

**NUMUNE HAZIRLAMA YÖNTEMİNİN KONİ BATMA LİKİT LİMİT
DEĞERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Şenay ÖZDEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2005
ANKARA**

**NUMUNE HAZIRLAMA YÖNTEMİNİN KONİ BATMA LİKİT LİMİT
DEĞERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Şenay ÖZDEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2005
ANKARA**

Şenay ÖZDEMİR tarafından hazırlanan NUMUNE HAZIRLAMA YÖNTEMİNİN KONİ BATMA LİKİT LİMİT DEĞERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Recep KANIT
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : _____

Üye : _____

Üye : _____

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**NUMUNE HAZIRLAMA YÖNTEMİNİN KONİ BATMA LİKİT LİMİT
DEĞERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Şenay ÖZDEMİR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Temmuz 2005**

ÖZET

Likit limit deneyinde, numune hazırlanması önemli bir aşamayı oluşturmaktadır. Numune hazırlanması için ASTM D 4318’de iki farklı yöntem tarif edilmektedir. Birincisi “ıslak hazırlama”, ikincisi “kuru hazırlama” dır. Islak hazırlama yöntemi uzun zaman aldığından ve zahmetli olduğundan Ülkemizde bir çok laboratuvarıda uygulanmamaktadır. Kuru hazırlama yöntemi ise ASTM D 4318’de tarif edilenden daha farklı uygulanmaktadır. Islak hazırlama ve ülkemizde uygulandığı şekliyle kuru hazırlama yöntemlerinin likit limit değerini hangi düzeyde etkilediğini belirlemeye yönelik yapılan bu çalışmada değişik lokasyonlardan alınmış 10 farklı doğal zemin numunesi kullanılmıştır. Likit limit değerleri koni batma yöntemi ile belirlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda ıslak eleme yöntemi ile hazırlanan numunelerin likit limit değerlerinin kuru eleme yöntemi ile hazırlanan numunelerden % 1,2 – 14,9 arasında değişmek üzere daha büyük olduğu görülmüştür.

Bilim Kodu	: 2251101
Anahtar Kelimeler	: Likit limit, koni batma, numune hazırlama
Sayfa Adedi	: 47
Tez Yöneticisi	: Doç. Dr. Recep KANIT

**AN INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SAMPLE PREPARATION ON
THE LIQUID LIMIT DETERMINED FROM CONE PENETROMETER**

(M.Sc. Thesis)

Şenay ÖZDEMİR

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
July 2005**

ABSTRACT

Sample preparation is a very important stage of the liquid limit determination test. In ASTM D 4318 two different sample preparation techniques are described. First is called as wet preparation where as the second one is known as dry preparation. In our country wet preparation technique is not generally used because it requires longer time compared to dry preparation. In addition to this, dry preparation technique is applied different from that described in ASTM D 4318. In this study which is aimed for the determination of the effect of sample preparation technique on the liquid limit, 10 natural soil samples taken from various locations were used. For liquid limit determination cone penetrometer test were utilized. According to the test results it was determined that the liquid limit values obtained using wet sample preparation are 1.2 % to 14.9 % higher than the ones obtained by the dry sample preparation technique.

Science Code : 2251101
Key Words : Liquid limit, cone penetration, sample preparation
Page Number : 47
Adviser : Assoc. Prof. Dr. Recep KANIT

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi olarak yapılan bu araştırmanın planlaması ve yönetimi Doç. Dr. Recep KANIT'a ait olup, değerli yardımlarından ve katkılarından dolayı kendilerine teşekkür ederim. Çalışmanın seyri ve tüm aşamalarında bilgi ve tecrübe desteği sağlayarak yanımda olan, Araş. Gör. Nihat IŞIK ile laboratuvar çalışmalarımda yardımcı olan ve engin bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Uzman Mustafa ÖZER'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
1.GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Islak Hazırlama Yöntemi (ASTM D 4318).....	4
2.1.1. 425 µm'den (No.40 elek) büyük taneler içermeyen zeminler.....	4
2.1.2. 425 µm'den (No.40 elek) büyük taneler içeren zeminler.....	5
2.2. Kuru Hazırlama Yöntemi (ASTM D 4318).....	5
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	10
3.1. Malzeme.....	10
3.2. Yöntem.....	12
3.2.1. Kuru eleme yöntemi.....	12
3.2.2. Islak eleme yöntemi.....	13
3.2.3. Koni batma likit limit deneyinin yapılışı.....	14
3.2.4. Plastik limit deneyinin yapılışı.....	16
3.2.5. Numunelerin tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi.....	17
4. DENEYSEL BULGULAR.....	18
5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	39
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	47

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Zemin numunelerinin alındıkları bölgeler ve görsel Tanımlamaları.....	10
Çizelge 4.1. Numune– 1’in tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları.....	18
Çizelge 4.2. Numune– 2’nin tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları.....	19
Çizelge 4.3. Numune– 3’ün tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları.....	20
Çizelge 4.4. Numune– 4’ün tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları.....	21
Çizelge 4.5. Numune– 5’in tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları.....	22
Çizelge 4.6. Numune– 6’nın tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları.....	23
Çizelge 4.7. Numune– 7’nin tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları.....	24
Çizelge 4.8. Numune– 8’in tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları.....	25
Çizelge 4.9. Numune–9’un tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4.10. Numune– 10’un tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları.....	27
Çizelge 4.11. Numune– 1’in “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları.....	28
Çizelge 4.12. Numune – 2’nin “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları.....	29
Çizelge 4.13. Numune – 3’ün “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları.....	30
Çizelge 4.14. Numune – 4’ün “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları.....	31
Çizelge 4.15. Numune – 5’in “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları.....	32
Çizelge 4.16. Numune – 6’nın “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları.....	33
Çizelge 4.17. Numune – 7’nin “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları.....	34

Sayfa

Çizelge 4.18. Numune – 8’in “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları.....	35
Çizelge 4.19. Numune – 9’un “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları.....	36
Çizelge 4.20. Numune – 10’un “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları.....	37
Çizelge 4.21. Kuru ve ıslak eleme likit limit deney sonuçları özeti.....	38
Çizelge 4.22. Üzerinde çalışılan 10 adet zemin örneğinin bazı indeks özellikleri ve USCS zemin sınıfları.....	38

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil Sayfa

Şekil 1.1. Zeminlerin hacim – su içeriği ilişkisi.....	1
Şekil 4.1. Numune – 1'in tane büyüklüğü dağılım eğrisi.....	18
Şekil 4.2. Numune – 2'nin tane büyüklüğü dağılım eğrisi.....	19
Şekil 4.3. Numune – 3'ün tane büyüklüğü dağılım eğrisi.....	20
Şekil 4.4. Numune – 4'ün tane büyüklüğü dağılım eğrisi.....	21
Şekil 4.5. Numune – 5'in tane büyüklüğü dağılım eğrisi.....	22
Şekil 4.6. Numune – 6'nın tane büyüklüğü dağılım eğrisi.....	23
Şekil 4.7. Numune – 7'nin tane büyüklüğü dağılım eğrisi.....	24
Şekil 4.8. Numune – 8'in tane büyüklüğü dağılım eğrisi.....	25
Şekil 4.9. Numune – 9'un tane büyüklüğü dağılım eğrisi.....	26
Şekil 4.10. Numune – 10'un tane büyüklüğü dağılım eğrisi.....	27
Şekil 4.11. Numune – 1'in "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri.....	28
Şekil 4.12. Numune – 2'nin "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri.....	29
Şekil 4.13. Numune – 3'ün "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri.....	30
Şekil 4.14. Numune – 4'ün "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri.....	31
Şekil 4.15. Numune – 5'in "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri.....	32
Şekil 4.16. Numune – 6'nın "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri.....	33
Şekil 4.17. Numune – 7'nin "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri.....	34

Sayfa

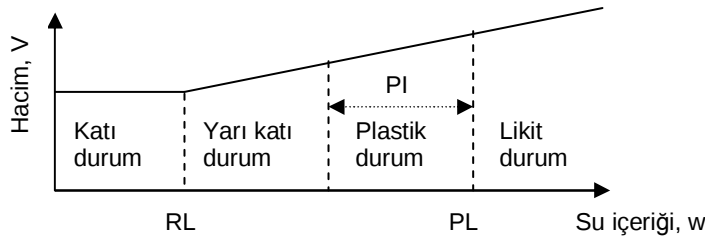
Şekil 4.18. Numune – 8'in "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri.....	35
Şekil 4.19. Numune – 9'un "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri.....	36
Şekil 4.20. Numune – 10'un "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri.....	37
Şekil 5.1. No.40 elekten geçen yüzdelere ile $LL_{ıslak} - LL_{kuru}$ farkları arasındaki ilişki.....	39
Şekil 5.2. No.200 elekten geçen yüzdelere ile $LL_{ıslak} - LL_{kuru}$ farkları arasındaki ilişki.....	40
Şekil 5.3. Kuru eleme yöntemi ile hazırlanan likit limit değerleri ile $LL_{ıslak} - LL_{kuru}$ farkları arasındaki ilişki.....	41
Şekil 5.4. Kuru eleme yöntemi ile hazırlanan plastik limit değerleri ile $LL_{ıslak} - LL_{kuru}$ farkları arasındaki ilişki.....	42
Şekil 5.5. Plastisite indisi ile $LL_{ıslak} - LL_{kuru}$ farkları arasındaki ilişki.....	43
Şekil 5.6. Kil yüzdesi ile $LL_{ıslak} - LL_{kuru}$ farkları arasındaki ilişki.....	43

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Koni batma likit limit cihazı ve dijital kontrol paneli.....	11
Resim 3.2. Malvern Master SizerX lazer kırınım cihazı.....	11

1. GİRİŞ

Kohezyonlu bir zemine aşırı miktarda su ilave edilirse, zemin akışkan bir sıvı gibi davranarak kendi ağırlığı altında kolayca akabilecek duruma gelir. Böyle bir zemin belli bir miktar kurutulursa, kırılma veya çatlama olmadan kolayca istenilen şeklin verilebileceği plastik duruma gelir. Biraz daha kurutulursa, herhangi bir şekil verilmek istendiğinde kırılarak parçalanacağı yarı katı duruma geçer. Bu durumda iken kurutmaya devam edilirse, tamamen katı duruma geçerek gevrek ve kırılgan bir hal alır. Zeminlerin farklı su içeriklerinde gösterdikleri bu davranışlar “kıvam” olarak adlandırılır (1). Kıvam limitleri ilk kez Ziraatçı bilim adamı İsveç’li A. Atterberg tarafından 5 farklı sınır su muhtevası olarak tanımlanmıştır. Bunlar; kohezyon limiti, yapışma limiti, büzülme limiti, plastik limit ve likit limitir (2). Günümüzde bunlardan sadece büzülme limiti, plastik limit ve likit limit olmak üzere üç tanesi zemin mekaniği uygulamalarında yer alarak çeşitli ulusal standartlara dahil edilmiştir (3-4-5). Bu kıvam limitlerini hacim (V) – su içeriği (w) ilişkisi ile açıklamak mümkündür (6). Belli bir kap içerisinde likit durumda bulunan bir zemin tedricen kurutulursa doğal olarak su içeriği azalacaktır. Zemini kurutmaya devam ettikçe belli bir noktaya kadar su içeriğinin azalması ile birlikte hacminde de azalma olacaktır. Ancak bir noktadan sonra su içeriği azalmasına rağmen hacminin sabit kaldığı görülecektir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Zeminlerin hacim – su içeriği ilişkisi (6).

Atterberg’in tarım topraklarını sınıflamak amacıyla ortaya koyduğu kıvam limitleri Casagrande tarafından mühendislik amaçlarına uygun olarak daha kesin biçimde ifade edilmiştir. Bu amaçla Casagrande tarafından likit limitin

deneysel olarak belirlenebilmesi için bir cihaz geliştirilmiş olup, günümüzde halen kullanılmakta ve kaynaklarda “Casagrande Likit Limit Cihazı” olarak bilinmektedir (7). Casagrande cihazı uzun yıllar likit limitin belirlenmesi için kullanılan tek araç olmuştur. Günümüzde de halen bir çok ülkede standart yöntem olarak uygulanmaktadır. Sonraki yıllarda ise İngilizler tarafından likit limitin belirlenmesi için tamamen farklı prensiplere sahip olan “koni batma cihazı” geliştirilmiştir. Koni batma yöntemi İngiliz standartlarına (BS 1377) geçerek, İngiltere’nin yanı sıra bazı Avrupa ülkelerinin standartlarında da 1. yöntem olarak yer almaktadır. BS 1377’de Casagrande yöntemi “yedek yöntem” olarak geçmektedir. Ülkemizin zemin mekaniği laboratuvar deneyleri ile ilgili standardı TS 1900’de İngiliz standardında (BS 1377) olduğu gibi koni batma yöntemi “1.yöntem - önerilen yöntem”, Casagrande yöntemi ise “yedek yöntem” olarak yer almaktadır. Ancak ülkemizde çeşitli özel laboratuvarlarda ve DSİ, karayolları ve demiryolları gibi devlet kurumlarına ait laboratuvarların bazılarında Casagrande yöntemi uygulanırken, bazılarında da koni batma yöntemi uygulanmaktadır.

Likit limit değeri zeminlerin önemli parametrelerinden birisidir. Bir zeminin USCS (Unified Soil Classification System – birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi) veya AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) gibi herhangi bir sisteme göre zemin tipinin belirlenmesi için likit limitinin bilinmesi gerekmektedir (8-9). Yol dolgusunda kullanılacak malzemelerin seçiminde likit limit değeri kriterlerden birisidir (10). Likit limit değeri zeminlerin mineralojisi hakkında fikir verebilecek bir parametredir (11). Çeşitli araştırmacılar (12). zeminlerin konsolidasyonu ile ilgili önemli bir parametre olan sıkışma indisi (C_c) ile likit limit arasında ilişki olduğunu gösteren korelasyon çalışmaları yapmışlardır. Zeminlerin sınıflaşmasının ampirik olarak değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerden birisi de likit limittir (13).

Zeminlerin likit limitinin belirlenmesinde en önemli aşamalardan birisini numunenin hazırlanması oluşturmaktadır. Likit limit deneyi yapılacak olan

numunenin içerisinde 0.425 mm'den daha büyük zemin tanelerinin olmaması gerekmektedir. Bunu için deneyden önce zemin numunesinin 0.425 mm (No.40) elekten elenmesi gerekmektedir. Eleme işlemi ve sonraki aşamalar için standartlarda önerilen ile pratikteki uygulamalarda bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bu çalışmada, bu farklılıklar üzerinde durularak örnek hazırlama tekniğinin koni batma likit limit deney sonuçları üzerindeki etkisi araştırılacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

zeminlerin likit limit, plastik limit ve plastisite indisinin belirlenmesi ile ilgili standart olan (14)'de numune hazırlanması için iki farklı yöntem tarif edilmektedir. Bunlar, ıslak hazırlama yöntemi (wet preparation method) ve kuru hazırlama yöntemidir (dry preparation method). Bu yöntemlerin detayları aşağıda verildiği gibidir.

2.1. Islak Hazırlama Yöntemi (ASTM D 4318)

Bu yöntem de 425 μm 'den (No.40 elek) büyük taneler içermeyen ve içeren zeminler için olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmaktadır.

2.1.1. 425 μm 'den (No.40 elek) büyük taneler içermeyen zeminler

Malzemenin içinde 425 μm 'den büyük taneler olup olmadığı görsel ve manuel yöntemlerle belirlenir. Eğer malzemenin içinde 425 μm 'den büyük taneler yok ise uygun bir kap içerisinde distile veya demineralize su ilave edilerek spatula yardımı ile iyice karıştırılır. Karıştırma esnasında 425 μm 'den daha büyük zemin tanelerine rastlanırsa bunlar elle veya spatula ile alınmalıdır. Eğer bu iri taneleri almak mümkün olmaz ise veya pratik olmaz ise, numunenin iri taneleri içeren kısmı olduğu gibi alınarak (toplam malzemenin %15'inden az olmalı) 425 μm eleğin üzerine boşaltılır ve distile veya demineralize su ile yıkanarak iri taneler ayıklanır, yıkama suyu ile birlikte eleğin altına geçen 425 μm 'den küçük malzemeler toplanarak asıl deney numunesine ilave edilir. Eğer zemin numunesi içerisinde elle veya yukarıda tarif edildiği şekilde ayıklanamayacak kadar çok iri taneye rastlanır ise aşağıda anlatılan yöntem uygulanmalıdır. Bu şekilde hazırlanan numunenin kıvamı uygun hale getirildikten sonra en az 16 süreyle (gece boyu) hava sızdırmaz nem kabı içerisinde bekletilir. Bekletme süresinden sonra ve deneye başlamadan hemen önce numune tekrar karıştırılır.

2.1.2. 425 µm'den (No.40 elek) büyük taneler içeren zeminler

Yaklaşık 500 g kadar bir numune alınarak uygun bir kabın içerisine konur ve üzerine numunenin üstünü örtecek kadar su ilave edilir. Bu şekilde, numune toprakları yumuşayınca ve iri tanelerin üzerine yapışık olan ince taneler gevşeyinceye kadar bekletilir. Uygun bir toplama kabının içerisine 425 µm elek yerleştirilir ve suda bekletilmiş olan malzeme mümkün olduğunca az su kullanarak 425 µm elekten yıkanarak elenir. Eğer iri taneler oldukça büyük ve çok fazla ise 425 µm eleğin üzerine koruma amaçlı ve iri taneleri ayıklamayı kolaylaştırmak için 2.00 mm elek konulabilir. Toplama kabında biriken 425 µm elekten geçmiş malzemenin su içeriği, likit limit deneyinin başlangıcı için uygun kıvama gelinceye kadar azaltılır. Bunun için birkaç yol izlenebilir; (a) oda sıcaklığında hava akımına maruz bırakılır, (b) saç kurutma makinesi gibi bir araç kullanılarak sıcak hava akımına maruz bırakılır, (c) numunenin üstünde biriken fazla su boşaltılabilir, (d) Büchner hunisi veya filtre mumu kullanılarak malzeme filtreden geçirilebilir. Eğer kurutma yöntemi uygulanacaksa malzeme sık sık karıştırılarak yüzeysel ve kısmi kurumanın engellenmesi gerekmektedir. Eğer zemin numunesi çözülebilir tuzlar içeriyorsa su azaltmak için (a) veya (b) yönteminin uygulanması gerekmektedir. Kıvamı uygun hale getirilen malzeme, eğer gerek duyulur ise deneyden önce 16 saat süreyle hava sızdırmaz nem kabının içinde bekletilmelidir.

2.2. Kuru Hazırlama Yöntemi (ASTM D 4318)

Zemin numunesi oda sıcaklığında veya 60 °C'yi geçmeyen etüvde zemin toprakları düzgünce ufalanabilecek düzeye gelinceye kadar kurutulur. Bireysel (individual) zemin tanelerini kırmayacak şekilde lastik tokmak ile zemin toprakları ezilir, ufalanır. Daha sonra bu malzeme 425 µm (No.40) elekten elenir. Eleğin üzerinde kalan malzeme tekrar lastik tokmak ile ufalanır ve tekrar No.40 elekten elenir. İnce malzemelerin çoğu elekten geçinceye ve eleğin üzerinde artık bireysel taneler kalıncaya kadar bu işleme devam edilir.

En son ezme işleminden sonra eleğin üzerinde kalan malzeme bir kabın içine alınır ve üzerini örtecek kadar ve mümkün olduğunca az miktarda üzerine su ilave edilir. Bu malzeme, iyice karıştırıldıktan sonra No.40 eleğin üzerine boşaltılır ve yine çok az su kullanılarak elekten yıkanarak geçirilir. Eleğin altına geçen malzeme önceki aşamalarda kuru eleme yoluyla eleğin altına geçen kuru malzeme ile birleştirilir. Malzemenin kıvamı likit limit deneyinin başlangıcı için uygun hale getirildikten sonra deneyden önce 16 saat (gece boyu) süreyle hava sızdırmaz nem kabının içerisinde bekletilir ve bu sürenin sonunda deneyden hemen önce tekrar karıştırılır.

BS 1377: Part 2'de ise likit limit deneyi yapılacak numunenin laboratuvar ortamında dahi kurutulmaması gerektiği belirtilmektedir. Daha açık bir ifade ile ASTM D 4318'de belirtilen "kuru hazırlama" yöntemine yer verilmemektedir. BS 1377: Part 2'de numune hazırlanması için iki yöntemden bahsedilmektedir. Bu yöntemler ASTM D 4318'de "ıslak hazırlama" yönteminde tarif edilen 0.425 mm'den büyük taneler içermeyen ve içeren zeminler için önerilen yöntemlerin hemen hemen aynısıdır. Birincisinde malzemenin içerisinde 0.425 'mm'den büyük taneler çok fazla değilse, yeteri kadar büyük bir camın üzerine malzemenin serilmesi ve palet bıçakları ile dilimlere ayrılarak içinde rastlanan iri tanelerin alınması, daha sonra likit limit deneyi için uygun kıvama gelinceye kadar aşamalar halinde malzemeye su ilave edilerek karıştırılması ve ilave edilen suyun malzemenin bünyesine tamamen işlemesi için deneyden önce en az 24 saat süreyle nem kabında bekletilmesi önerilmektedir. Malzemenin içerisinde 0.425 'mm'den büyük taneler fazla ise ikinci yöntemin uygulanması gerektiği belirtilmektedir. İkinci yöntemde ise, doğal durumdaki malzeme uygun bir kabın içine konulması ve üzerine numune tamamen su içerisinde kalacak kadar distile su ilave edilmesi, bu durumda bir müddet bekletildikten sonra malzeme bulamaç kıvamına gelinceye kadar karıştırılması, daha sonra 0.425 mm elekten mümkün olduğunca az su kullanarak damıtık su ile yıkanması, eleğin altından akan temiz su akıncaya kadar yıkamaya devam edilmesi, yıkama işlemi bittikten sonra eleğin altına geçen malzemenin üzerinde bulunan fazla

su temiz hale geldiğinde uygun bir yöntemle (sifonlama olabilir) dışarıya tahliye edilmesi, geriye kalan malzemenin ise katı bir pasta kıvamına gelinceye kadar sıcak hava akımına maruz bırakılarak kurutulması önerilmektedir.

TS1900 (1987)'de ise zeminlerin hazırlanması ile ilgili iki farklı yerde Not halinde bilgi verilmiş olup, TS1900 (1987) syf.13 Not – 2 aynen şöyledir;

“Zeminin hemen tümünün 400 μm elekten geçeceğinin görüldüğü durumlarda deney tabii su muhtevasında yapılabilir. İri daneler karıştırma sırasında elle ayıklanmalıdır. Bazı yerinde oluşmuş zeminlerde likit limitin havada kurutulmuş değeri farklı çıktığından deney tabii su muhtevasında yapılmalıdır”.

TS1900 (1987) syf.15 Not – 1 ise aynen şöyledir;

“Numunelerin doğal durumlarında denenmesi: Zeminin içinde iri taneler bulunmadığı ve numunelerin hemen tamamı 400 mikronluk elekten geçtiği durumlarda zemin doğal durumunda denenmelidir. Zeminler doğal durumlarında denendiklerinde elde edilen sonuçlar, açıkta kurutuldukları zaman alınan sonuçlardan genellikle değişik olur. Zemin doğal durumunda denenmişse, bunun deney raporunda belirtilmesi gerekir. Zeminde iri taneler varsa, deneyde numunenin sadece 400 mikronluk elekten geçen bölümü kullanılmalıdır. Bu amaçla, deneye yetecek miktarda malzeme elekten geçene kadar, yaş numune 400 mikronluk elekten oğuşturularak geçirilir”.

TS 1900'ün bu konuda çok detaylı bilgi vermediği ortadadır. Doğada bulunan zeminlerin sanki elekten geçirilmişçesine 425 μm 'den küçük olma ihtimali düşük olduğundan ıslak hazırlama yönteminde bahsedilen “425 μm 'den (No.40 elek) büyük taneler içermeyen zeminler” için anlatılan yöntemin uygulanma olasılığı düşüktür. Bu durumda geriye iki seçenek kalmaktadır. Bunları özetleyecek olursak temel farklılık malzemeyi No.40 elekten geçirmekte karşımıza çıkmaktadır. Islak hazırlama yönteminde malzeme başlangıçta su içerisinde bekletilmekte ve daha sonra su ile yıkanarak elekten geçirilmekte, kuru hazırlama yönteminde ise malzeme oda sıcaklığında veya 60 $^{\circ}\text{C}$ 'yi geçmeyen etüvde kurutulup lastik tokmakla

ezdikten sonra kuru olarak elekten geçirilmekte, en son aşamada eleğin üzerinde kalan malzeme su ile yıkanarak elekten geçirilmektedir. Bu yöntemde malzemeyi oda sıcaklığında kurutmak uzun zaman alacağından genellikle etüv tercih edilmektedir. Bunlardan ıslak hazırlama yönteminde en büyük sorun yıkama sonucunda eleğin altına geçen sulu malzemenin fazla suyunu uzaklaştırmakta ve malzemenin kıvamını likit limit deneyi için uygun hale getirmekte yani fazla suyu buharlaştırmakta karşımıza çıkmaktadır. Tüm bu işlemler çok fazla zaman aldığından ve gayret gerektirdiğinden ülkemizdeki ne özel laboratuvarlarda ne de kurum laboratuvarlarında bu yöntemin uyguladığına rastlanmamıştır. Hatta bazı özel Laboratuvar sahiplerinin ve çalışanlarının (kurum veya özel) böyle bir yöntemden haberlerinin dahi olmadığına rastlanmaktadır. Bu nedenle daha kısa süreli ve pratik olduğundan genellikle kuru hazırlama yöntemi tercih edilmektedir. Ancak bu yöntem de tam olarak ne ASTM D 4318'de ne de BS 1377: Part 2'de anlatıldığı gibi uygulanmamaktadır. Malzeme etüvde kurutulmakta, daha sonra lastik tokmakla ezilmekte, kuru olarak No.40 elekten geçirilmekte ve deney için yeterli malzeme elde edildikten sonra bu işleme son verilmekte yani yıkama yoluyla eleme yapılmamaktadır. Kuru eleme yöntemi ile yeterli malzeme elde edebilmek için başlangıçta fazla numune alınmakta yada kısıtlı malzeme ile deney yapılmaktadır. Yada daha kötüsü, ezmek için lastik tokmak değil çekiç vb daha ağır ve sert malzemeler kullanılmakta ki böylece daha çok malzeme ezilip elek altına geçmektedir. Tabi bu durumda bireysel tanelerin kırılacağı aşikardır. Bazı laboratuvarlarda bu uygulamanın yapıldığına şahit olunmuştur. Yani özetle en son ezme işleminden sonra eleğin üzerinde kalan malzeme yıkanarak elekten geçirilmemektedir. Yani ASTM D 4318'de tarif edilen kuru hazırlama yönteminin bir bölümüne uyulmaktadır. Yıkama işlemi yapılmadığı takdirde son aşamada eleğin üzerinde kalan malzemelerin içinde birbirine yapışarak tutunmuş 425 µm'den küçük taneler olabileceği gibi, iri tanelerin üzerine yapışmış 425 µm'den küçük tanelerin bulunması da muhtemeldir. Yıkama işlemi yapılmadığı takdirde bu malzemeler deney dışında bırakılmış olmaktadır. Bu çalışmada,

Ülkemizde genellikle tercih edilen bu yöntemin likit limit deneyini hangi düzeyde etkilediği belirlenmeye çalışılacaktır.

Yapılan kaynak araştırması sonucunda, likit limit deneyi ile ilgili bazı çalışmalar yapıldığı görülmüş, ancak tam olarak bu konu ile ilgili yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bunun nedeninin, ülkemizde genellikle uygulanan ve bu çalışmanın da odak noktasını oluşturan örnek hazırlama tekniğinin (kuru hazırlama yöntemi) aslında standart bir yöntem olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3. MALZEME VE YONTEM

3.1. Malzeme

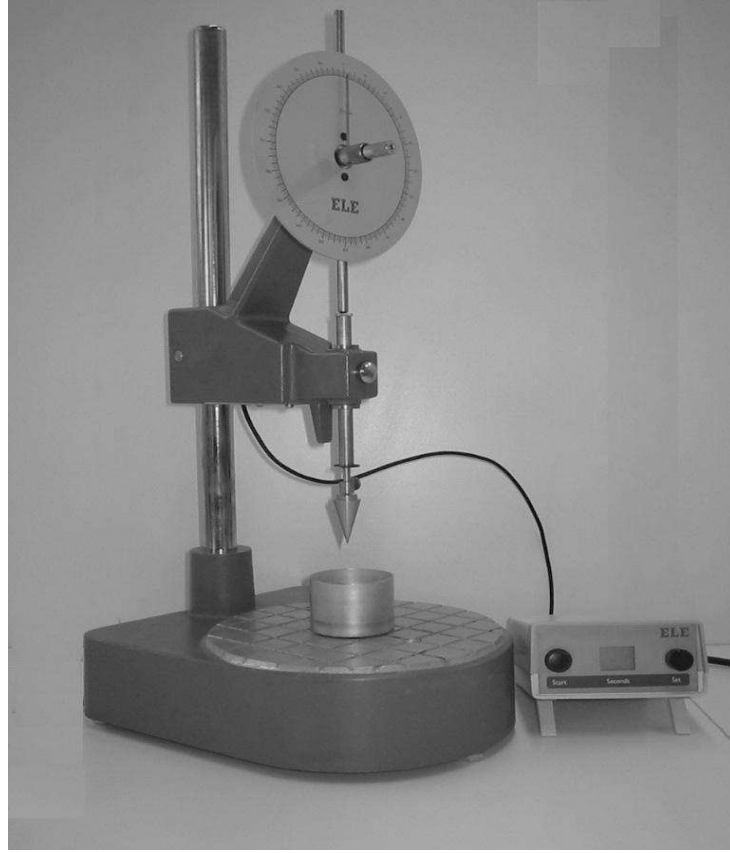
Bu çalışmada değişik bölgelerden alınmış ve likit limiti 42.2 – 97.8 arasında değişen 10 adet doğal zemin numunesi kullanılmıştır. Bu zeminlerin alındıkları bölgeler ve görsel tanımlamaları aşağıdaki Çizelge 3.1’de sunulduğu gibidir.

Çizelge 3.1. Zemin numunelerinin alındıkları bölgeler ve görsel tanımlamaları

Numune adı	Alındığı yer	Görsel tanımlaması
Numune – 1	Kazan / Ankara	Açık gri, siltli
Numune – 2	Kazan / Ankara	Açık gri, siltli
Numune – 3	Kazan / Ankara	Açık gri, siltli
Numune – 4	Kazan / Ankara	Açık gri, siltli
Numune – 5	ATO inşaatı / Eskişehir yolu	Kırmızı renkli, killi
Numune – 6	Bilkent Kavşağı / Eskişehir yolu	Beyazımsı, gri renkli, killi
Numune – 7	Düzce	Sarımsı, açık kahverengi
Numune – 8	Afet İşleri Gen. Müd. Yanı / Esk. yolu	Kırmızı renkli, killi
Numune – 9	Mamak	Siyahımsı, koyu gri, killi
Numune – 10	Solfasol	Pembemsi, kahverenkli

Likit limitin belirlenmesinde kullanılan koni batma cihazı BS 1377: Part 2: 4.3 (1990)’a uygun olup Resim 3.1’de görüldüğü gibidir. Adı geçen cihaz koni batma miktarını 0.1 mm hassasiyetle ölçebilmekte ve batma süresini (5 sn) dijital kontrol paneli ile otomatik olarak ayarlayabilmektedir.

Numunelerin 0.075 mm (No.200)’ye kadar olan kısımlarının tane büyüklüğü dağılım analizleri ASTM elekleri kullanılarak, 0.075 mm’den küçük olanlar ise lazer kırınım cihazı ile belirlenmiştir. Kullanılan lazer kırınım cihazı Malvern Master SizerX modeli olup odak uzaklığı 45 mm olan mercek ile 80 – 0.1 μ m aralığındaki taneleri ölçebilmektedir. Bu cihazın bir fotoğrafı ise Resim 3.2’de görülmektedir.



Resim 3.1. Koni batma likit limit cihazı ve dijital kontrol paneli (1)



Resim 3.2. Malvern Master SizerX lazer kırınım cihazı (Gazi Ünv. Tekn. Eğt. Fak. Yapı Eğt. Böl.)

3.2. Yöntem

Araziden alınarak laboratuvar ortamına getirilen numuneler bir tepsi içerisine konularak 60 °C etüvde kurutulduktan sonra bölgeç yardımı ile iki kısma ayrılmıştır. Bir kısmı tane büyüklüğü dağılım analizi için, diğer kısmı ise likit limit deneyleri için alınmıştır. Tane büyüklüğü dağılım analizi için izlenen yol daha sonra anlatılacaktır. Likit limit deneyleri için alınan malzeme bölgeç yardımı ile tekrar iki kısma ayrılmış, bunlardan bir kısmı “kuru elemeye” diğer kısmı ise “ıslak elemeye” tabi tutularak likit limit deneyine hazır hale getirilmiştir. Numuneleri hazırlamak için uygulanan kuru ve ıslak eleme yöntemlerinin detayları aşağıda anlatıldığı gibidir.

3.2.1. Kuru eleme yöntemi

60 °C etüvde iyice kurutulmuş olan numune bir tepsi içerisine konulup lastik tokmak yardımı ile birbirine yapışarak oluşmuş zemin topakları ezilerek ufalanmış ve daha sonra No.40 (0.425 mm) elekten elenmiştir. Koni batma likit limit + plastik limit deneyleri için No.40 elekten geçmiş en az 250 g malzeme gerekmektedir. Eğer eleme sonucunda eleğin altına geçen malzeme miktarı 250 g dan az değilse bir sonraki aşamaya geçilmiştir. Eleğin altına geçen malzemenin 250 gramdan az olduğu durumlarda ise eleğin üzerinde kalan malzeme tekrar tepsiye boşaltılmış ve lastik tokmakla bir müddet daha ezilmiştir. Bu malzemenin elenmesi ile elde edilen elek altı malzeme bir önceki aşamada elde edilen malzeme ile birleştirilmiştir. No.40 elekten geçen 250 g malzeme elde edilinceye kadar bu işlem tekrar edilmiştir. Ezme esnasında bireysel tanelerin kırılıp ufalanmaması için ezme işleminde çekiç vb sert cisimler kesinlikle kullanılmamış, lastik tokmak da aynı sebepten ötürü son derece dikkatli bir şekilde kullanılmıştır. Hassas numunelerde tokmakla darbe uygulamak yerine numunenin üzerine bastırıp dairesel hareketler uygulama yolu takip edilmiştir. Böylece elde edilen numune karıştırma kabının içerisine alınıp içerisine belli bir miktar damıtık su ilave edilerek karıştırma spatulası ile homojen bir kıvam elde edilinceye kadar

iyice karıştırılmıştır. Numunenin nihai kıvamı koni batma cihazında yaklaşık 15 mm batma elde edilecek şekilde ayarlanmış, numuneye ilave edilen su miktarı da bu kritere göre belirlenmiştir. Kıvamı ayarlanan numunenin ilave edilen suyu tam olarak absorbe etmesi ve homojen bir kıvam oluşturması için bir gece boyu (yaklaşık 16 saat) hava sızdırmayan nem kabı içerisinde bekletilmiştir. BS 1377: Part 2: paragraf 4.2.4 (1990) ve ASTM D 4318 (2000), paragraf 10.1.1'de önerilen bu uygulamaya "kür" adı verilmektedir. Kür işleminin sonunda numune deneye hazır hale getirilmiş olmaktadır.

3.2.2. Islak eleme yöntemi

Islak eleme için ayrılan orijinal numune derin bir tepsinin içerisine boşaltılarak üzerine numunenin üstünü örtecek kadar damıtık su ilave edilmiştir. Suyun etkisi ile zemin topraklarının yumuşaması ve/veya dağılması için en az bir gece boyu (yaklaşık 16 saat) bu şekilde bekletilmiştir. Daha sonra küçük bir plastik kovanın üzerine No.40 elek yerleştirilerek su içerisinde bekletilmiş numune eleğin üzerine boşaltılmış ve yine damıtık su kullanılarak elekten geçirilmiştir. Eleğin üzerinde No.40 elekten geçebilecek hiçbir zemin tanesi kalmayınca kadar yıkama işlemine devam edilmiştir. Ancak bu sırada eleğin altında bulunan kovanın taşmaması için mümkün olduğunca az su kullanılmaya gayret edilmiştir. Böylece zemin numunesi No.40 elekten yıkanarak elenmiş olmaktadır. Eleme işleminin sonucunda eleğin üzerinde kalan malzeme atılmıştır. Eleğin altına geçen su ile karışmış haldeki malzeme ise, zemin tanelerinin tamamen dibe çökmesi için yine bir gece boyu (yaklaşık 16 saat) bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda zemin pastasının üzerindeki temiz su kütlesi sifonlama yolu ile tahliye edilmiştir. Sifonlama esnasında su ile birlikte zemin tanelerinin de atılmaması için son derece dikkatli olunmuştur. Sifonlama sonunda kovanın dibinde kalan yüksek su içeriğine sahip zemin pastasının likit limit deneyine uygun kıvama getirilmesi için 60 °C etüve konularak fazla suyun buharlaşması sağlanmıştır. Ancak bu sırada numunenin sadece üst yüzeyinin kuruyup alt kısmının ıslak kalmasını yani kısmi kurumayı önlemek için numune sık sık kontrol edilmiş ve spatula ile karıştırılmıştır. Numunenin kıvamı, koni batma cihazında yaklaşık 15

mm'lik batma oluşturacak düzeye gelinceye kadar yukarıda anlatıldığı şekilde kurutmaya devam edilmiştir. Kıvamı uygun hale gelen numune etüvden çıkartılarak soğuması için bir müddet Laboratuvar ortamında bekletilmiş ve daha sonra yine kıvamın homojen olmasını sağlamak için iyice karıştırılmıştır. Bu şekilde hazırlanan numune karıştırma kabına aktarılmıştır. Bu numune zaten uzun süre su içerisinde beklemiş olduğundan ayrıca k r işlemine tabi tutulmamıştır. Böylece numune likit limit deneyine hazır hale getirilmiş olmaktadır.

3.2.3. Koni batma likit limit deneyinin yapılışı

Likit limit deneyinin yapılmasında tamamen BS 1377: Part 2: paragraf 4.3 (1990)'da belirtilen esaslara uyulmuştur. Bu esaslar dahilinde yapılan işlemler aşağıda kısaca aşamalar halinde anlatılmıştır.

- (i) Numune, hava boşluğu bırakmayacak şekilde dikkatli bir şekilde deney kabına yerleştirilmiş ve üzeri spatula ile düzeltilmiştir.
- (ii) Deney kabı, koni batma cihazında yerine yerleştirilmiş ve koninin ucu numunenin yüzeyine temas edecek şekilde aşağıya doğru indirilmiştir. Koni ucunun numune yüzeyini belli belirsiz bir şekilde çizmesi temas ettiğinin bir göstergesidir.
- (iii) Batma miktarını ölçen ibre ve şaft sıfır okumasını gösterecek şekilde ayarlanmıştır.
- (iv) Batma süresini ayarlayan dijital kontrol paneli, batma süresi 5 sn olacak şekilde ayarlanmıştır.
- (v) “Start” düğmesine basılarak koni serbest bırakılmıştır. Böylece şaftı ile birlikte toplam 80 g ağırlığındaki koni numune içerisine batmaya bırakılmıştır.

- (vi) 5 sn sonra kontrol paneli koniyi otomatik olarak kilitlemekte ve artık hareket etmesine izin vermemektedir. Bu aşamada ölçme ibresi ile koninin zemin numunesine kaç mm battığı 0.1 mm hassasiyetle ölçülmüş ve deney formuna kaydedilmiştir.
- (vii) Daha sonra, bir önceki batma noktasından ve kabın kenarlarında en az 12 mm uzakta olacak şekilde ikinci bir noktaya madde (ii) – (vi) arasında anlatılan işlemler tekrar edilerek bir batma daha uygulanmıştır.
- (viii) İki batma miktarı arasındaki fark 0.5 mm'den az ise iki batma miktarının aritmetik ortalaması alınarak ortalama batma miktarı olarak 0.1 mm hassasiyetle deney formuna kaydedilmiş ve bir sonraki aşamaya geçilmiştir.
- (ix) İki batma miktarı arasındaki fark 0.5 – 1.0 mm arasında olduğunda madde (vii)'da belirtilen kurala uyarak üçüncü bir batma daha gerçekleştirilmiştir.
- (x) Üç batma miktarının herhangi ikisi arasındaki fark 1 mm'den küçük ise üçünün de aritmetik ortalaması alınıp, deney formuna ortalama batma miktarı olarak kaydedilmiş ve bir sonraki aşamaya geçilmiştir.
- (xi) Herhangi iki batma arasındaki fark 1 mm'den fazla olduğunda ise, numunenin homojen karıştırılmadığı veya deney kabına iyi yerleştirilmediğinden dolayı deneyin bu aşaması iptal edilip numune deney kabından çıkartılmış, karıştırma kabına alınmış, iyice karıştırılmış ve madde (i) ile (x) arasında anlatılan işlemler tekrar edilmiştir.

- (xii) Bir sonraki aşama, numuneden su içeriği örneği almaktır. Konilerin batırıldığı bölgelerden spatulanın ucu ile yaklaşık 20 g kadar numune alınarak numarası ve ağırlığı deney formuna kaydedilmiş olan su içeriği kabına aktarılmış ve kapla birlikte 0.1 g hassasiyetle tartılarak “kap+yaş numune ağırlığı” olarak deney formuna kaydedilmiştir.
- (xiii) Böylece likit limit akma eğrisinin oluşturulabilmesi için bir nokta elde edilmiş olmaktadır. Aynı işlemler tekrar edilerek en az dört nokta elde edilmiştir. Buna “su içeriği-batma miktarı” veri çiftinden oluşan 4 nokta da denilebilir.
- (xiv) Bu 4 noktada batma miktarları yaklaşık 15 – 25 mm veya 10 – 30 mm arasında kalacak şekilde ayarlanmıştır.
- (xv) Elde edilen noktalar, yatay ekseninde su içeriği, düşey ekseninde batma miktarı olan bir grafik üzerinde işaretlenerek akma doğrusu çizilmiştir. Su içeriği hesaplamaları ve grafikler exel bilgisayar programı kullanılarak hazırlanmıştır.
- (xvi) Batma miktarı ekseninde 20 mm’den çıkan yatay doğrunun, akma doğrusunu kestiği noktadan düşey olarak inilen dikmenin su içeriği eksenini kestiği noktadan okunan değer o zeminin likit limiti olarak belirlenmiştir.

Bütün zemin numunelerinin likit limiti yukarıda maddeler halinde anlatılan işlemler uygulanarak belirlenmiştir.

3.2.4. Plastik limit deneyinin yapılışı

Plastik limit deneyinde ASTM D 4318 (2000) ve BS 1377: Part 2: paragraf 5.3 (1990)’da belirtilen esaslar arasında deneyin sonucunu etkileyebilecek

ciddi bir farklılık bulunmadığından takip edilen yol her iki standarda da uygun düşmektedir. Buna göre plastik limit deneyinin yapılmasında izlenen yol şöyledir; likit limit deneyi için kuru eleme yöntemi ile hazırlanan numune kür işleminden geçtikten sonra 20-30 g kadarlık bir kısmı alınmış ve plastik limit deneyi için uygun kıvama gelinceye kadar Laboratuvar ortamında bekletilerek kuruması sağlanmış, bu esnada sık sık kontrol edilerek yüzeysel kurumaya izin verilmemiştir. Uygun kıvama gelen numune önce avuç içinde sıkılarak bir top haline getirilmiş, daha sonra temiz ve kuru bir cam levha üzerinde el ayası ve parmaklar ile yuvarlanarak ince bir çubuk haline getirilmiştir. Çubuk çapı 3 mm'ye indiğinde zeminde kırılıp dağılmalar ve parçalanmalar meydana gelmesi zeminin plastik limit kıvamında olduğunu göstermektedir. Bunun sağlandığı durumlarda zeminin kırılan dağılan parçaları toplanarak numarası ve ağırlığı deney formuna kaydedilmiş olan su içeriği kabına aktarılmış ve kapla birlikte 0.1 g hassasiyetle tartılarak "kap+yaş numune ağırlığı" olarak deney formuna kaydedilmiştir. Bu numunenin 110 °C etüvde kurumuş ağırlığı da alınarak hesaplanan su içeriği o zeminin plastik limiti olarak değerlendirilmiştir.

3.2.5. Numunelerin tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi

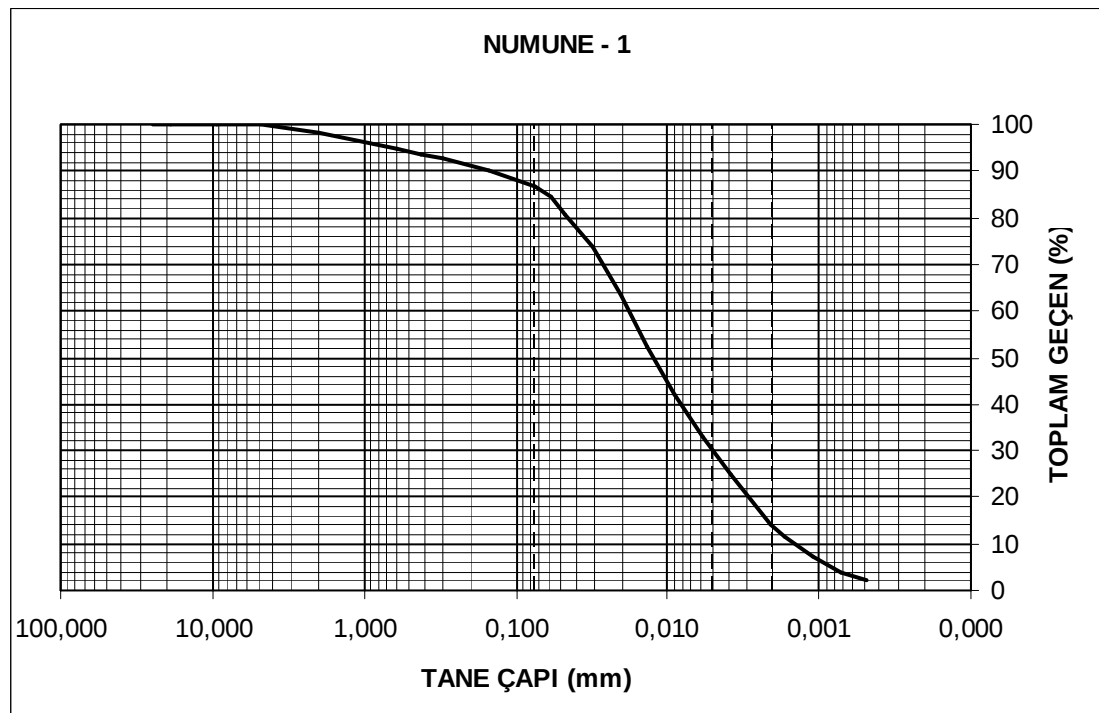
Zemin numunelerinin 0.075 mm'ye (No.200 elek) kadar olan kısımlarının tane büyüklüğü dağılımı (15)'e uygun olarak elek analizi yöntemi ile, 0.075 mm'den küçük olan kısımlarının tane büyüklüğü dağılımı ise ISO (16)'ya göre lazer kırınım analizi ile belirlenmiştir.

4. DENEYSEL BULGULAR

Üzerinde çalışılan 10 adet zemin numunesinin tane büyüklüğü dağılım analizi sonuçları aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Numune – 1'in tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları

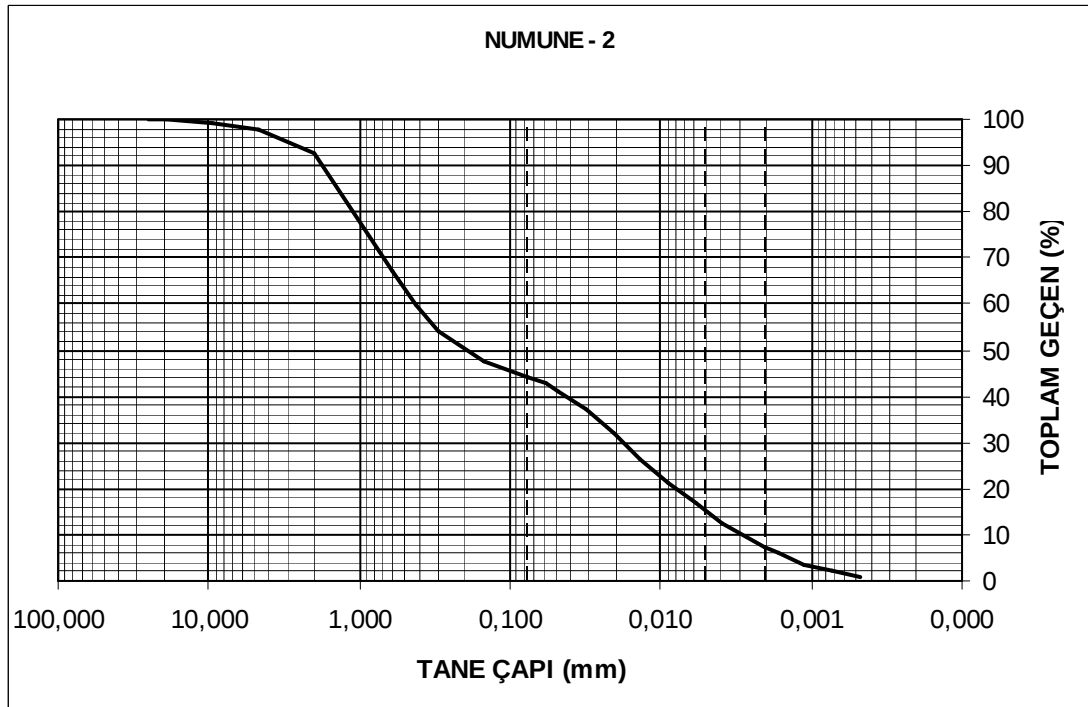
Deneye alınan toplam numune ağırlığı = 383,6 g						
ELEK ANALİZİ					LAZER KIRINIM ANALİZİ	
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan ağırlık	Toplam geçen ağırlık	Toplam geçen (%)	Tane çapı (mm)	Toplam geçen (%)
1 inç	25,0	0,0	383,6	100,0	0,0585	84,4
3/4 inç	19,0	0,0	383,6	100,0	0,0475	80,8
3/8 inç	9,50	0,0	383,6	100,0	0,0206	63,3
No:4	4,75	0,7	382,9	99,8	0,0136	52,3
No:10	2,00	5,3	377,6	98,4	0,0089	42,2
No:30	0,600	13,5	364,1	94,9	0,0059	33,1
No:40	0,425	4,4	359,7	93,8	0,0039	24,8
No:50	0,300	4,0	355,7	92,7	0,0021	14,4
No:100	0,150	10,2	345,5	90,1	0,0011	7,1
No:200	0,075	13,2	332,3	86,6	0,0007	4,0



Şekil 4.1. Numune – 1'in tane büyüklüğü dağılım eğrisi

Çizelge 4.2. Numune – 2'in tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları

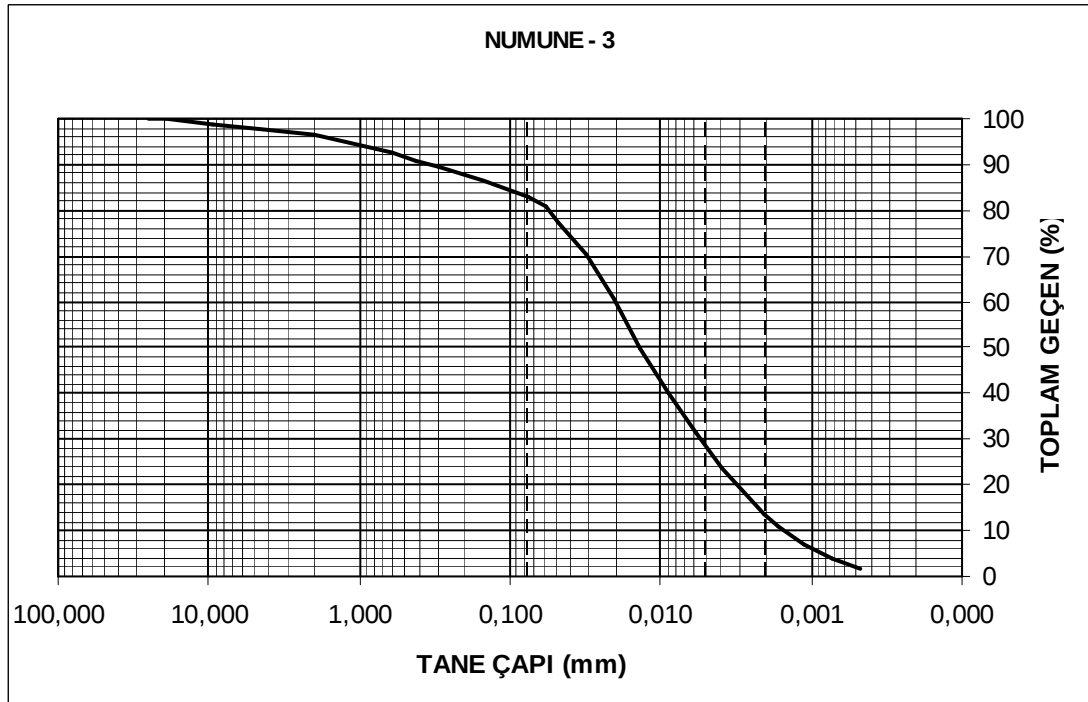
Deneye alınan toplam numune ağırlığı = 508,1 g						
ELEK ANALİZİ					LAZER KIRINIM ANALİZİ	
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan ağırlık	Toplam geçen ağırlık	Toplam geçen (%)	Tane çapı (mm)	Toplam geçen (%)
1 inç	25,0	0,0	508,1	100,0	0,0585	42,9
3/4 inç	19,0	0,0	508,1	100,0	0,0475	41,0
3/8 inç	9,50	3,7	504,4	99,3	0,0206	32,1
No:4	4,75	6,7	497,7	98,0	0,0136	26,5
No:10	2,00	26,2	471,5	92,8	0,0089	21,4
No:30	0,600	130,5	341,0	67,1	0,0059	16,8
No:40	0,425	38,3	302,7	59,6	0,0039	12,6
No:50	0,300	28,4	274,3	54,0	0,0021	7,3
No:100	0,150	33,3	241,0	47,4	0,0011	3,6
No:200	0,075	17,6	223,4	44,0	0,0007	2,0



Şekil 4.2. Numune – 2'in tane büyüklüğü dağılım eğrisi

Çizelge 4.3. Numune – 3'ün tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları

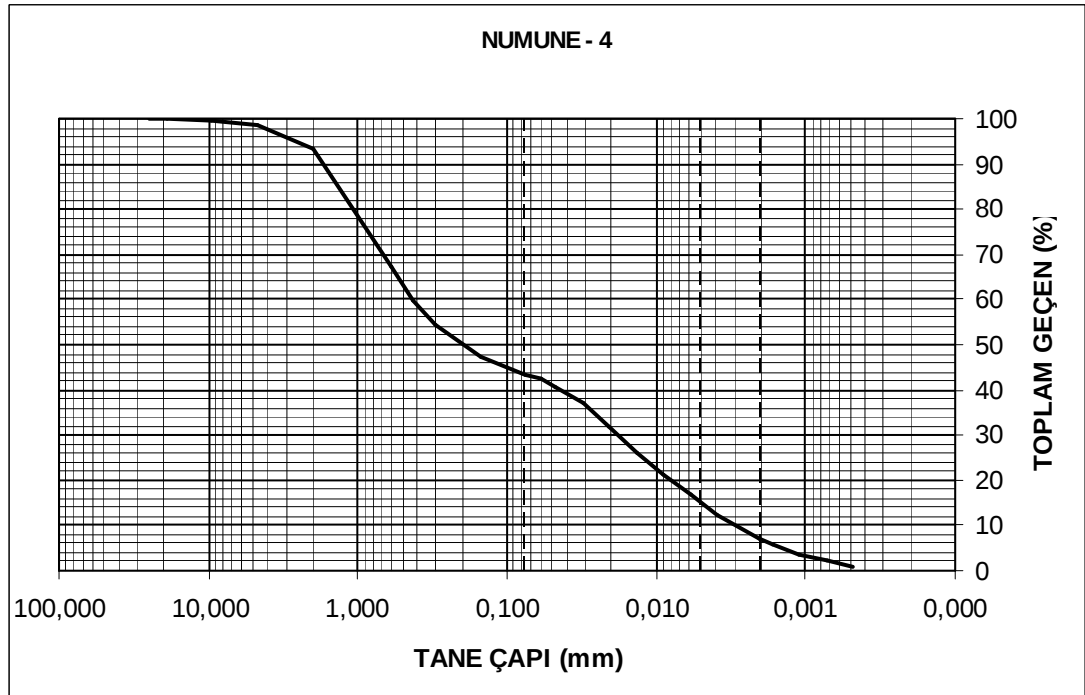
Deneye alınan toplam numune ağırlığı = 395,2 g						
ELEK ANALİZİ					LAZER KIRINIM ANALİZİ	
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan ağırlık	Toplam geçen ağırlık	Toplam geçen (%)	Tane çapı (mm)	Toplam geçen (%)
1 inç	25,0	0,0	395,2	100,0	0,0585	80,7
3/4 inç	19,0	0,0	395,2	100,0	0,0475	77,2
3/8 inç	9,50	6,0	389,2	98,5	0,0206	60,5
No:4	4,75	1,9	387,3	98,0	0,0136	50,0
No:10	2,00	5,2	382,1	96,7	0,0089	40,3
No:30	0,600	16,0	366,1	92,6	0,0059	31,6
No:40	0,425	6,3	359,8	91,0	0,0039	23,7
No:50	0,300	5,9	353,9	89,5	0,0021	13,7
No:100	0,150	11,6	342,3	86,6	0,0011	6,8
No:200	0,075	15,2	327,1	82,8	0,0007	3,8



Şekil 4.3. Numune – 3'ün tane büyüklüğü dağılım eğrisi

Çizelge 4.4. Numune – 4'ün tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları

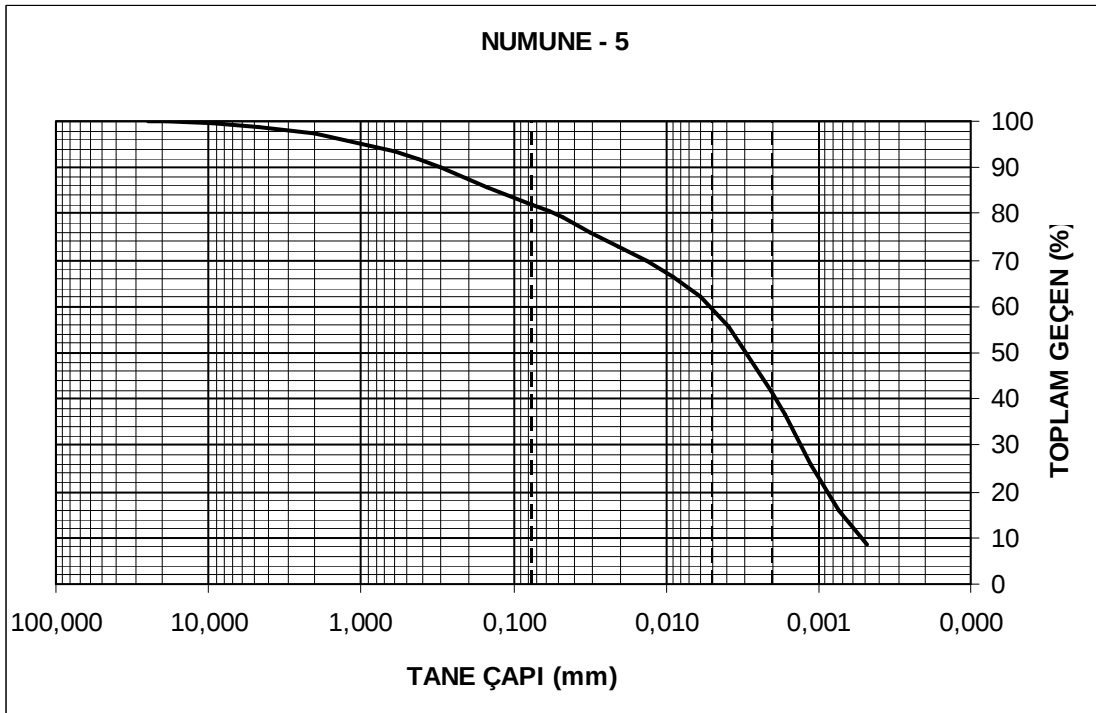
Deneye alınan toplam numune ağırlığı = 501,3 g						
ELEK ANALİZİ					LAZER KIRINIM ANALİZİ	
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan ağırlık	Toplam geçen ağırlık	Toplam geçen (%)	Tane çapı (mm)	Toplam geçen (%)
1 inç	25,0	0,0	501,3	100,0	0,0585	42,4
3/4 inç	19,0	0,0	501,3	100,0	0,0475	40,6
3/8 inç	9,50	1,8	499,5	99,6	0,0206	31,8
No:4	4,75	3,9	495,6	98,9	0,0136	26,3
No:10	2,00	26,7	468,9	93,5	0,0089	21,2
No:30	0,600	131,4	337,5	67,3	0,0059	16,6
No:40	0,425	37,5	300,0	59,8	0,0039	12,4
No:50	0,300	27,5	272,5	54,4	0,0021	7,2
No:100	0,150	35,3	237,2	47,3	0,0011	3,6
No:200	0,075	19,2	218,0	43,5	0,0007	2,0



Şekil 4.4. Numune – 4'ün tane büyüklüğü dağılım eğrisi

Çizelge 4.5. Numune – 5'in tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları

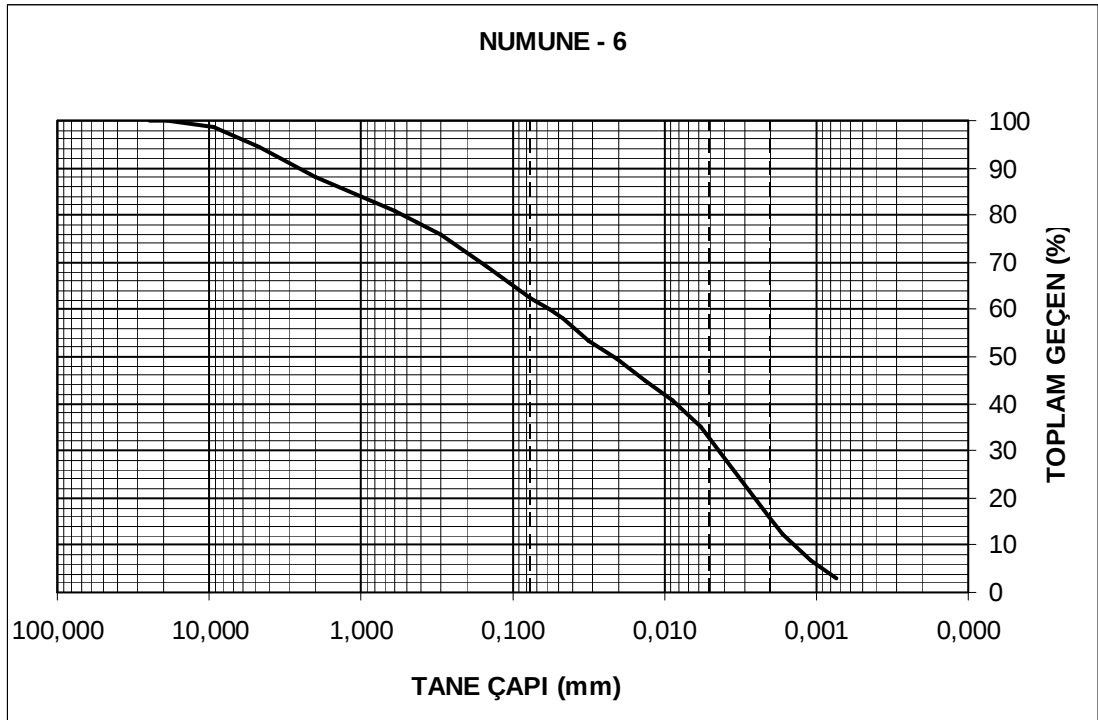
Deneye alınan toplam numune ağırlığı = 284,0 g						
ELEK ANALİZİ					LAZER KIRINIM ANALİZİ	
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan ağırlık	Toplam geçen ağırlık	Toplam geçen (%)	Tane çapı (mm)	Toplam geçen (%)
1 inç	25,0	0,0	284,0	100,0	0,0585	80,8
3/4 inç	19,0	0,0	284,0	100,0	0,0475	79,2
3/8 inç	9,50	1,4	282,6	99,5	0,0206	73,0
No:4	4,75	2,6	280,0	98,6	0,0136	69,9
No:10	2,00	4,4	275,6	97,0	0,0089	66,4
No:30	0,600	10,2	265,4	93,5	0,0059	61,9
No:40	0,425	4,9	260,5	91,7	0,0039	55,6
No:50	0,300	5,1	255,4	89,9	0,0021	42,0
No:100	0,150	12,1	243,3	85,7	0,0011	25,7
No:200	0,075	11,2	232,1	81,7	0,0007	16,1



Şekil 4.5. Numune – 5'in tane büyüklüğü dağılım eğrisi

Çizelge 4.6. Numune – 6'nın tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları

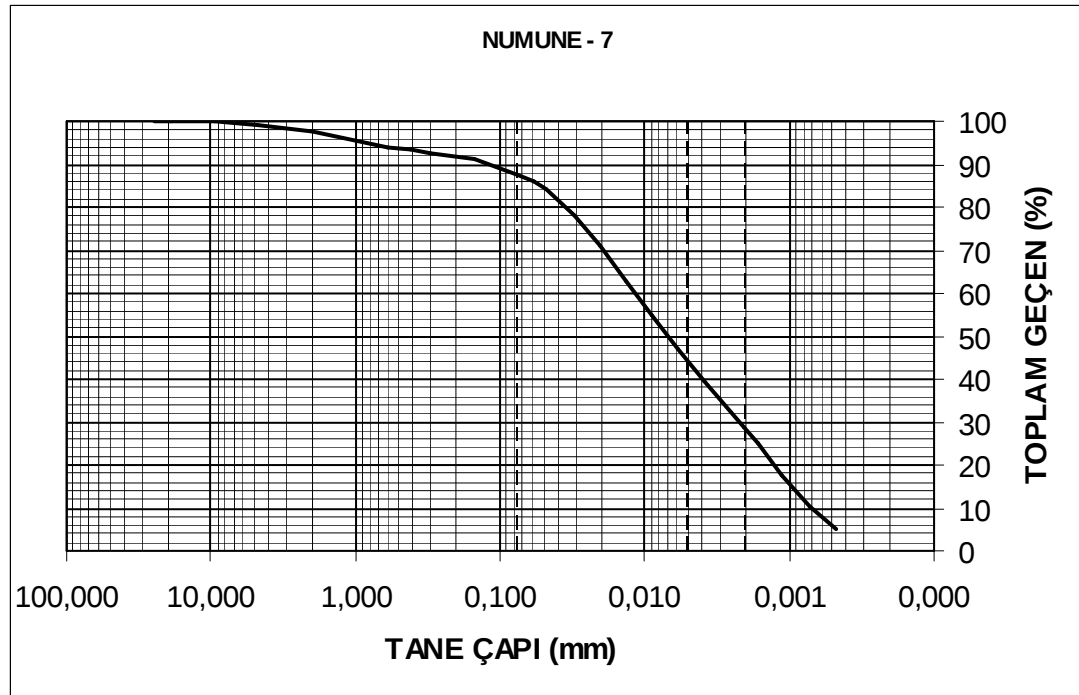
Deneye alınan toplam numune ağırlığı = 362,0 g						
ELEK ANALİZİ					LAZER KIRINIM ANALİZİ	
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan ağırlık	Toplam geçen ağırlık	Toplam geçen (%)	Tane çapı (mm)	Toplam geçen (%)
1 inç	25,0	0,0	362,0	100,0	0,0585	60,2
3/4 inç	19,0	0,0	362,0	100,0	0,0475	58,1
3/8 inç	9,50	5,2	356,8	98,6	0,0206	49,4
No:4	4,75	12,4	344,4	95,1	0,0136	45,1
No:10	2,00	22,1	322,3	89,0	0,0089	40,5
No:30	0,600	26,1	296,2	81,8	0,0059	35,1
No:40	0,425	9,4	286,8	79,2	0,0039	28,2
No:50	0,300	9,0	277,8	76,7	0,0021	16,1
No:100	0,150	24,5	253,3	70,0	0,0011	6,7
No:200	0,075	25,8	227,5	62,8	0,0007	3,2



Şekil 4.6. Numune – 6'nın tane büyüklüğü dağılım eğrisi

Çizelge 4.7. Numune – 7'nin tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları

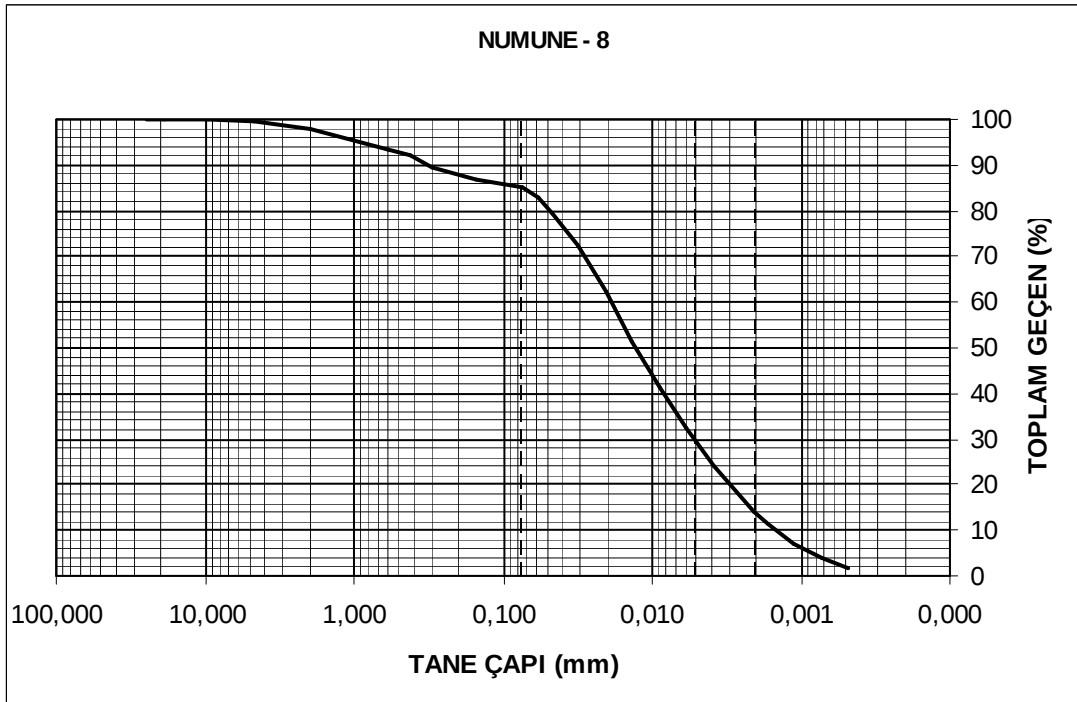
Deneye alınan toplam numune ağırlığı = 297,0 g						
ELEK ANALİZİ					LAZER KIRINIM ANALİZİ	
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan ağırlık	Toplam geçen ağırlık	Toplam geçen (%)	Tane çapı (mm)	Toplam geçen (%)
1 inç	25,0	0,0	297,0	100,0	0,0585	86,0
3/4 inç	19,0	0,0	297,0	100,0	0,0475	84,0
3/8 inç	9,50	0,0	297,0	100,0	0,0206	71,1
No:4	4,75	2,5	294,5	99,2	0,0136	62,8
No:10	2,00	4,7	289,8	97,6	0,0089	54,7
No:30	0,600	10,5	279,3	94,0	0,0059	47,0
No:40	0,425	2,2	277,1	93,3	0,0039	39,6
No:50	0,300	1,7	275,4	92,7	0,0021	28,8
No:100	0,150	4,5	270,9	91,2	0,0011	17,6
No:200	0,075	10,9	260,0	87,5	0,0007	10,3



Şekil 4.7. Numune – 7'nin tane büyüklüğü dağılım eğrisi

Çizelge 4.8. Numune – 8'in tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları

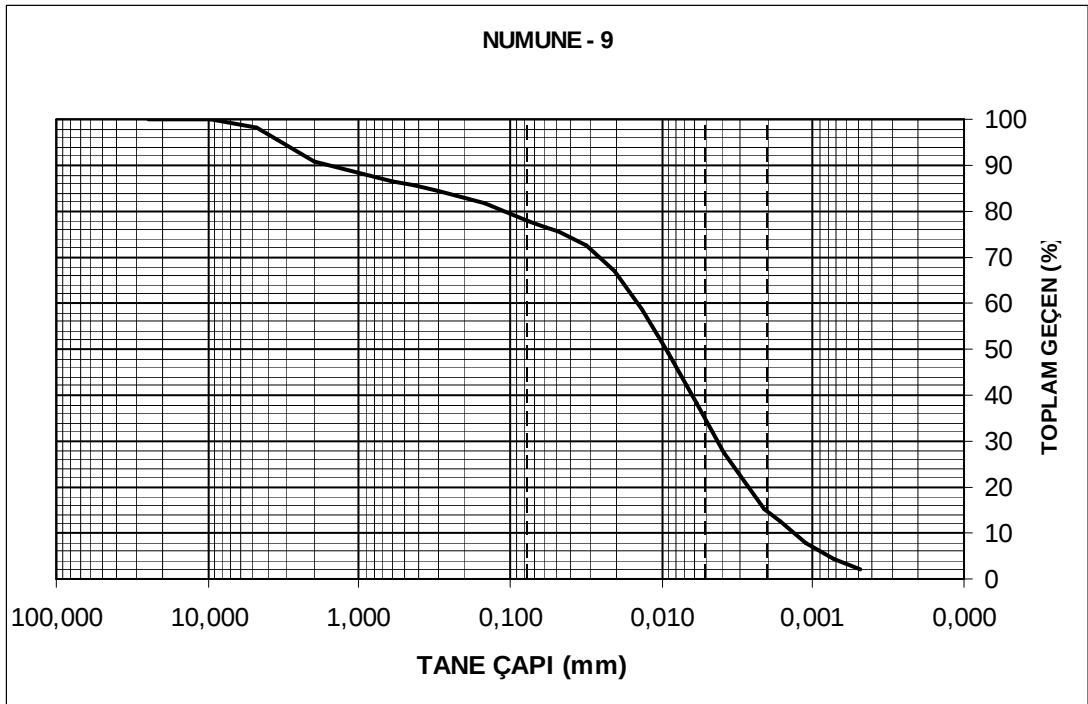
Deneye alınan toplam numune ağırlığı = 330,0 g						
ELEK ANALİZİ					LAZER KIRINIM ANALİZİ	
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan ağırlık	Toplam geçen ağırlık	Toplam geçen (%)	Tane çapı (mm)	Toplam geçen (%)
1 inç	25,0	0,0	330,0	100,0	0,0585	82,9
3/4 inç	19,0	0,0	330,0	100,0	0,0475	79,4
3/8 inç	9,50	0,0	330,0	100,0	0,0206	62,1
No:4	4,75	0,8	329,2	99,8	0,0136	51,3
No:10	2,00	6,8	322,4	97,7	0,0089	41,4
No:30	0,600	14,6	307,8	93,3	0,0059	32,5
No:40	0,425	4,4	303,4	91,9	0,0039	24,3
No:50	0,300	8,4	295,0	89,4	0,0021	14,1
No:100	0,150	7,8	287,2	87,0	0,0011	7,0
No:200	0,075	6,6	280,6	85,0	0,0007	3,9



Şekil 4.8. Numune – 8'nin tane büyüklüğü dağılım eğrisi

Çizelge 4.9. Numune – 9'un tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları

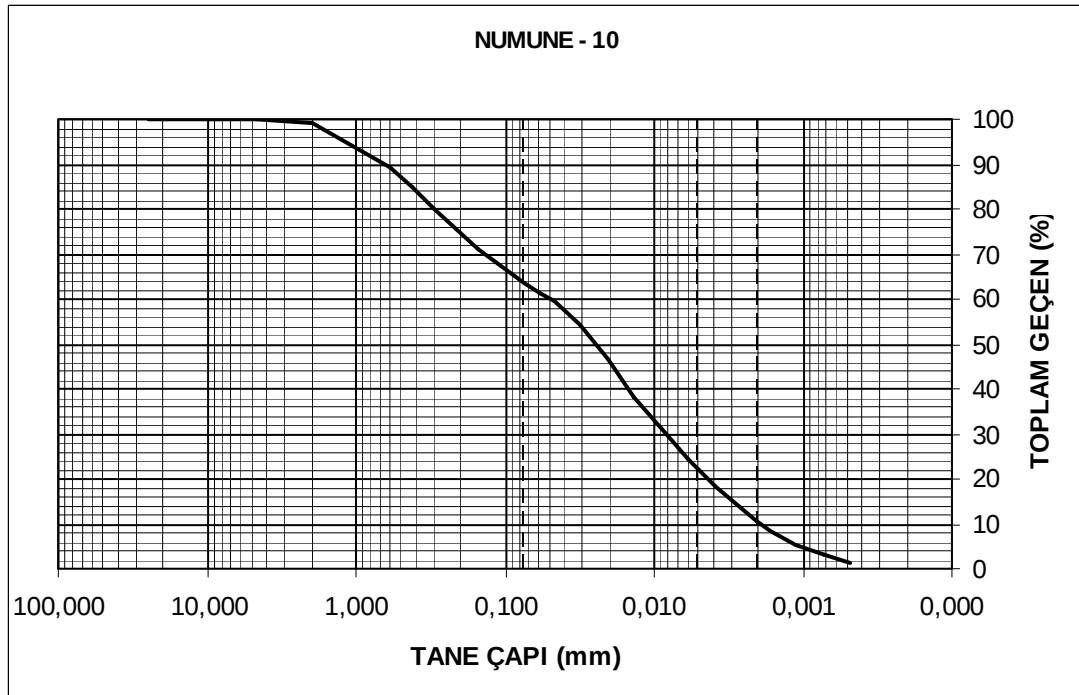
Deneye alınan toplam numune ağırlığı = 410,0 g						
ELEK ANALİZİ					LAZER KIRINIM ANALİZİ	
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan ağırlık	Toplam geçen ağırlık	Toplam geçen (%)	Tane çapı (mm)	Toplam geçen (%)
1 inç	25,0	0,0	410,0	100,0	0,0585	76,7
3/4 inç	19,0	0,0	410,0	100,0	0,0475	75,6
3/8 inç	9,50	0,0	410,0	100,0	0,0206	67,0
No:4	4,75	6,9	403,1	98,3	0,0136	58,9
No:10	2,00	29,8	373,3	91,0	0,0089	49,1
No:30	0,600	18,2	355,1	86,6	0,0059	38,2
No:40	0,425	4,2	350,9	85,6	0,0039	27,5
No:50	0,300	4,4	346,5	84,5	0,0021	15,4
No:100	0,150	11,6	334,9	81,7	0,0011	7,9
No:200	0,075	15,0	319,9	78,0	0,0007	4,3



Şekil 4.9. Numune – 9'un tane büyüklüğü dağılım eğrisi

Çizelge 4.10. Numune – 10'un tane büyüklüğü dağılım analiz sonuçları

Deneye alınan toplam numune ağırlığı = 338,3 g						
ELEK ANALİZİ					LAZER KIRINIM ANALİZİ	
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan ağırlık	Toplam geçen ağırlık	Toplam geçen (%)	Tane çapı (mm)	Toplam geçen (%)
1 inç	25,0	0,0	338,3	100,0	0,0585	61,3
3/4 inç	19,0	0,0	338,3	100,0	0,0475	59,3
3/8 inç	9,50	0,0	338,3	100,0	0,0206	46,5
No:4	4,75	0,0	338,3	100,0	0,0136	38,4
No:10	2,00	3,7	334,6	98,9	0,0089	31,0
No:30	0,600	31,9	302,7	89,5	0,0059	24,3
No:40	0,425	15,8	286,9	84,8	0,0039	18,2
No:50	0,300	15,6	271,3	80,2	0,0021	10,5
No:100	0,150	30,1	241,2	71,3	0,0011	5,2
No:200	0,075	26,1	215,1	63,6	0,0007	3,0

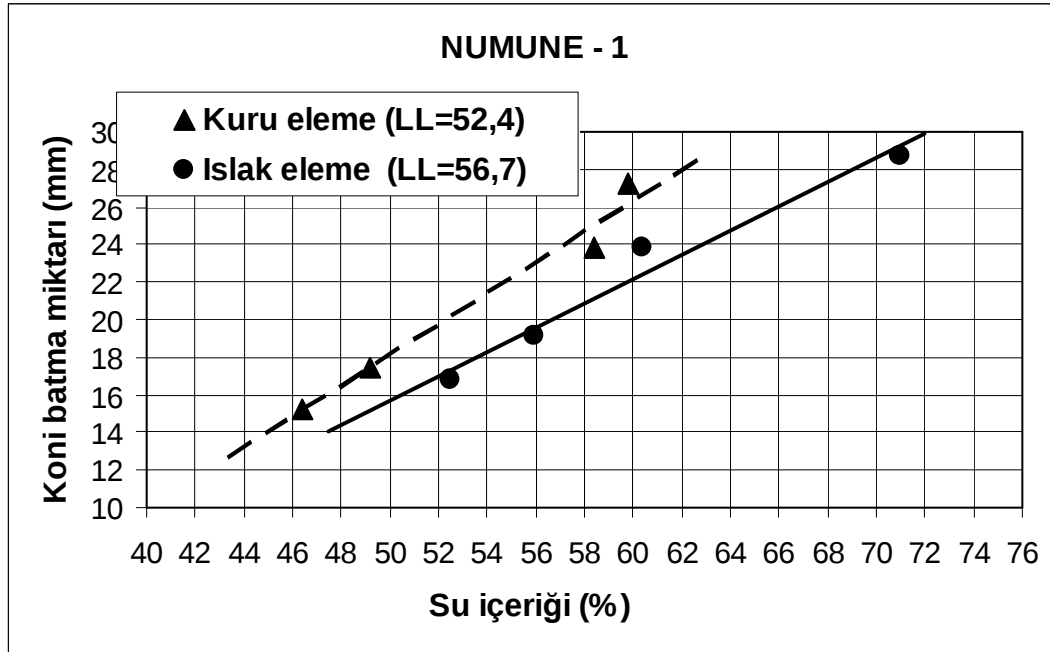


Şekil 4.10. Numune – 10'un tane büyüklüğü dağılım eğrisi

10 farklı zemin numunesi üzerinde, kuru ve ıslak eleme yöntemleri ile hazırlanarak yapılan likit limit deney sonuçları aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 4.11. Numune – 1'in "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları

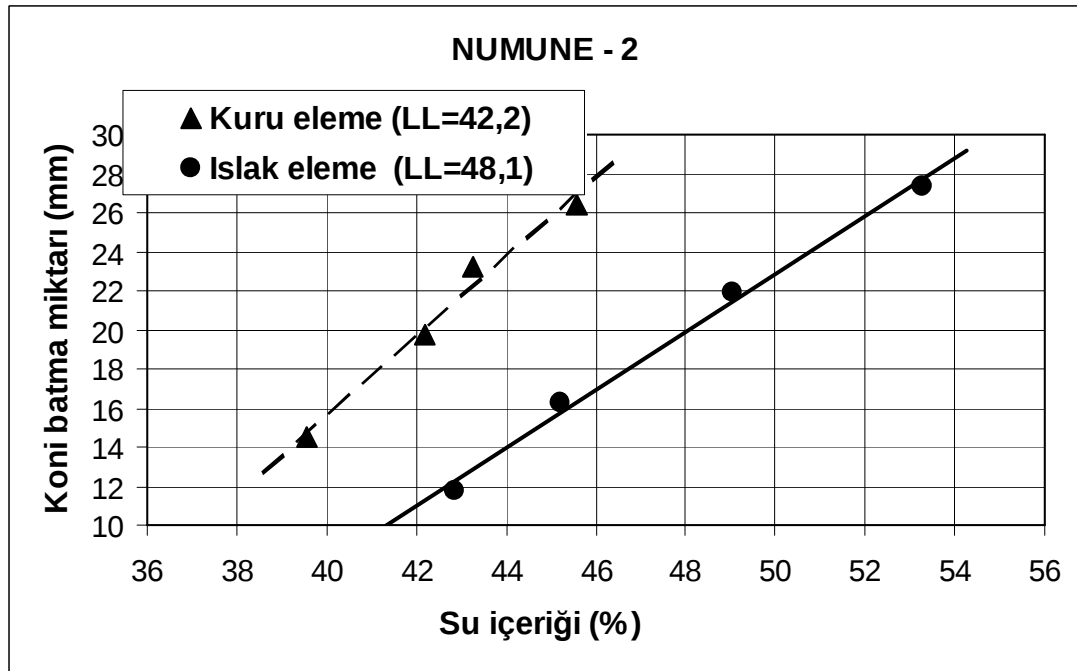
KURU ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	15,20	17,50	23,80	27,20
Kap ağırlığı	23,40	22,30	18,70	20,50
Kap + yaş num. ağırlığı	41,70	61,40	53,40	61,90
Kap + kuru num. ağırlığı	35,90	48,50	40,60	46,40
Su içeriği (%)	46,40	49,24	58,45	59,85
ISLAK ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	16,80	19,10	23,80	28,70
Kap ağırlığı	20,90	22,20	23,30	24,40
Kap + yaş num. ağırlığı	42,10	44,50	49,60	45,60
Kap + kuru num. ağırlığı	34,80	36,50	39,70	36,80
Su içeriği (%)	52,52	55,94	60,37	70,97



Şekil 4.11. Numune – 1'in "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri

Çizelge 4.12. Numune–2'nin “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları

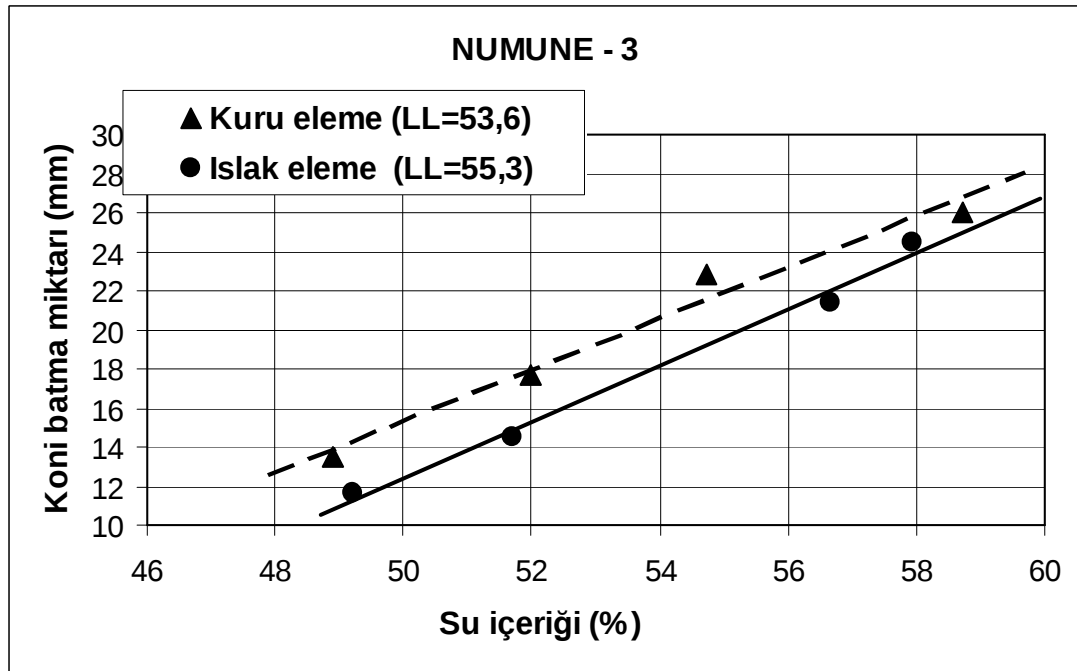
KURU ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	14,50	19,70	23,20	26,40
Kap ağırlığı	23,20	23,80	20,20	22,60
Kap + yaş num. ağırlığı	56,70	48,40	50,00	65,40
Kap + kuru num. ağırlığı	47,20	41,10	41,00	52,00
Su içeriği (%)	39,58	42,20	43,27	45,58
ISLAK ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	11,70	16,30	21,90	27,30
Kap ağırlığı	22,30	20,80	22,90	21,00
Kap + yaş num. ağırlığı	33,30	33,00	38,70	35,10
Kap + kuru num. ağırlığı	30,00	29,20	33,50	30,20
Su içeriği (%)	42,86	45,24	49,06	53,26



Şekil 4.12. Numune – 2'nin “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri

Çizelge 4.13. Numune– 3'ün “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları

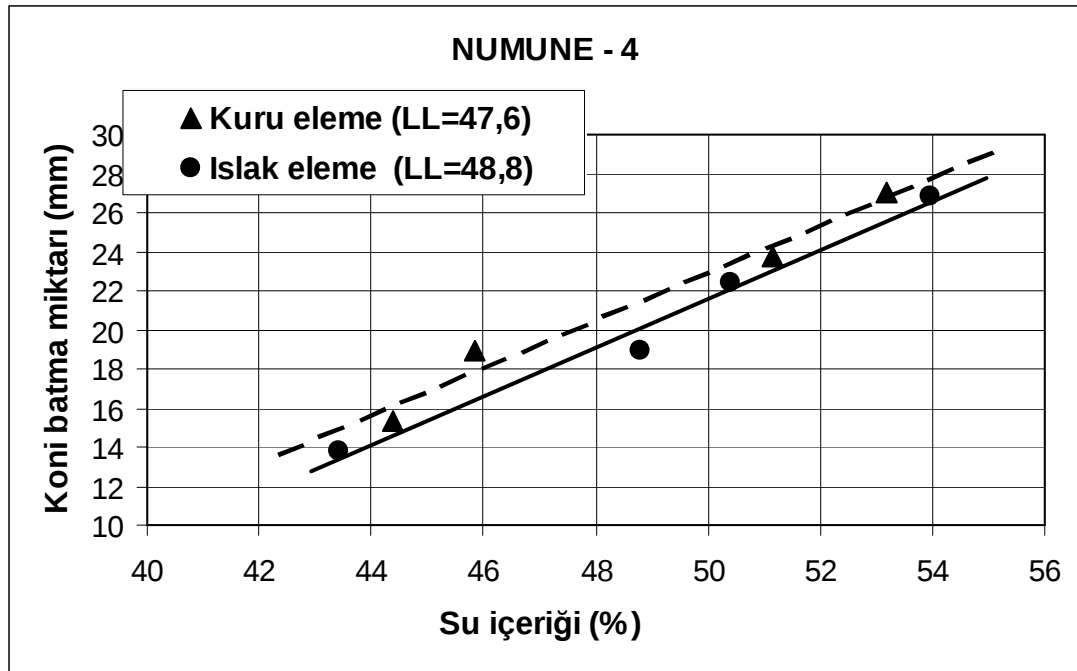
KURU ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	13,50	17,70	22,80	26,00
Kap ağırlığı	21,30	24,50	21,10	21,50
Kap + yaş num. ağırlığı	34,70	43,50	44,00	48,80
Kap + kuru num. ağırlığı	30,30	37,00	35,90	38,70
Su içeriği (%)	48,89	52,00	54,73	58,72
ISLAK ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	11,60	14,50	21,40	24,50
Kap ağırlığı	22,30	22,40	23,10	21,40
Kap + yaş num. ağırlığı	60,50	58,20	60,70	61,20
Kap + kuru num. ağırlığı	47,90	46,00	47,10	46,60
Su içeriği (%)	49,22	51,69	56,67	57,94



Şekil 4.13. Numune – 3'ün “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri

Çizelge 4.14. Numune– 4'ün “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları

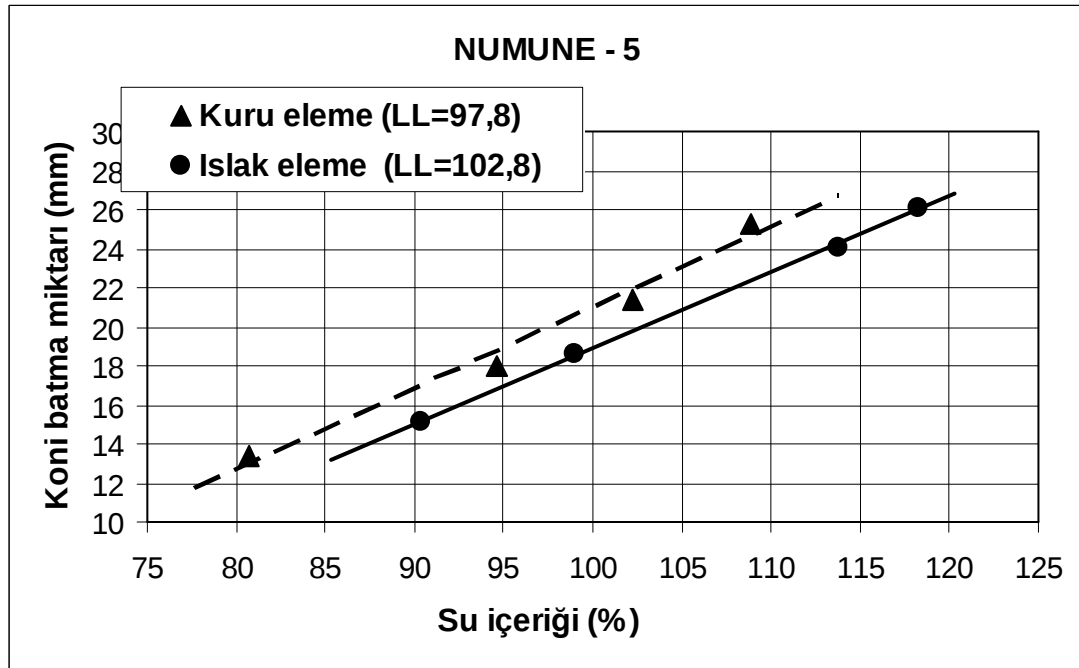
KURU ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	15,30	18,90	23,70	27,00
Kap ağırlığı	22,30	24,30	22,20	23,90
Kap + yaş num. ağırlığı	42,80	45,30	48,20	50,40
Kap + kuru num. ağırlığı	36,50	38,70	39,40	41,20
Su içeriği (%)	44,37	45,83	51,16	53,18
ISLAK ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	13,80	18,90	22,40	26,80
Kap ağırlığı	21,40	22,20	19,90	20,90
Kap + yaş num. ağırlığı	35,60	41,10	38,40	40,30
Kap + kuru num. ağırlığı	31,30	34,90	32,20	33,50
Su içeriği (%)	43,43	48,82	50,41	53,97



Şekil 4.14. Numune – 4'ün “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri

Çizelge 4.15. Numune – 5’in “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları

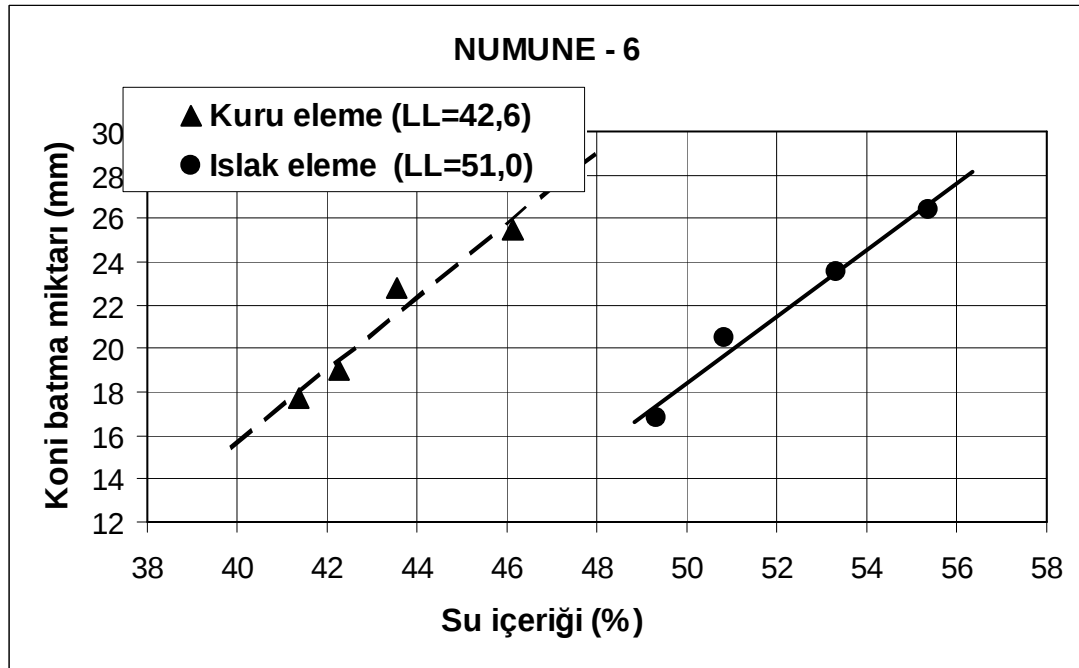
KURU ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	13,40	18,00	21,40	25,30
Kap ağırlığı	20,70	20,00	21,50	23,20
Kap + yaş num. ağırlığı	40,40	45,30	48,40	53,90
Kap + kuru num. ağırlığı	31,60	33,00	34,80	37,90
Su içeriği (%)	80,73	94,62	102,26	108,84
ISLAK ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	15,10	18,60	24,10	26,10
Kap ağırlığı	22,10	21,30	19,85	22,60
Kap + yaş num. ağırlığı	43,80	41,60	45,40	58,84
Kap + kuru num. ağırlığı	33,50	31,50	31,80	39,20
Su içeriği (%)	90,35	99,02	113,81	118,31



Şekil 4.15. Numune – 5’in “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri

Çizelge 4.16. Numune-6'nın "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları

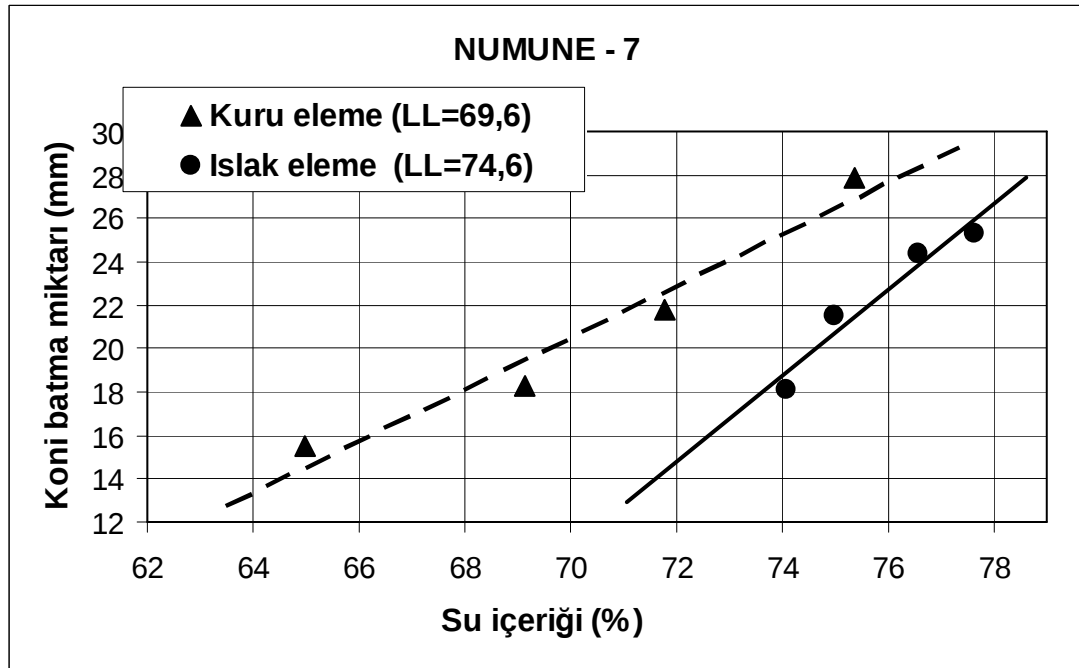
KURU ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	17,70	19,00	22,80	25,50
Kap ağırlığı	18,30	22,30	20,90	19,80
Kap + yaş num. ağırlığı	38,80	39,80	46,60	48,30
Kap + kuru num. ağırlığı	32,80	34,60	38,80	39,30
Su içeriği (%)	41,38	42,28	43,58	46,15
ISLAK ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	16,80	20,50	23,50	26,40
Kap ağırlığı	21,00	22,50	23,50	24,30
Kap + yaş num. ağırlığı	65,80	67,90	72,10	70,60
Kap + kuru num. ağırlığı	51,00	52,60	55,20	54,10
Su içeriği (%)	49,33	50,83	53,31	55,37



Şekil 4.16. Numune – 6'nın "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri

Çizelge 4.17. Numune-7'nin "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları

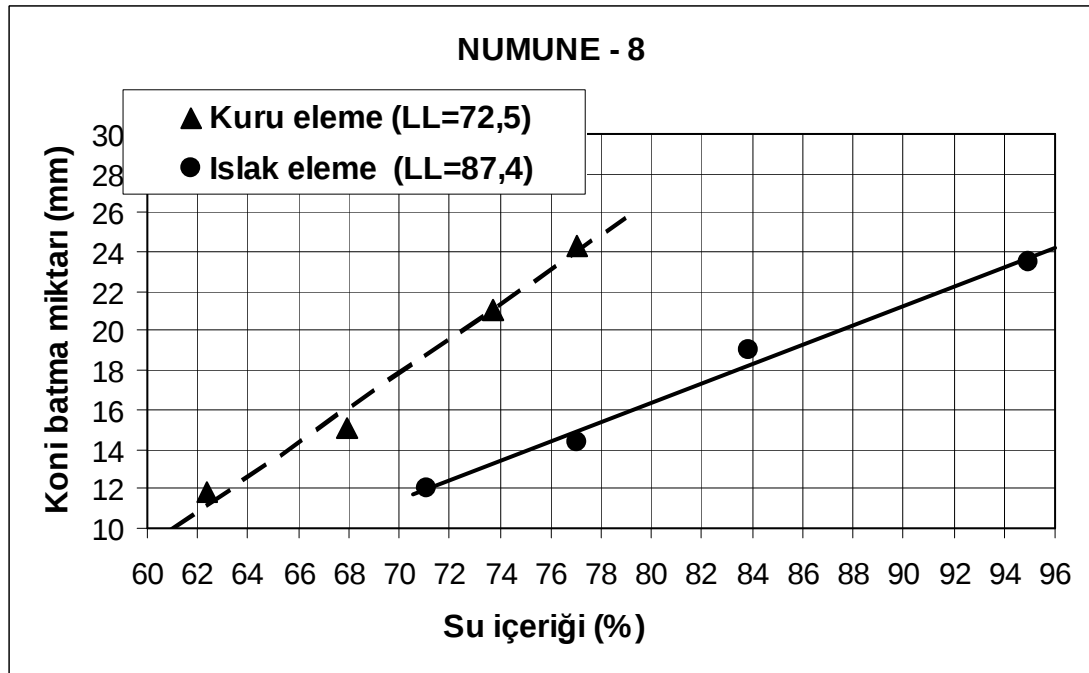
KURU ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	15,50	18,30	21,80	27,90
Kap ağırlığı	23,10	26,50	24,00	18,60
Kap + yaş num. ağırlığı	66,00	51,70	52,00	53,50
Kap + kuru num. ağırlığı	49,10	41,40	40,30	38,50
Su içeriği (%)	65,00	69,13	71,78	75,38
ISLAK ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	18,10	21,50	24,40	25,30
Kap ağırlığı	23,40	21,40	22,50	22,00
Kap + yaş num. ağırlığı	51,60	45,90	53,40	50,60
Kap + kuru num. ağırlığı	39,60	35,40	40,00	38,10
Su içeriği (%)	74,07	75,00	76,57	77,64



Şekil 4.17. Numune – 7'nin "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri

Çizelge 4.18. Numune – 8’in “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları

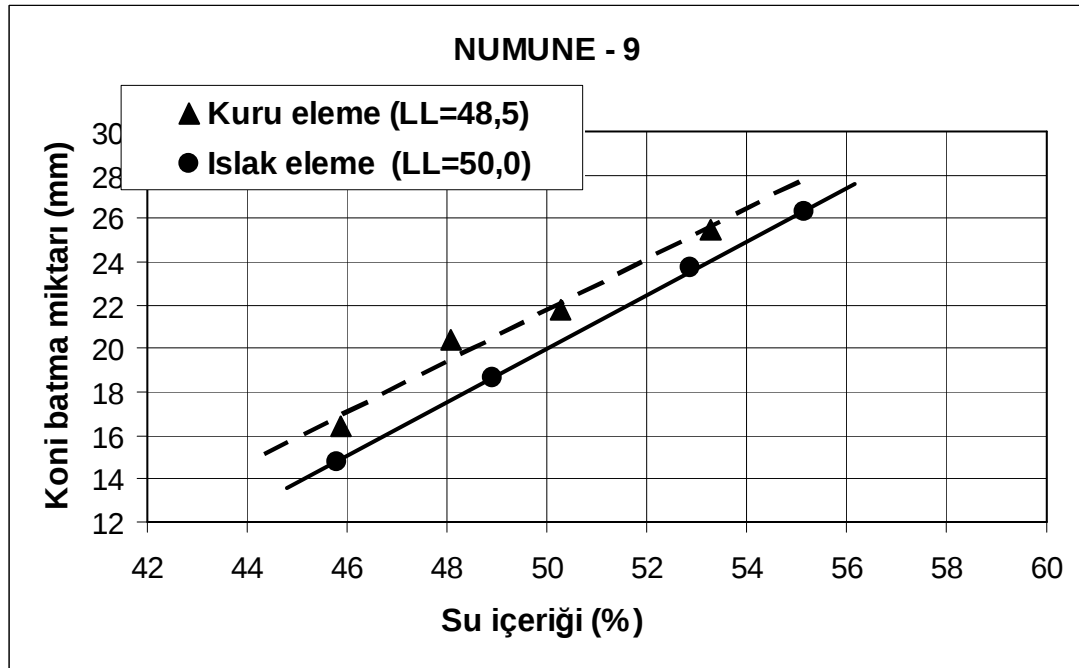
KURU ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	11,80	15,10	21,10	24,30
Kap ağırlığı	23,50	20,20	18,30	22,10
Kap + yaş num. ağırlığı	48,35	49,50	49,40	59,10
Kap + kuru num. ağırlığı	38,80	37,65	36,20	43,00
Su içeriği (%)	62,42	67,91	73,74	77,03
ISLAK ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	12,00	14,40	19,00	23,50
Kap ağırlığı	22,30	19,70	24,40	24,50
Kap + yaş num. ağırlığı	50,70	41,30	54,00	63,30
Kap + kuru num. ağırlığı	38,90	31,90	40,50	44,40
Su içeriği (%)	71,08	77,05	83,85	94,97



Şekil 4.18. Numune – 8’in “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri

Çizelge 4.19. Numune– 9'un “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları

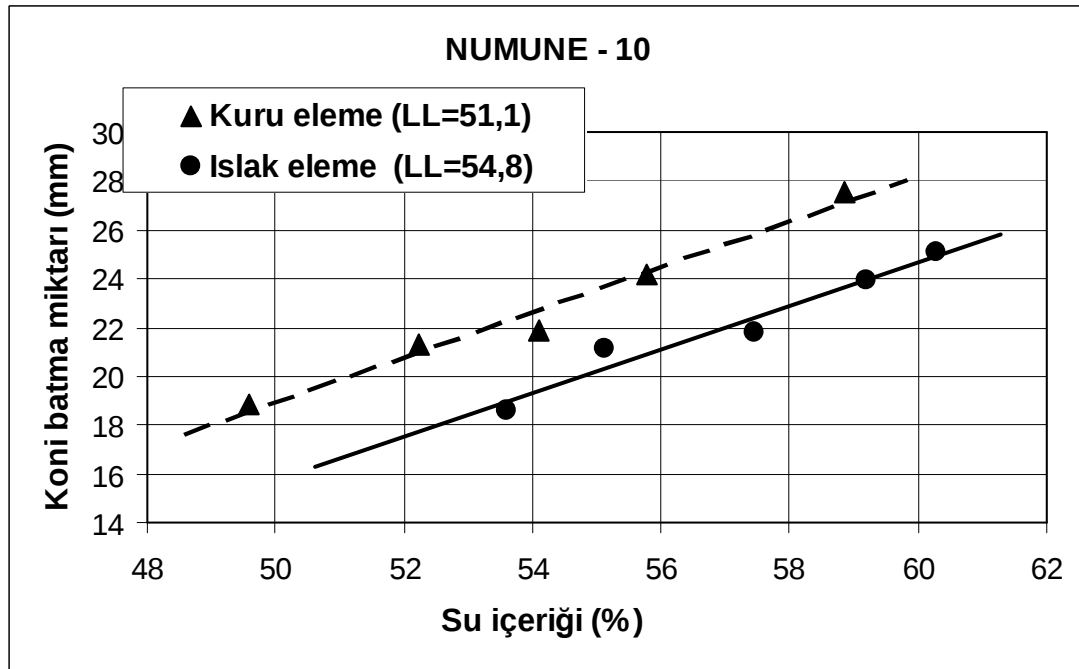
KURU ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	16,40	20,40	21,80	25,50
Kap ağırlığı	27,60	22,40	23,60	21,40
Kap + yaş num. ağırlığı	43,50	56,90	49,00	49,30
Kap + kuru num. ağırlığı	38,50	45,70	40,50	39,60
Su içeriği (%)	45,87	48,07	50,30	53,30
ISLAK ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	14,80	18,60	23,70	26,30
Kap ağırlığı	18,30	17,60	23,30	20,00
Kap + yaş num. ağırlığı	42,50	38,00	55,10	45,60
Kap + kuru num. ağırlığı	34,90	31,30	44,10	36,50
Su içeriği (%)	45,78	48,91	52,88	55,15



Şekil 4.19. Numune – 9'un “kuru ve ıslak eleme” yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri

Çizelge 4.20. Numune- 10'un "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney sonuçları

KURU ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	18,80	21,30	21,90	24,20
Kap ağırlığı	22,90	21,10	23,50	23,20
Kap + yaş num. ağırlığı	40,70	45,00	51,70	46,10
Kap + kuru num. ağırlığı	34,80	36,80	41,80	37,90
Su içeriği (%)	49,58	52,23	54,10	55,78
ISLAK ELEME YÖNTEMİ				
Ort. batma miktarı (mm)	18,60	21,10	21,80	23,90
Kap ağırlığı	20,50	23,30	22,40	23,40
Kap + yaş num. ağırlığı	54,60	50,60	49,80	55,40
Kap + kuru num. ağırlığı	42,70	40,90	39,80	43,50
Su içeriği (%)	53,60	55,11	57,47	59,20



Şekil 4.20. Numune – 10'un "kuru ve ıslak eleme" yöntemleri ile hazırlanarak yapılmış likit limit deney grafikleri

Çizelge 4.11 – 4.20 ve Şekil 4.11 – 4.20 arasında sunulan kuru ve ıslak eleme likit limit deneylerinden elde edilen sonuçlar toplu halde aşağıdaki Çizelge 4.21’de sunulmuştur.

Çizelge 4.21. Kuru ve ıslak eleme likit limit deney sonuçları özeti

Numune adı	Kuru eleme likit limit	Islak eleme likit limit	Fark	Plastik limit ^a
Numune – 1	52,4	56,7	4,3	23,5
Numune – 2	42,2	48,1	5,9	21,8
Numune – 3	53,6	55,3	1,7	24,7
Numune – 4	47,6	48,8	1,2	22,8
Numune – 5	97,8	102,8	5,0	40,5
Numune – 6	42,6	51,0	8,4	24,9
Numune – 7	69,6	74,6	5,0	31,2
Numune – 8	72,5	87,4	14,9	35,8
Numune – 9	48,5	50,0	1,5	20,4
Numune – 10	51,1	54,8	3,7	32,0

^{a)} plastik limit deneyi kuru eleme yöntemi ile hazırlanmış numuneler üzerinde yapılmıştır.

Ayrıca üzerinde çalışılan zeminlerin bazı indeks özellikleri ve USCS zemin sınıfları toplu halde aşağıdaki Çizelge 4.22’de sunulmuştur.

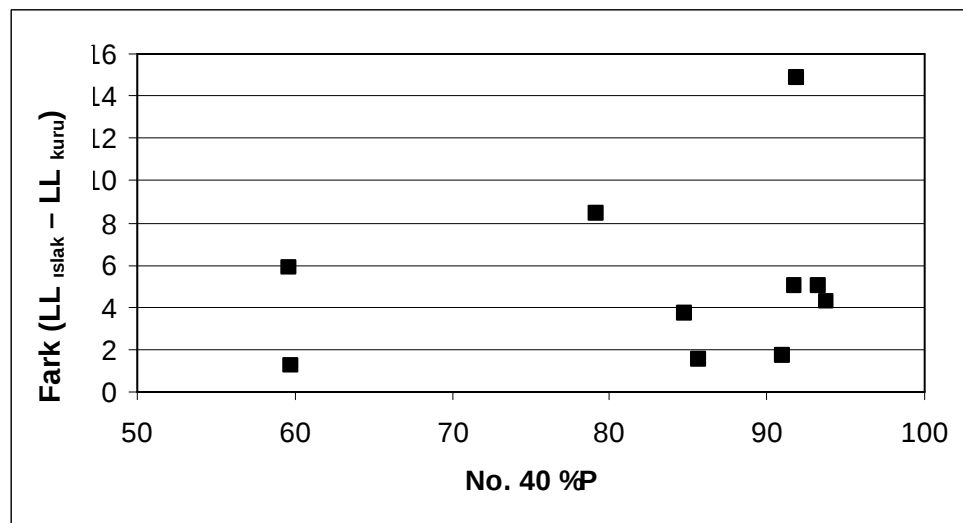
Çizelge 4.22. Üzerinde çalışılan 10 adet zemin örneğinin bazı indeks özellikleri ve USCS zemin sınıfları

Numune adı	Platisite indisi ^a	No.4 % P	No.40 % P	No.200 % P	Kil (<2µm) yüzdesi	USCS Zemin tipi
Numune – 1	28,9	99,8	93,8	86,6	14,4	CH
Numune – 2	20,4	98,0	59,6	44,0	7,3	SC
Numune – 3	28,9	98,0	91,0	82,8	13,7	CH
Numune – 4	24,8	98,9	59,8	43,5	7,2	SC
Numune – 5	57,3	98,6	91,7	81,7	42,0	CH
Numune – 6	17,7	95,1	79,2	62,8	16,1	CL
Numune – 7	38,4	99,2	93,3	87,5	28,8	CH
Numune – 8	36,7	99,8	91,9	85,0	14,1	MH
Numune – 9	28,1	98,3	85,6	78,0	15,4	CL
Numune – 10	19,1	100	84,8	63,6	10,5	ML

^{a)} kuru eleme likit limit değerinden hesaplanmıştır.

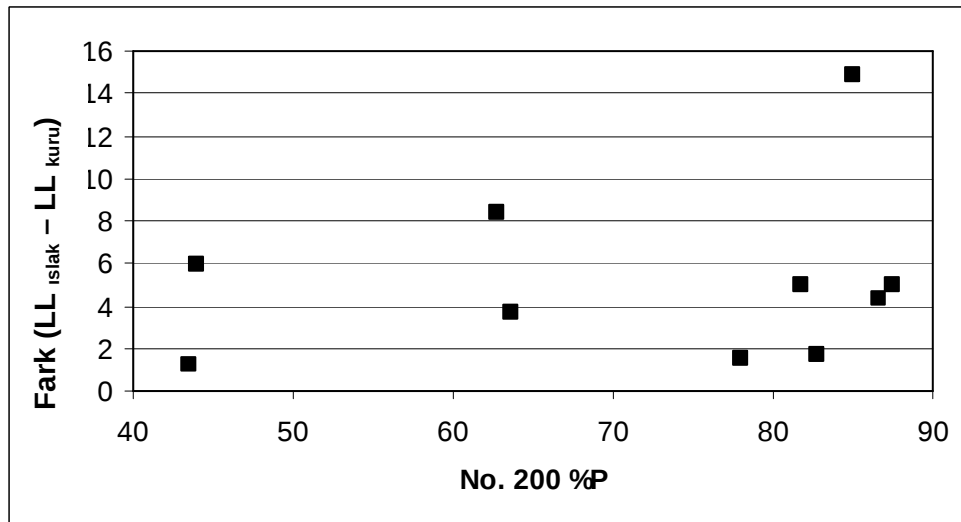
5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çizelge 4.21'den görüleceği üzere, ıslak eleme yöntemleri ile hazırlanan numunelerin likit limit değerleri kuru eleme yöntemi ile hazırlanan numunelerden % 1,2 – 14,9 arasında değişmek üzere daha büyük olmuştur. Bunun ilk akla gelen nedeni, yıkama esnasında, iri tanelerin üzerine yapışmış olan daha ince silt ve kil taneciklerinin de su ile birlikte yıkanarak No.40 eleğin altına geçmesi ve likit limit deneyine dahil olmasıdır. Bir zemin numunesinin kil içeriği ne kadar fazla ise likit limitinin de o kadar fazla olacağı bilinmektedir. Bunun en basit örneği, çok az veya hiç kil içermeyen siltli veya kumlu zeminlerin likit limitinin olmayışı, bir başka ifade ile NP (non-plastic) olmalarıdır. Bu nedenle yıkama etkisi ile eleğin altına daha çok kil taneciklerinin geçmesinin likit limitin de artmasına neden olduğu düşünülmektedir. Ancak bazı numunelerde meydana gelen farkın küçük, bazılarında ise nispeten büyük olmasının zeminin bazı indeks özelliklerine bağlı olup olmadığını araştırmak için kuru ve ıslak eleme yöntemleri ile hazırlanarak yapılan likit limit deneyleri arasındaki bu farkların No.40 ve No.200 eleklerden geçen yüzdelere, likit limit, plastik limit ve plastisite indisileri ile arasındaki ilişkiler incelenmiştir.



Şekil 5.1. No.40 elekten geçen yüzdelere ile $LL_{ıslak} - LL_{kuru}$ farkları arasındaki ilişki

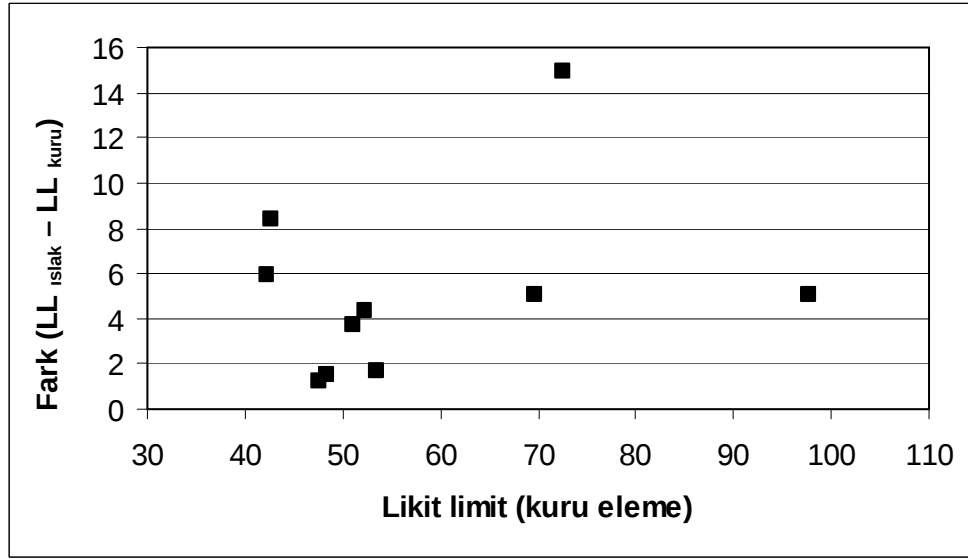
Şekil 5.1'den görüldüğü gibi zeminlerin No.40 elekten geçen yüzdeleri ile likit limitler arasındaki farkların herhangi bir ilişkisi bulunmamaktadır. Bunun için bir örnek verilecek olursa, No.40 elekten geçen yüzdesi %59,6 ile %59,8 gibi hemen hemen aynı olan iki zeminin kuru ve ıslak eleme likit limitleri arasındaki farkların da aynı olması beklenirken ilkinde 5,9 diğ erinde 1,2'dir (Çizelge 4.21 – 4.22 ve Şekil 4.21). Yani beklenildiği gibi zeminlerin No.40 elekten geçen yüzdeleri art tıkça, ıslak eleme ile hazırlanan likit limit değ erlerinin kuru eleme ile hazırlanan değ erlerden farkı istikrarlı bir şekilde artmamaktadır. Benzer ilişki No.200 (0.075 mm) elekten geçen yüzdel er için araştır ılmış ve sonuç Şekil 5.2'de sunulmuştur.



Şekil 5.2. No.200 elekten geçen yüzdel er ile $LL_{ıslak} - LL_{kuru}$ farkları arasındaki ilişki

No. 200 elekten geçen yüzdel eri birbirine yakın olan zeminlerin $LL_{ıslak} - LL_{kuru}$ farkları birbirinden uzaktır. Başka bir ifade ile zeminlerin No.200 elekten geçen yüzdel eri art tıkça $LL_{ıslak} - LL_{kuru}$ farkları da doğ rusal olarak artmamakta veya azalmamaktadır. Bu nedenle, No.200 elekten geçen yüzdel er ile de likit limitlerin arasındaki farklar için bir herhangi bir ilişkid en bahsetmek söz konusu değ ildir.

Zeminlerin likit limiti ile $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farklarının arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmak için Şekil 5.3 oluşturulmuştur. Bu değerlendirmede kuru eleme yöntemi ile hazırlanarak yapılan likit limit değerleri esas alınmıştır.

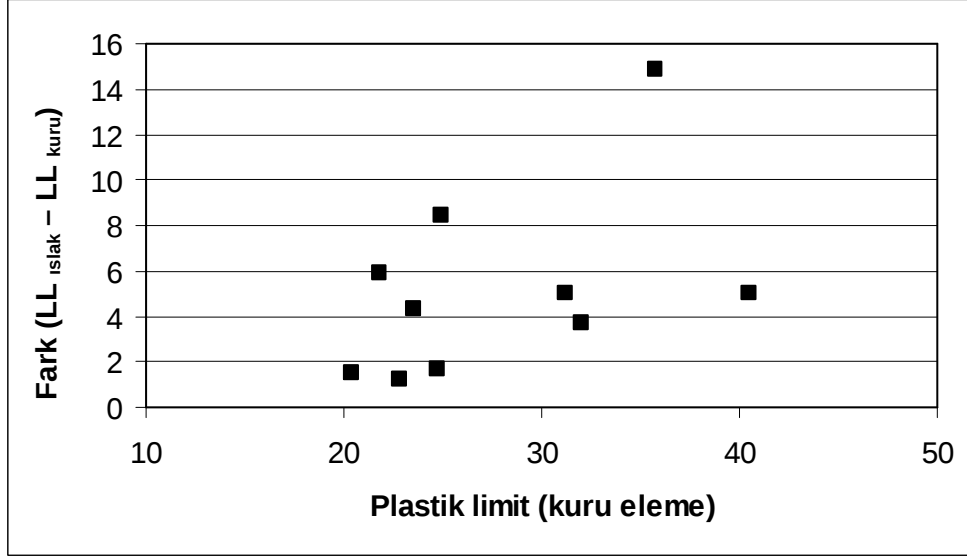


Şekil 5.3. Kuru eleme yöntemi ile hazırlanan likit limit değerleri ile $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farkları arasındaki ilişki

Kuru eleme yöntemi ile hazırlanan likit limit değerleri ile $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farkları arasında bir ilişki olmadığı likit limitleri birbirine yakın olan zeminlerin $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farklarının birbirinden uzak olmasından anlaşılmaktadır. Başka bir ifade ile likit limit arttıkça $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farkları da doğrusal olarak artmamaktadır. Bunun için en belirgin örnek likit limitleri yaklaşık 70 olan iki zeminin $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farkları birinde yaklaşık 5 iken diğerinde 15 civarlarında olmuştur (Şekil 5.3).

Bir başka inceleme zeminlerin plastik limiti esas alınarak yapılmıştır (Şekil 5.4). Plastik limit deneyleri kuru eleme yöntemi ile hazırlanmış numuneler üzerinde yapılmıştır. Şekil 5.4 incelendiğinde noktaların çok dağınık olduğu, bir parametrenin artması veya azalması ile diğerinin de artmadığı ve

azalmadığı görülmektedir. Bu nedenle $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farklarının plastik limite de bağlı olmadığı ortadadır.

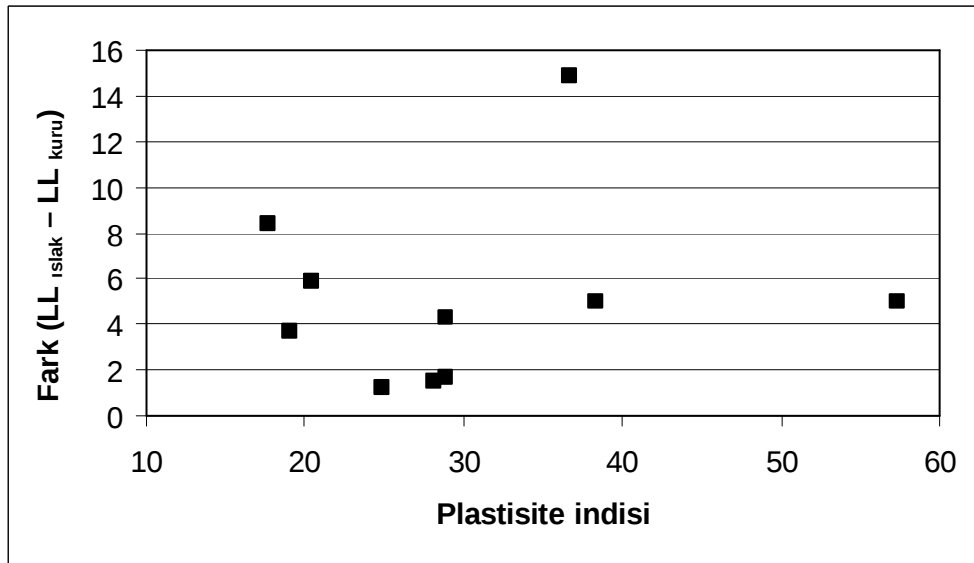


Şekil 5.4. Kuru eleme yöntemi ile hazırlanan plastik limit değerleri ile $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farkları arasındaki ilişki

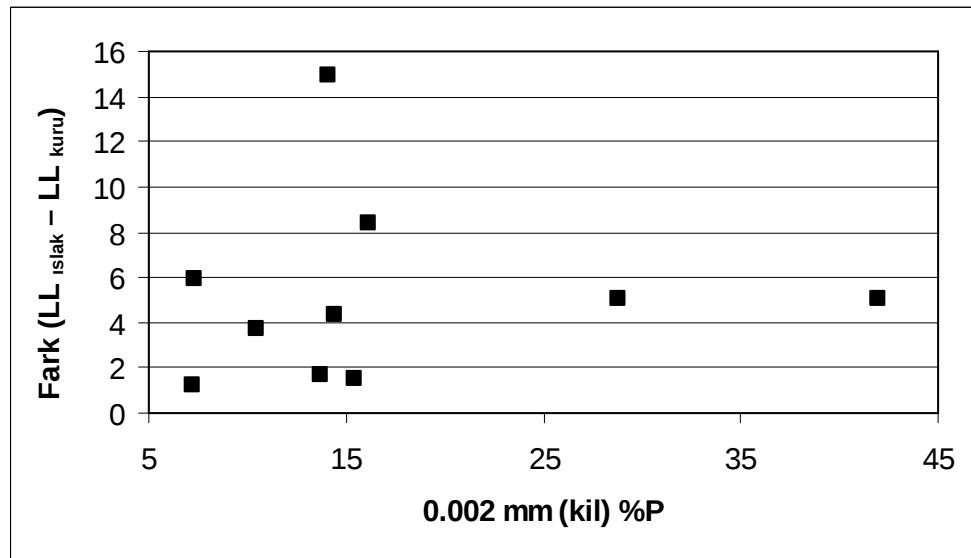
Benzer bir inceleme zeminlerin plastisite indisi esas alınarak yapılmıştır (Şekil 5.5). Şekil 5.5 incelendiğinde noktaların yine çok dağınık olduğu, plastisite indisinin artması veya azalması ile $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farklarının da artmadığı ve azalmadığı görülmektedir. Bu nedenle $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farklarının plastisite indisine de bağlı olmadığı anlaşılmaktadır.

Son olarak zeminlerin kil içeriği ile $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farkları arasında bir ilişki olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil 5.6). Diğer incelemelerde olduğu gibi $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farklarının zeminlerin kil yüzdesine de bağlı olmadığı görülmüştür.

Sonuç olarak değerlendirilecek olursa, $LL_{islak} - LL_{kuru}$ farklarının zeminlerin No.40 (0.425 mm), No.200 (0.075 mm) eleklerden geçen yüzdelere ile, kil yüzdesi (0.002 mm) ile, likit limit, plastik limit ve plastisite indisi gibi indeks özellikleri ile ilişkisi bulunmamaktadır.



Şekil 5.5. Plastisite indisi ile $LL_{ıslak} - LL_{kuru}$ farkları arasındaki ilişki



Şekil 5.6. Kil yüzdesi ile $LL_{ıslak} - LL_{kuru}$ farkları arasındaki ilişki

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çeşitli lokasyonlardan alınmış 10 farklı doğal zemin numunesi üzerinde ıslak ve kuru eleme olmak üzere örnek hazırlama yönteminin koni batma likit limit değeri üzerindeki etkisi çalışılmıştır. Sonuçta, ıslak eleme yöntemi ile hazırlanan numunelerin likit limit değerlerinin kuru eleme yöntemi ile hazırlanan numunelerden % 1,2 – 14,9 arasında değişmek üzere daha büyük olmuştur. Islak ve kuru eleme yöntemleri ile hazırlanan numunelerin likit limitleri arasındaki bu farkın zeminlerin No.40 (0.425 mm) ve No.200 (0.075 mm) eleklerden geçen yüzdeler, kil yüzdesi (0.002 mm), likit limit, plastik limit ve plastisite indisi gibi indeks özelliklerine bağlı olmadığı belirlenmiştir. Örnek hazırlama yönteminin meydana getirdiği bu farkın zeminlerin mineralojik kompozisyonuna bağlı olduğu ve bundan sonra yapılacak benzeri çalışmalarda XRD analizleri ile zeminlerin mineral yapısının da incelenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- 1- Orhan, M., Özer, M., Işık, N. S., Zemin mekaniği laboratuvar deneyleri, Cilt 1: İndeks ve sınıflama deneyleri, **Gazi Kitabevi**, Ankara., 29. (2004).
- 2- Bowles, J. E., Engineering Properties of Soils and Their Measurement, Fourth Edition, **Irwin/McGraw-Hill**, U.S.A., 21 (1992).
- 3- ASTM D 4318 (American Society for Testing and Materials), Standart Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. **Annual Book of ASTM Standards**. (2000).
- 4- BS 1377: Soils for Civil Engineering Purposes, Part 2: Classification Tests, 4. Determination of the Liquid Limit, **British Standart Institution**, England, (1990).
- 5- TS 1900, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri, **Ankara**, Türkiye, (1987).
- 6- Uzuner, B. A., Temel Zemin Mekaniği, 4. Baskı, **Teknik Yayınevi**, Ankara, Türkiye. 34. (1990).
- 7- Head, K. H., Manual of Soil Laboratory Testing, Volume 1, Second Edition, **John Wiley & Sons, Inc., Great Britain**. 78 (1992).
- 8- ASTM D 2487 (American Society for Testing and Materials), Standart Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). **Annual Book of ASTM Standards**. (2000).
- 9- ASTM D 3282 (American Society for Testing and Materials), Standart Practice for Classification of Soil – Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes. **Annual Book of ASTM Standards**. (1993).
- 10- Yollar Fenni Şartnamesi, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Yayın No.170/2, **Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası**, Ankara, 197 (2002).
- 11- Holtz, R. D. and Kovacs, W. D., An introduction to geotechnical engineering, **Prentice Hall, Englewood Cliffs**, N. J., (1981).
- 12- Skempton, A. W., Notes on the compressibility of clay, **Q. J. Geol. Soc., London**, Vol. C. (1944).
- 13- Çetin, K. Ö., Unutmaz, B., Zemin sıvılaşması ve sismik zemin davranışı, **Türkiye Mühendislik Haberleri**, 49: (430): 32 – 37 (2004).

- 14- ASTM D 4318 (American Society for Testing and Materials), Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. ***Annual Book of ASTM Standards***. (2000).
- 15- ASTM D 422 (American Society for Testing and Materials), Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soil. ***Annual Book of ASTM Standards***. (1963) (Reapproved 1998).
- 16- ISO 13320 – 1, Particle Size Analysis – Laser Diffraction Methods, Part 1: General Principles, ***Annex A***; Theoretical background of laser diffraction. (1999).

ÖZGEÇMİŞ

Şenay ÖZDEMİR, 1969 yılında Sivas / Gemerek'te doğdu. İlk ve orta öğrenimini Sivas ve Ankara'da, lise öğrenimini ise Ankara'da tamamladı. Üniversite lisans öğrenimine Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde başlayarak 1992 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. Bekar ve bir çocuk sahibi olup halen bir kamu kuruluşunda çalışmaktadır.