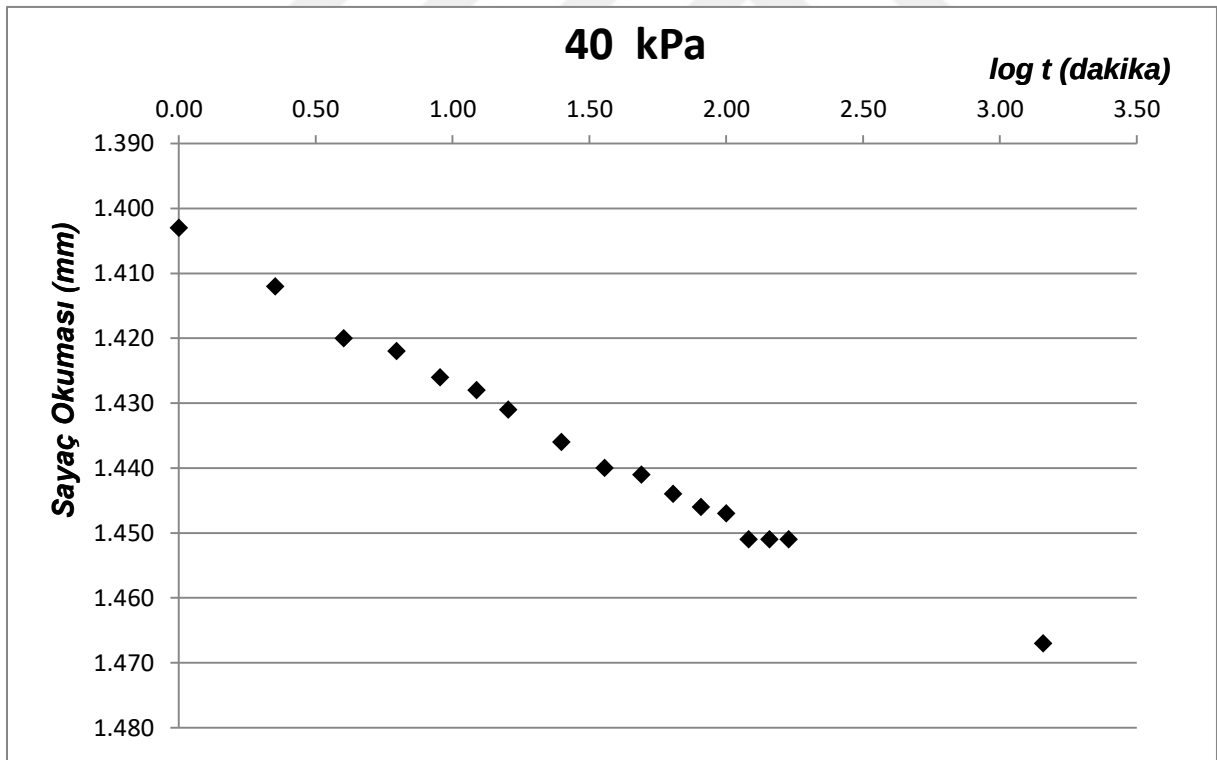
Şekil 64 %10 NaOH çözeltili örneğin, 5 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.



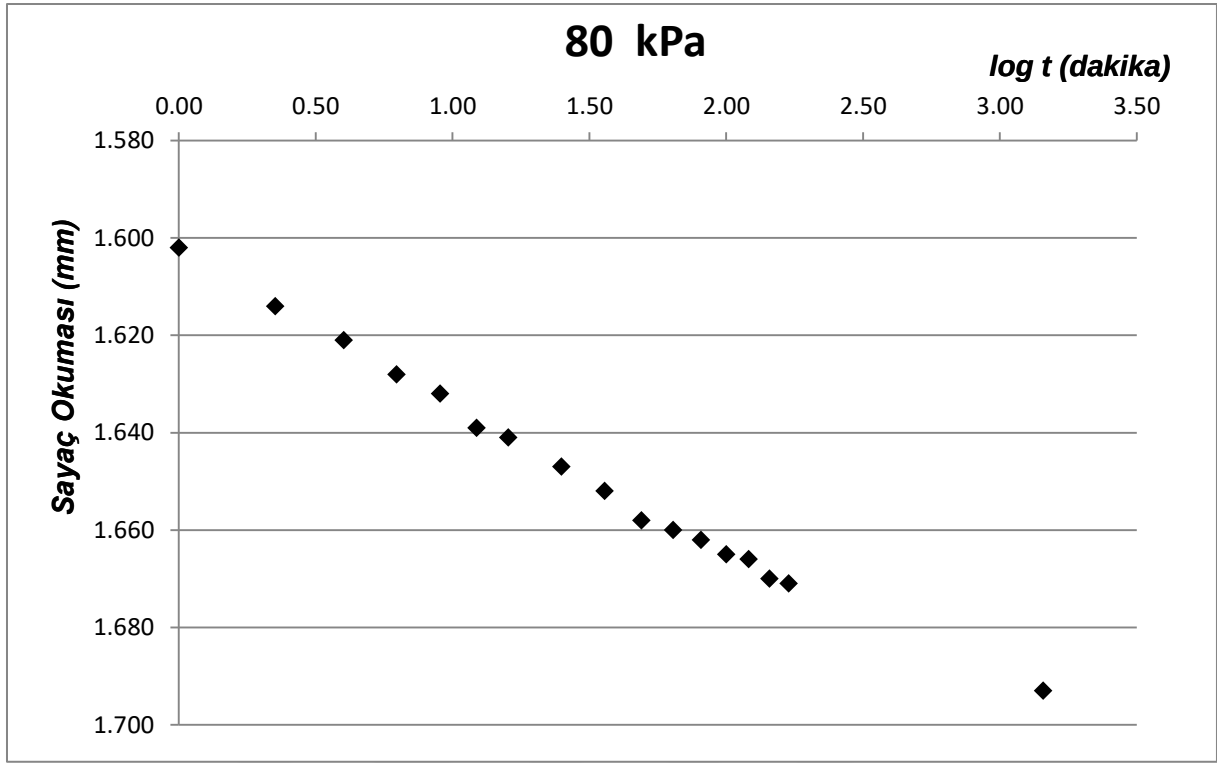
Şekil 65 %10 NaOH çözeltili örneğin, 10 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.



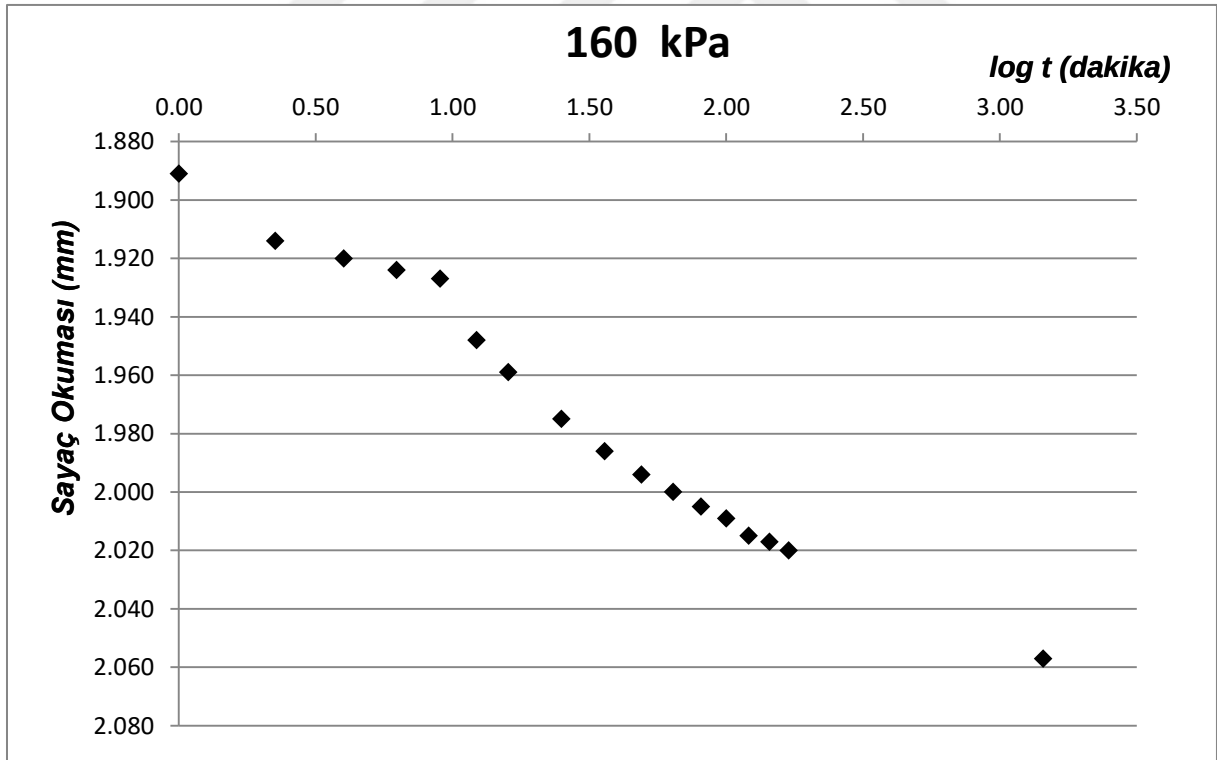
Şekil 66 %10 NaOH çözeltili örneğin, 20 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.



Şekil 67 %10 NaOH çözeltili örneğin, 40 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.



Şekil 68 %10 NaOH çözeltili örneğin, 80 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.



Şekil 69 %10 NaOH çözeltili örneğin, 160 kPa basınç ile sayaç okuması–log t grafiği.

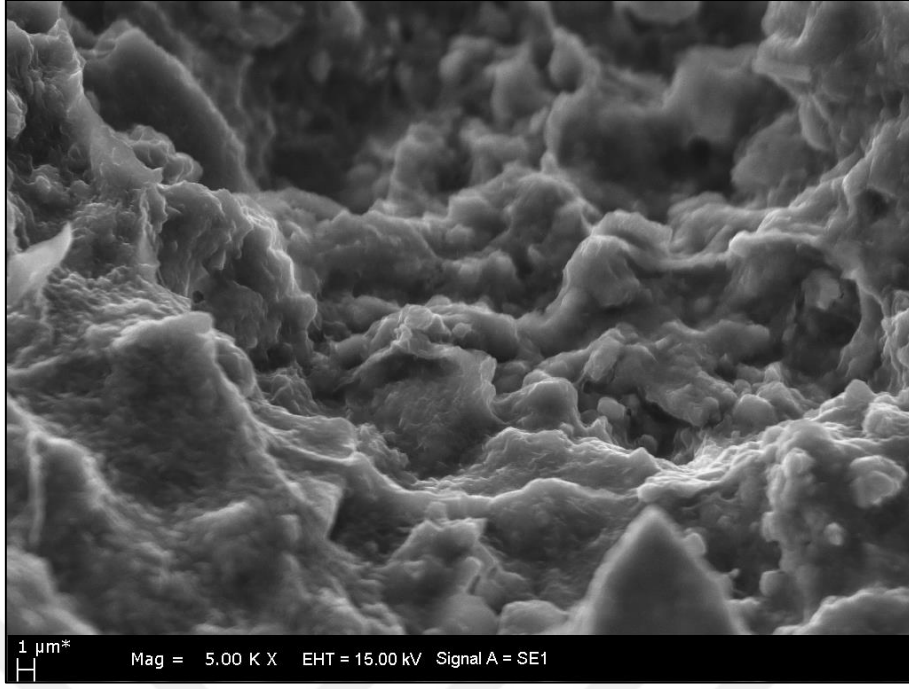
3.6. SEM Görüntüleri

Konsolidasyon deneyi yapılmış %0, %5 ve %10 NaOH çözeltisi numunelerden örnekler alınarak NaOH' un zemin üzerindeki etkisini inceleyebilmek amacıyla taramalı elektron mikroskobu görüntüleri kullanılmıştır. SEM için hazırlanan örnekler Şekil 70' te verilmiştir.



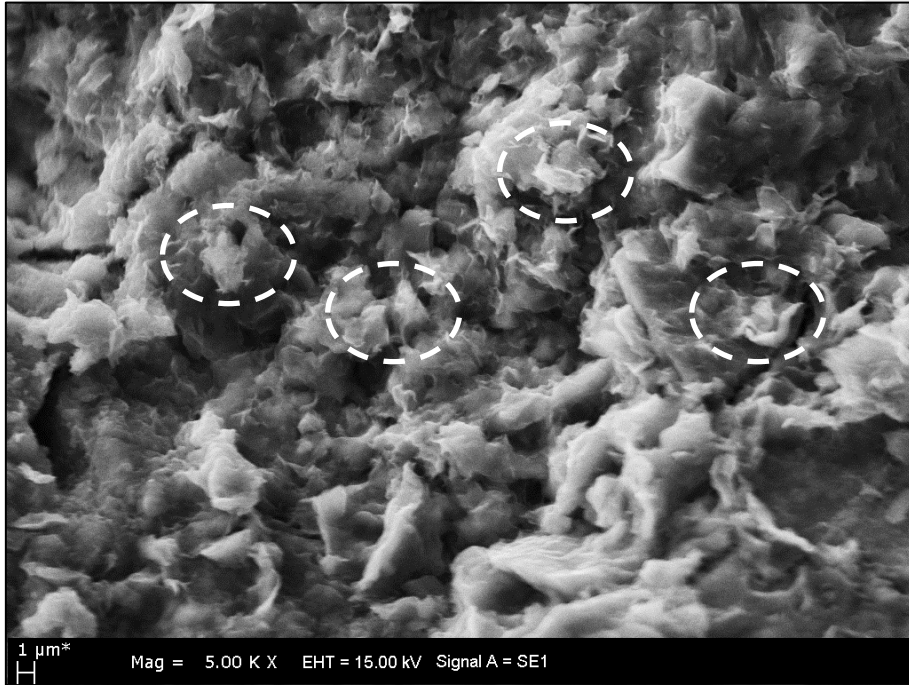
Şekil 70 SEM ve su içeriği tayini için alınan örnekler.

Sarı-boz renkli andezitik artık toprak örneğinin SEM görüntüsü Şekil 71' de verilmiştir. 5000 büyültmeli görüntüde kil minerallerinin yüzeyleri düzgün olarak görülmektedir.



Şekil 71 Sarı-boz renkli toprak örneğinin SEM görüntüsü (büyültme:5000).

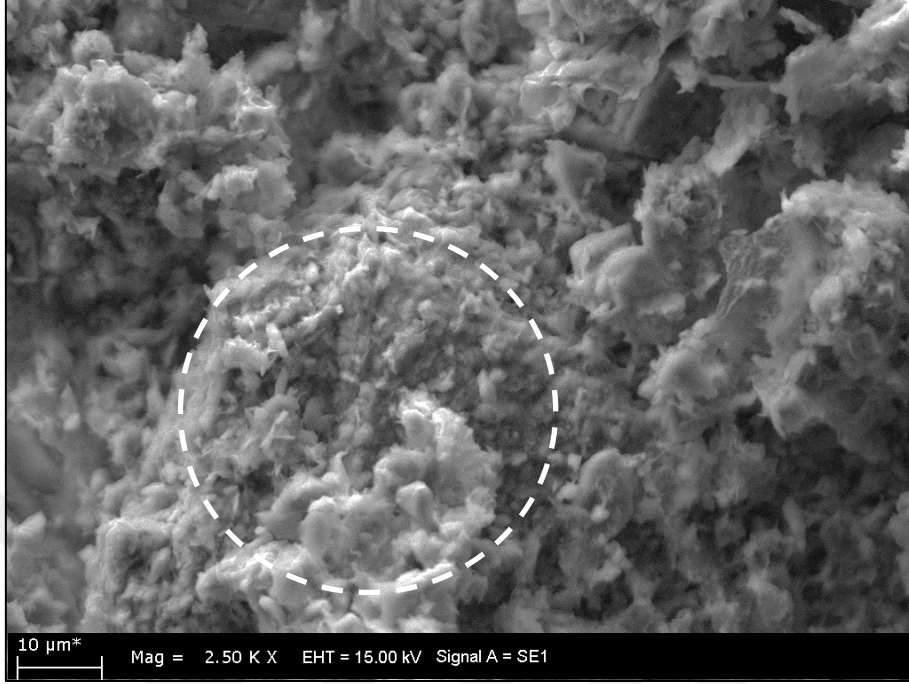
%5 NaOH içeren toprak örneğinin SEM görüntüsünde, kil mineralleri yüzeyinde NaOH birikimleri tesbit edilmiştir (Şekil 72).



Şekil 72 %5 NaOH içeren toprak örneğinin SEM görüntüsü (büyültme:5000).

NaOH birikimleri beyaz çember içine alınmıştır.

%5 lik NaOH içeren örneklerde olduğu gibi %10 NaOH içeren örneklerde de, daha yoğun olmak üzere, kil yüzeylerinde birikimler saptanmıştır (Şekil 73).



Şekil 73 %10 NaOH içeren toprak örneğinin SEM görüntüsü (büyültme:2500).
NaOH birikimleri beyaz çember içine alınmıştır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Son yıllarda, nüfus artışının getirmiş olduğu konut ihtiyacından dolayı Ankara' nın kuzeyinde bulunan Solfasol Mahallesi' ndeki artık zeminler üzerinde yeni ve çok katlı binalar yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, farklı oranlarda NaOH ile oluşturulan yüksek alkali çözeltilerin inceleme alanındaki andezit kökenli artık zeminlere etkisi ve yapılması olası zemin iyileştirilmesinde kullanılıp kullanılamayacağı incelenmiştir.

Piyasada %95 ve üzeri saflıkta kolaylıkla bulunabildiği için, daha önceki çalışmalarda dolaylı olarak kullanıldığı ve zemin üzerindeki etkilerinin net olarak bilinmediği için NaOH kullanılmasına karar verilmiştir. Üretim aşamalarında çevreye olumsuz etkisi bilinen çimento ve benzeri bağlayıcı malzemelere alternatif olup olamayacağı açısından da bu çalışma önem arz etmektedir.

Bu çalışmada özellikle çimento katkısıyla yapılan daha önceki iyileştirme çalışmalarındaki yöntemlere benzer bir yöntem ile çalışılmıştır.

NaOH ile hazırlanmış alkali çözeltiler yardımıyla artık zeminlerin iyileştirilmesine yönelik yapılan bu çalışmadan çıkarılabilecek sonuçlar aşağıda verilmektedir:

- %5 ve %10 NaOH kullanıldığında çözeltinin pH değerinin 13,2 olması, bazik çözelti olarak yeterli görüldüğünden dolayı artan oranlarda NaOH içeren çözeltilerle deney yapılmasına gerek duyulmamıştır.
- Yapılacak çalışmalarda numunelere ait standartların yakalanabilmesi ve hataların en aza indirilmesi amacıyla çap değişikliğine sebep olmayan, esnemeyen kalıplar kullanılması daha uygundur.
- Tek eksenli sıkışma dayanımı tayininde, doğadaki şartları modelleyebilmek açısından hazırlanan numunelerin ilk seri örneklerde olduğu gibi kür havuzundan çıkarıldıktan sonra hemen deneye başlanılmamalıdır. İkinci seri örneklerde olduğu gibi bir müddet oda koşullarında bekletilmesinin daha faydalı olacağı düşünülmektedir.
- Yapılan deneyler sonucunda, sadece su ile hazırlanmış numuneler baz alındığında, %5 ve %10 NaOH çözeltisi ile hazırlanmış numunelerin tek eksenli sıkışma dayanımlarında belirgin düşüşler gözlenmiştir. Bunun yanısıra %5 NaOH çözeltisiyle hazırlanmış örnek, 28 gün sonunda %5.77 su içeriği ve 1,54 g/cm³ yoğunluğunda en yüksek dayanıma ulaşmıştır.

- Sadece su ile oluşturulan baz örnekler ile kıyaslandığında, 56 gün kür havuzunda 10 gün oda koşullarında bekletilen %5 NaOH çözeltili örneklerde elastisite modülünün %32 seviyesine, %10 NaOH çözeltili örneklerde ise %14 seviyesine kadar düştüğü anlaşılmıştır.
- Yapılan deneylerde sadece su ile oluşturulmuş numunenin LL değeri 50.88, PL değeri 29.64 olarak bulunmuştur. %5 NaOH çözeltili zeminin LL değeri 47.93 olarak, %10 NaOH çözeltili zeminin ise LL değeri 42.81 olarak bulunmuştur. Çözeltili örnekler non-plastik durum sergilemişlerdir. NaOH çözeltisinin zeminlerin su içerikleri ve likit limitlerini düşürücü etkisi olduğu ve non-plastik davranışa sebep olduğu anlaşılmaktadır. Optimum su oranında maksimum yoğunluk elde edildiği bilindiğinden NaOH eklemesinin su oranını düşürücü etkisinden dolayı, ayrıca zeminin kohezyonunu düşürdüğünden dolayı tek eksenli sıkışma dayanımını düşürdüğü düşünülmektedir.
- Sulu örnekler hazırlanılırken optimum su içeriği %24 olmasına rağmen %40 su kullanılmıştır. Her katı 50 defa şişlenmek suretiyle hava boşlukları azaltılmaya çalışılmış olan numuneler, 3 eşit kat olacak şekilde sıkıştırılmadan kalıplara yerleştirilmiştir. Aynı koşullarda %0 ve %5 NaOH çözeltisi ile hazırlanan ve 40 gün oda koşullarında bekletilmiş örnekler üzerinde yapılan büzülme tayininde çözelti katılarak oluşturulan örneğin ilk haline oranla çap olarak % 1.01, boy olarak % 5.90 oranında, su ile oluşturulan örneğin ise ilk haline oranla çap olarak % 4.16, boy olarak %13.93 oranında büzüldüğü anlaşılmıştır. NaOH çözeltisi eklenilmesinin büzülmeyi engellediği anlaşılmıştır.
- Serbest şişme deneyleri sonucu, toprak örneklerine katılan NaOH içeriğine bağlı olarak şişme indeksi değerlerinin doğru orantılı olarak azaldığı tespit edilmiştir. %10 NaOH içeren örneklerin serbest şişme indeksi değerlerinde, çözelti katılmamış örneklere oranla %66.7 azalma meydana geldiği belirlenmiştir.
- Bu çalışma kapsamında yapılan büzülme tayini ve şişme deneyleri sonucunda eklenen NaOH çözeltisinin çalışılan andezitik artık toprağın su tutma kapasitesine etki ettiği, bunun sonucunda da şişmenin ve büzülmenin engellendiği anlaşılmıştır.

- Yapılan konsolidasyon deneyi sonucunda NaOH çözeltisi eklenilmesinin andezitik artık zeminin oturma miktarının azaltılmasında olumlu etkisi olduğu anlaşılmıştır. Eklenilen NaOH oranının arttırılması doğru orantılı olarak zemin oturmasını azaltıcı yönde etki etmiştir.
- SEM görüntülemelerinde NaOH çözeltisinin kil minerallerinin yüzeyine yapıştığı ve yüzeyde biriktikleri tespit edilmiştir. NaOH çözeltisi kil mineralleri arasındaki bağlanmayı azaltmaktadır. Bu nedenle NaOH içeren örneklerin dayanım değerlerinde azalmalar görülmektedir. Buna rağmen, Na iyonları kil yüzeylerine yapışarak kil minerallerinin yüzeyini kaplamakta ve kilin su ile buluşmasını engellemektedir. Bunun sonucu olarak NaOH katkılı örneklerde daha az şişme ve oturma görülmektedir.
- Daha önceki çalışmalarda bağlayıcı malzemelerle kullanılan NaOH çözeltisinin iyileşmeye doğrudan katkısından ziyade kullanılan bağlayıcı malzemelerin etkisinin artmasında görev yaptığı bu çalışmayla daha net bir şekilde anlaşılmıştır. Fakat NaOH çözeltisinin yol temellerinde ve az katlı inşaat temellerinde şişmeyi ve oturma miktarını azaltıcı bir zemin iyileştirme malzemesi olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma Solfasol Mahallesi' nde bulunan artık zemine yönelik olup NaOH' un farklı bölgelerdeki artık zeminlerde kullanılıp kullanılamayacağı değerlendirilmemiştir. Bazik çözelti elde etmek amacıyla sadece NaOH kullanılmış ve NaOH' un zemin üzerinde etkileri incelenmiş, yüksek alkaliliği sağlayabilecek farklı çözeltiler ve bileşenlerin etkisi incelenmemiştir. Bu çalışmanın artık zeminlerin iyileştirilmesine yönelik daha sonraki çalışmaların yararlanılabileceği bir ön çalışma niteliğinde olmasından dolayı önemli olduğu düşünülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Ankara İli İklim Verileri, <https://mgm.gov.tr> (Mayıs, **2018**)
- [2] Ankara İli Yağış verileri, <https://tr.climate-data.org> (Mayıs, **2018**)
- [3] Avirneni, D., Peddinti, P.R.T., Saride, S., Durability and long term performance of geopolymer stabilized reclaimed asphalt pavement base courses. *Construction and Building Materials*, (121), 198–209, **2016**.
- [4] Ertürk, E., *Ankara Kenti Kuzeyindeki (Solfasol Mahallesi) Artık Toprakların Mühendislik özellikleri ve Şev Duraylılığı Sorunları*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1997**.
- [5] Google Earth (2017 yılına ait fotoğraf)
- [6] Jeoloji Etütleri Dairesi, *1:100000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları*, No : 55, Ankara – F15 Paftası, MTA, **1997**.
- [7] Lemougna, P.N., Madi, A.B., Kamseu, E., Melo, U.C., Delplancke, M.-P., Rahier, H., Influence of the processing temperature on the compressive strength of Na activated lateritic soil for building applications. *Construction and Building Materials*, (65), 60–66, **2014**.
- [8] Martinez-Lopez, R., Escalante-Garcia, J.I., Alkali activated composite binders of waste silica soda lime glass and blast furnace slag: Strength as a function of the composition. *Construction and Building Materials*, (119), 119–129, **2016**.
- [9] Paulose, S., Swell potential studies on soils contaminated with NaOH solutions, *Proceeding of Indian Geotechnical Conference IGC-2014*, 18-20 Aralık, Kakinada, India, **2014**
- [10] Saride, S., Avirneni, D., Challapalli, S., Micro-mechanical interaction of activated fly ash mortar and reclaimed asphalt pavement materials. *Construction and Building Materials* (123), 424–435, **2016**.
- [11] Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., Binal, A., *Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri*, 3. Baskı, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, **2011**.
- [12] *Zemin Etüdü El Kitabı*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, **2016**.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Halil Murat MEMİŞOĞLU

Doğum Yeri : Karabük

Medeni Hali : Bekar

E-posta : hmemisoglu@yahoo.com

Adresi : Huzur Mah. 1140 Sokak Öveçler 2. Cadde Çankaya / Ankara

Eğitim

Lise: Ömer Seyfettin Lisesi (Yabancı Dil Ağırlıklı Lise), Ankara (1997-2001)

Lisans: Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara (2002-2008)

Lisans: Kırıkkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale (2013-2016)

Yüksek Lisans: Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara (2014 –)

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce – İyi

İş Deneyimi

Buğra Proje / Metroplan Müşavirlik Mühendislik Ltd. Şti.

Hidro dizayn Mühendislik Müşavirlik İnşaat ve Ticaret A.Ş / Tractebel - Engie Group

Hidrokon Mühendislik Müşavirlik A.Ş.

GEOGIS Mühendislik Müşavirlik İnşaat ve Ticaret A.Ş.

Petra Mühendislik Müşavirlik ve İnşaat LTD. ŞTİ.

NETCAD, CB Soft Yazılım Bil. Proje Tic. A.Ş.

M.Kenan Kaya Müh. Müş. İnş. San. Tic. Ltd. Şti.

Form Jeoteknik İnş. Lab. Ltd. Şti.(Stajyer Mühendis)

Deneyim Alanları

Jeolojik, jeoteknik ve geoteknik raporlamalar.

Bölgesel jeoloji haritalarının oluşturulması.

Araştırma çukuru ve sondaj kuyusu loglamaları.

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 21 / 06 / 2018

Tez Başlığı / Konusu: YÜKSEK ALKALİ ÇÖZELTİ KATKISININ ANDEZİTİK ARTIK TOPRAKLARIN FİZİKOMEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 83 sayfalık kısmına ilişkin, 20 / 06 / 2018 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 4 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

21.06.2018.
M. Memişoğlu
Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Halil Murat MEMİŞOĞLU
Öğrenci No: N14229533
Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği
Programı: Jeoloji Mühendisliği - Yüksek Lisans
Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Adil Binar
Doc. Dr. Adil Binar
(Unvan, Ad Soyad, İmza)