

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİLLERİN LİKİT LİMİTLERİNİN FARKLI
ŞEKİLLİ PENETRASYON UÇLARLA
ARAŞTIRILMASI

Emre ALTINTAŞ

Ekim ,2013

İZMİR

KİLLERİN LİKİT LİMİTLERİNİN FARKLI ŞEKİLLİ PENETRASYON UÇLARLA ARAŞTIRILMASI

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programı**

Emre ALTINTAŞ

**Ekim, 2013
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

EMRE ALTINTAŞ, tarafından PROF. DR. NECDET TÜRK yönetiminde hazırlanan “KİLLERİN LİKİT LİMİTLERİNİN FARKLI ŞEKLİ PENETRASYON UÇLARLA ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Necdet TÜRK

Yönetici



Prof. Dr. M. Yalçın Koca

Jüri Üyesi



Yrd. Doç. Dr. Okan ÖNAL

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu tezin tasarlanıp hazırlanmasında bilgi, tecrübe ve desteklerini benden esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Necdet TÜRK 'e en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin laboratuvar çalışmalarının gerçekleştirilmesi sırasında gerekli izinlerin sağlanmasında desteklerini esirgemeyen bölüm başkanı Prof. Dr. Mümtaz ÇOLAK' a, Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvar imkânlarından faydalanmamı sağlayan Prof. Dr. A. Bahadır YAVUZ, Araş. Gör. Seher ALOĞLU SARI ve Araş. Gör. Dr. Hakan ELÇİ' ye, İnşaat Mühendisliği Bölümü Laboratuvar imkânlarından faydalanmam konusunda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. A. Hakan ÖREN ve Yrd. Doç. Dr. Okan ÖNAL' a, laboratuvar çalışmalarımda ki, desteğini esirgemeyen Araş. Gör. Tuğçe ÖZDAMAR KUL' a, Jeoloji Mühendisi Tarık KAHRAMAN, Jeoloji Mühendisi Dr. Dilek YAMAN, Jeoloji Mühendisi Dr. Mine Sezgül KAYSERİ ÖZER ve Yrd. Doç. Dr. Tuğbanur ÖZEN' e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında bilgi ve tecrübelerini paylaşmaktan çekinmeyen Yrd. Doç. Dr. Ender BAŞARI, tezin hazırlanmasındaki katkılarından dolayı Jeoloji Müh. Cenap AKIN, Jeoloji Mühendisi Samiye İNCE, Jeoloji Mühendisi Nihat R. HATİPOĞLU, Jeoloji Yüksek Mühendisi İlhan ARCA, Jeofizik Yüksek Mühendisi Hilmi DİNDAR ve Araş. Gör. M. Sinan YILDIRIM'a, İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvar çalışmalarımda desteklerini esirgemeyen sıcak tutum ve davranışlarıyla bana rehberlik yapan arkadaşlarım İnşaat Mühendisi R. Çağrı AKAR, İnşaat Mühendisi Çağrıhan SARIAVCI ve Jeoloji Müh. Ebru AKAR' a teşekkürü bir borç bilirim. Tezimin ingilizce çevirilerinde desteğini esirgemeyen dayım İngilizce Öğretmeni Mustafa KESGİN' e teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm yaşantım boyunca bana maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemeyen ve beni her konuda destekleyen ailem Ece, Hatice ve Mehmet ALTINTAŞ' a teşekkür ederim. Bu tez maddi destek alınmadan öz kaynaklarım ile gerçekleştirilmiştir.

Emre ALTINTAŞ

KİLLERİN LİKİT LİMİTLERİNİN FARKLI ŞEKİLLİ PENETRASYON UÇLARLA ARAŞTIRMASI

ÖZ

Zemin mekaniğinde, koheziv zeminlerin kıvam limitlerinin belirlenmesi en sık uygulanan deney çeşididir. Kıvam limitleri, zeminlerin doygun durumda nasıl davranacağını belirlemede yardımcı olur. Zeminlerin likit limitleri ya “Casagrande yöntemi” yada “Düşen koni yöntemiyle” belirlenmektedir. Bu çalışmada likit limitin belirlenmesinde operatör bağımlılığı daha az olan düşen koni yöntemi seçilmiştir. İki çeşit kil üzerinde, farklı ağırlıkta ve şekilde uçlar kullanılarak, zeminin konik penetrasyon direnci ve su içeriği ilişkisi araştırılmıştır. 15 farklı uç, 0 – 40 mm batma aralığında ölçülerek uç batma – su içeriği ilişkisi araştırılmış ve sonuçları grafikler halinde sunulmuştur.

Bu çalışmada 12’si danışman hocam tarafından hazırlatılan, diğerleri BS1377’de belirtilen uca ağırlık ekleme vasıtasıyla oluşturulmuş toplam 15 adet farklı şekil ve ağırlıkta konik penetrasyon uçlarının zemine batma miktarları araştırılmıştır. Kıvam limitlerinin belirlenmesinde kullanılan iki yöntemden birisi olan düşen koni yöntemi BS 1377-2 no ’lu standartta belirtilen (30 artı eksi 1 derece ‘lik konik ucun 80,00 artı eksi 0,1 gramlık ağırlığı) uca bağlı kalarak, farklı şekilli ve farklı ağırlıklı konik uçların zeminlerin kıvam limitleri değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Anahtar kelimeler : Likit limit, düşen koni, zemin mekaniği, zemin sınıfı, zeminin kıvam durumu

AN INVESTIGATION ON LIQUID LIMIT OF CLAYS BY DIFFERENTLY SHAPED PENETRATION CONES

ABSTRACT

Determination of soil consistency is one of the most applied test methods in soil mechanics. The Atterberg Limits of the soils give us considerable information about the behavior of those soils in water saturated condition. There are two different ways to determine Liquid Limit of soils which are “Casagrande method” or “Fall cone test method”. In this study, Fall Cone Test method was applied, which has less operator dependency. During the tests, two different types of clays was used. To study the relationship between conic penetration’s values and water contents, 15 different types of conic heads, which have different weights and shapes, were used on those clay specimens between a set of penetrations of 0 to 40 mm to conduct Fall Cone Tests. Relationships between conic penetration values and water contents were also determined during studies and obtained results were all given in the content of this study.

In this study, the effect of different conic heads on conic penetration was researched by use of 15 different cones. 12 of the cones, which have different shapes and different weights, were ordered by Prof. Necdet TÜRK. The other conic heads used in the tests were similar as in the BS1377 with additional head weights. The outcome of this study gives a comparison between the conic penetration results obtained by all those conic heads were used in Fall Cone Tests, which all have the BS1377-2’s 30 plus or minus 1 degrees head incline and 80,00 plus or minus 0,1 g weight standards.

Keywords: Liquid limit, fall cone test, soil mechanics, soil classification, soil consistency

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiv

BÖLÜM BİR - GİRİŞ..... 1

1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Araştırmada Kullanılan Killer	1
1.3 Yöntemler	1
1.4 Önceki Çalışmalar	3

BÖLÜM İKİ – GENEL JEOLojİ 13

2.1 Aydın İli Kuşadası Civarının Genel Jeolojisi.....	13
2.1.1 Kuşadası Birimi	14
2.2 Balıkesir İli Sındırgı İlçesi Yöresinin Jeolojisi	15

BÖLÜM ÜÇ – ÇALIŞMADA KULLANILAN KONİK UÇLAR..... 17

3.1 Standartlarda Belirtilen Uca Ait Bilgiler	18
3.2 Konik Uç 1 ‘ e Ait Bilgiler	19
3.3 Konik Uç 2 ‘ ye Ait Bilgiler	20
3.4 Konik Uç 3 ‘ e Ait Bilgiler	21
3.5 Konik Uç 4 ‘ e Ait Bilgiler	22
3.6 Konik Uç 5 ‘ e Ait Bilgiler	23
3.7 Konik Uç 6 ‘ ya Ait Bilgiler	24
3.8 Konik Uç 7 ‘ ye Ait Bilgiler	25

3.9 Konik Uç 8 ‘e Ait Bilgiler	26
3.10 Konik Uç 9‘a Ait Bilgiler	27
3.11 Konik Uç 10 ‘e Ait Bilgiler	29
3.12 Konik Uç 11 ‘e Ait Bilgiler	30
3.13 Konik Uç 12 ‘ye Ait Bilgiler	32
3.14 Konik Uç 13‘e Ait Bilgiler	33
3.15 Konik Uç 14 ‘e Ait Bilgiler	34
 BÖLÜM DÖRT – DENEYSEL YÖNTEMLER	35
4.1 Tane Çapı Dağılımı Deneyi.....	35
4.2 Özgül Ağırlık (Zemin Tanelerinin Bağlı Yoğunluğunun Tayini) Deneyi	42
4.3 İnce Taneli Zeminlerde Tane Çapı Dağılımının Bulunması (Hidrometre Analizi) Deneyi	46
4.4 Kıvam Limitleri Tayini Deneyleri.....	57
4.4.1 Plastik Limit Tayini Deneyi	57
4.4.2 Likit Limit Tayini Deneyi.....	60
4.4.2.1 Likit Limit Düşen Koni Yöntemi Deneyi	61
4.4.2.2 Likit Limit Casagrande Yöntemi Deneyi.....	65
4.5 Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına Göre Malzemenin Sınıflandırılması.....	69
4.5.1 Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması Sisteminin Uygulanması	70
 BÖLÜM BEŞ – DENEYSEL BULGULAR.....	76
5.1 Deneyler	76
5.1.1 Konik Uçlar	76
5.1.1.1 Standart Uç’a Ait Deney Sonuçları.....	76
5.1.1.2 Konik Uç 1’e Ait Deney Sonuçları.....	77
5.1.1.3 Konik Uç 2’ye Ait Deney Sonuçları	78
5.1.1.4 Konik Uç 3’e Ait Deney Sonuçları.....	79

5.1.1.5 Konik Uç 4'e Ait Deney Sonuçları	80
5.1.1.6 Konik Uç 5'e Ait Deney Sonuçları	81
5.1.1.7 Konik Uç 6'ya Ait Deney Sonuçları	82
5.1.1.8 Konik Uç 7'ye Ait Deney Sonuçları	83
5.1.1.9 Konik Uç 8'e Ait Deney Sonuçları	84
5.1.1.10 Konik Uç 9'a Ait Deney Sonuçları	85
5.1.1.11 Konik Uç 10'a Ait Deney Sonuçları	86
5.1.1.12 Konik Uç 11'e Ait Deney Sonuçları	87
5.1.1.13 Konik Uç 12'ye Ait Deney Sonuçları	88
5.1.1.14 Konik Uç 13'e Ait Deney Sonuçları	89
5.1.1.15 Konik Uç 14'e Ait Deney Sonuçları	90
5.2 Koni Şekline Sahip Uçların Değerlendirilmesi	91
5.2.1 Koni Şekilli 90 gr Olan Farklı Açılara Sahip Uçların Değerlendirilmesi	92
5.2.2 Koni Şekilli 30 derece Açıya Sahip Farklı Ağırlıklı Uçların Değerlendirilmesi	94
5.2.3 Koni şekilli 45 Derece Açıya Sahip Farklı Ağırlıklı Uçların Değerlendirilmesi	95
5.2.4 Kare Primit Şekilli 30 Derece Farklı Ağırlıklı Uçların Değerlendirilmesi	96
5.2.5 Dikdörtgen Tabanlı V Ağız Şekilli 30 Derece, Farklı Ağırlıklı Uçların Değerlendirilmesi	98
5.2.6 Farklı Kalınlığa Sahip V Ağız Şekilli 30 Derece, Aynı Ağırlıklı Uçların Değerlendirilmesi	99
5.2.7 Farklı Şekle Sahip Aynı Ağırlıklı (90 gr) Uç Açısı Açıklığı 30 Derece Olan Uçların Değerlendirilmesi	101
5.2.8 Koni Şekilli 30 Derece Açıya Sahip Uçların Sabit Ağırlık Artışında Değerlendirilmesi	102
5.2.9 Beklemeye Bağlı Penetrasyon Özelliğinin Değerlendirilmesi	105
5.2.10 İki Farklı Tane Çapının (No 40 altı ve No 200 altı) Likit Limit Sonuçları Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi	106

BÖLÜM ALTI - SONUÇLAR	108
KAYNAKLAR	110
EKLER.....	124

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Zeminlerin öğütülmesinde kullanılan Çeneli Öğütücü	2
Şekil 1.2 Wood tarafından gerçekleştirilen Drammen (a), Speswhite (b) ve Cambridge Gault (c) killerine ait deneylerin w-d sonuçlarını gösteren şekilleri	7
Şekil 1.3 Siltli kil karışımlarının 3 farklı likit limit yöntemi ile sonuçlarının karşılaştırıldığı şekil	7
Şekil 3.1 Konik penetrasyon uçların genel görünümü (kutu içeriği ile birlikte yerleşim düzenin)	18
Şekil 3.2 a. Koni ve düşürme düzeneği, b. koni ucunun kontrolü (BS 1377-2'den (1990) değiştirilerek alınmıştır.)	19
Şekil 3.3 BSI 1377 : part 2 : 1990 no'lu standartlarda belirtilen konik uca ait ölçekli görüntü	19
Şekil 3.4 Konik Uç No 1'e ait ölçekli şekil	20
Şekil 3.5 Konik Uç No 1' e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalananarak çizilmiştir).....	20
Şekil 3.6 Konik Uç No 2'ye ait ölçekli şekil	21
Şekil 3.7 Konik Uç No 2' e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalananarak çizilmiştir).....	21
Şekil 3.8 Konik Uç No 3'e ait ölçekli şekil	22
Şekil 3.9 Konik Uç No 3' e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalananarak çizilmiştir).....	22
Şekil 3.10 Konik Uç No 4'e ait ölçekli şekil	23
Şekil 3.11 Konik Uç No 4' e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalananarak çizilmiştir).....	23
Şekil 3.12 Konik Uç No 5'e ait ölçekli şekil	24
Şekil 3.13 Konik Uç No 5'e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalananarak çizilmiştir).....	24
Şekil 3.14 Konik Uç No 6'ya ait ölçekli şekil	25
Şekil 3.15 Konik Uç No 6'ya ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalananarak çizilmiştir).....	25
Şekil 3.16 Konik Uç No 7'ye ait ölçekli şekil	26

Şekil 3.17 Konik Uç No 7'ye ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir).....	26
Şekil 3.18 Konik Uç No 8'e ait ölçekli şekil	27
Şekil 3.19 Konik Uç No 8'e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir).....	27
Şekil 3.20 Konik Uç No 9'a ait ölçekli şekil	28
Şekil 3.21 Konik Uç No 9'a ait ölçekli şekil	28
Şekil 3.22 Konik Uç No 9'a ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir).....	29
Şekil 3.23 Konik Uç No 10'a ait ölçekli şekil	29
Şekil 3.24 Konik Uç No 10'a ait ölçekli şekil	30
Şekil 3.25 Konik Uç No 10'a ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir).....	30
Şekil 3.26 Konik Uç No 11'e ait ölçekli şekil	31
Şekil 3.27 Konik Uç No 11'e ait ölçekli şekil	31
Şekil 3.28 Konik Uç No 11'e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir).....	32
Şekil 3.29 Konik Uç No 12'ye ait ölçekli şekil	32
Şekil 3.30 Konik Uç No 12'ye ait ölçekli şekil	33
Şekil 3.31 Konik Uç No 12'ye ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir).....	33
Şekil 4.1 Çeşitli standartlara göre tane boyutları (Işık, Orhan ve Özer, 2004)	36
Şekil 4.2 Tablo 4.1 'e ait olan şekildir.	38
Şekil 4.3 Tablo 4.2 'ye ait olan şekildir.	39
Şekil 4.4 Tablo 4.3 'e ait olan şekildir.	40
Şekil 4.5 Tablo 4.4 'e ait olan şekildir.	41
Şekil 4.6 Tablo 4.8 'de ki hidrometre deney verilerinin Şekil olarak gösterimi (yıkamalı elek analizi sonucu şekil üzerinde en üstte görülmektedir.)	54
Şekil 4.7 Tablo 4.9 'da ki hidrometre deney verilerinin Şekil olarak gösterimi (yıkamalı elek analizi sonucu şekil üzerinde en üstte görülmektedir.)	56
Şekil 4.8 Malzeme Türünün Plastisite abağı üzerinde belirlenmesi (Kuş-Atak kili). 74	

Şekil 4.9 Malzeme Türünün Plastisite abağı üzerinde belirlenmesi (Kaolen 143 kili)	75
Şekil 5.1 Standart uç için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	77
Şekil 5.2 Konik Uç 1 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	78
Şekil 5.3 Konik Uç 2 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	79
Şekil 5.4 Konik Uç 3 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	80
Şekil 5.5 Konik Uç 4 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	81
Şekil 5.6 Konik Uç 5 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	82
Şekil 5.7 Konik Uç 6 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	83
Şekil 5.8 Konik Uç 7 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	84
Şekil 5.9 Konik Uç 8 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	85
Şekil 5.10 Konik Uç 9 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	86
Şekil 5.11 Konik Uç 10 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	87
Şekil 5.12 Konik Uç 11 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	88
Şekil 5.13 Konik Uç 12 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	89
Şekil 5.14 Konik Uç 13 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	90
Şekil 5.15 Konik Uç 14 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları	91
Şekil 5.16 Kuş-Atak kiline ait deney sonuçları	93
Şekil 5.17 Kaolen 143 kiline ait deney sonuçları	93
Şekil 5.18 Kuş-Atak kilinde gerçekleştirilen koni no 4 ve 5 'e ait deneylerin şekilleri	95
Şekil 5.19 Kaolen 143 kilinde gerçekleştirilen koni no 4 ve 5 'e ait deneylerin şekilleri	96
Şekil 5.20 Kuş-Atak kiline ait sonuçların şekil ile gösterilmesi	97
Şekil 5.21 Kaolen 143 kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi	97
Şekil 5.22 Kuş-Atak kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi	98
Şekil 5.23 Kaolen 143 kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi	99
Şekil 5.24 Kuş-Atak kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi	100
Şekil 5.25 Kaolen 143 kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi	100

Şekil 5.26 Kuş-Atak kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi	101
Şekil 5.27 Kaolen 143 kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi	101
Şekil 5.28 Kuş-Atak kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi	103
Şekil 5.29 Kaolen 143 kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi	104
Şekil 5.30 Kuş-Atak kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi	105
Şekil 5.31 Farklı tane boylarına bağlı değişimin Şekil halinde gösterilmesi	107

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 Yong ve Warkentin (1966) ‘nin kullandıkları malzemelerin fiziko-kimyasal özellikleri.	5
Tablo 1.2 Sherwood ve Ryley (1970), Chang (1989) ‘ın düzenlediği tablo	6
Tablo 3.1 Konik Penetrasyon Uçlar (Prof. Dr. Necdet TÜRK tarafından hazırlatılan Konik Penetrasyon uçlar * ile gösterilmiştir)	17
Tablo 3.2 Yaygın olarak kullanılan koniler ve özellikleri	18
Tablo 4.1 Kuş-Atak Katı Atık Depolama Tesisinden gelen malzemeye ait kilin elek analizi	38
Tablo 4.2 Kuş-Atak Katı Atık Depolama Tesisinden gelen malzemeye ait kilin elek analizi	39
Tablo 4.3 Kuş-Atak Katı Atık Depolama Tesisinden gelen malzemeye ait kilin elek analizi	40
Tablo 4.4 Kaolen 143 isimli kile ait elek analizi	41
Tablo 4.5 ASTM D 854-2000 no’lu standartta belirtilen özgül ağırlık deneyi için gereken en az örnek miktarları (Işık, Orhan ve Özer, 2004).....	43
Tablo 4.6 Kuş-Atak Katı Atık Depolama Tesisinden gelen kile ait özgül ağırlık ve birim hacim ağırlık değerleri yukarıda görüldüğü gibidir.....	45
Tablo 4.7 Kaolen 143 isimli kile ait özgül ağırlık ve birim hacim ağırlık değerleri yukarıda görüldüğü gibidir.....	45
Tablo 4.8 Kuş-Atak Kiline ait olan 10 no’lu elek altı Hidrometre H-IZ50 no’lu deneye ait işlem tablosu	53
Tablo 4.9 Kaoline 143 Kiline ait olan 10 no’lu elek altı Hidrometre HIZ4-ea no’lu deneye ait işlem tablosu	55
Tablo 4.10 Kuş-Atak kiline ait olan Plastik limit sonuçları.....	60
Tablo 4.11 Kaolen 143 kiline ait olan Plastik limit sonuçları.....	60
Tablo 4.12 Kuş-Atak kiline ait likit limit deney sonuçları ve konik penetrasyon – su içeriği grafiği BS 1377 ‘ye göre.....	64
Tablo 4.13 Kaolen 143 kiline ait likit limit deney sonuçları ve konik penetrasyon – su içeriği grafiği.....	65
Tablo 4.14 Kuş-Atak kiline ait Casagrande deney yöntemi sonuçları.....	68

Tablo 4.15 Kaolen 143 kiline ait Casagrande deney yöntemi sonuçları.....	69
Tablo 4.16 USCS' DE Kullanılan Birinci ve ikinci harfler ve ifade ettikleri anlamlar	70
Tablo 4.17 USCS sınıflama sistemi tablosu.....	73
Tablo 5.1 Koni şekline sahip penetrasyon uçların belirlenen likit limitte ki karşılıklarını gösteren tablodur.	92
Tablo 5.2 Aynı ağırlığa sahip koni şekilli 30, 45 ve 60 derece uçlara ait sonuçlar ...	94
Tablo 5.3 Koni şekilli 30 derece olan uçlara ait eşlenikler	95
Tablo 5.4 Koni şekilli 45 derece olan uçlara ait eşlenikler	96
Tablo 5.5 Kare pramit şekilli uçlar arasındaki bağlantının tablo olarak gösterilmesi	97
Tablo 5.6 Dikdörtgen Tabanlı V ağız şekilli uçlar arasındaki bağlantının tablo olarak gösterilmesi	99
Tablo 5.7 Farklı kalınlığa sahip V ağız şekilli uçlar arasındaki bağlantının tablo olarak gösterilmesi	100
Tablo 5.8 Farklı Şekle sahip aynı ağırlıklı 30 derece uçlar arasındaki bağlantının tablo olarak gösterilmesi	102
Tablo 5.9 Koni şekle sahip penetrasyon uçların belirlenen likit limitte ki karşılıklarını gösteren tablodur.	104
Tablo 5.10 Kuş-Atak kiline ait no 40 altı malzemenin farklı kür özelliklerindeki likit limit sonuçlarının tablo olarak gösterilmesi	106
Tablo 5.11 Farklı tane boylarının likit limit değişimlerini gösteren tablo	107

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Tez kapsamında, özellikle ince taneli zeminlerde mühendislik davranışının su içeriği ile olan ilişkilerinden birisi olan likit limit değerinin belirlenmesinde geleneksel olarak kullanılan düşen koni yöntemi baz alınarak onbeş farklı şekilli konik ucun, iki farklı kil örneği kullanılarak, özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre elde edilen sonuçlar şekiller yardımı ile değerlendirilerek, elde edilen ilişkilerin matematiksel bağıntıları belirlenmiştir.

1.2 Araştırmada Kullanılan Killer

Bu araştırma iki farklı özellikteki kil örneği üzerinde gerçekleştirilmiştir;

- 1) Aydın ili içerisinde yeralan Kuşadası ilçesinde ki Kuş-Atak vahşi çöp depolama alanından temin edilen kırmızı renkli, düşük plastisiteli kil örnekleri,
- 2) Balıkesir ili Sındırgı ilçesinde yeralan Düvertepe köyünden temin edilen beyaz renkli, düşük plastisiteli kil örnekleridir.

1.3 Yöntemler

Tez çalışması; ofis ve laboratuarda olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Ofis çalışmaları kapsamında konu hakkında ayrıntılı literatür araştırması yapılmıştır. Laboratuar çalışmalarının ilk aşamasında ise, Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü tarafından Kuşadası'ndan temin edilen kil örneği 105 artı eksi 5 derece C sabit sıcaklıkta durma özelliğine sahip bir etüvde sırasıyla tepsilere konularak en az 24 saat süre ile kurumaları sağlanmıştır.

Kurutma işlemine tabi tutulan killer ikinci aşamada (öğütme safhasında) Şekil 1.1 'de gösterilen çeneli öğütücü ile öğütülmüştür (bu çalışmada kullanılan kilin yapısına bağlı olarak öğütücü seçilmesine dikkat edilmiştir). Laboratuvar çalışmasının ikinci aşamasında, Kalemaden Firmasının Balıkesir ili Sındırgı ilçesi Düvertepe köyü'nden temin edilmiş olan Kaolen 143 isimli kil örneğinin mineralojik bileşenlerinin zarar görmemesi için elle öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Kullanılan öğütücü alet, birbirine doğru hareket eden iki metal havandan meydana gelmekte ve sabit bir dönüş hızına sahiptir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Zeminlerin öğütülmesinde kullanılan Çeneli Öğütücü

Öğütülen killer TS 1900, BS 1377 ve ASTM D422 'ye göre 40 no'lu (425 μ m) elekten elenmiş ve elekten geçen kısımları deney için alınmıştır. Tane boyunun likit limite olan etkisini anlayabilmek için iki kil türü için 200 no'lu (200 μ m) elek ile malzeme elenmiş ve elekten geçen ince kısımları elek altında toplanmıştır. Bu işlemlerden sonra zeminlerin heterojen özellik göstermeleri sebebi ile yapılan çalışmanın hassasiyetinin sağlanabilmesi için killer karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Hazırlanan malzemeler plastik torbalarda muhafaza edilmiştir.

Kullanılacak malzemeleri tanımlama amacı ile çeşitli laboratuvar deneylerine tabi tutulmuştur. Bu kapsamda malzemelerin elek analizi (yıkamalı), hidrometre analizi,

tane birim hacim ağırlık deneyi, ön inceleme plastik limit ve likit limit deneyleri yapılarak killerin özellikleri sırasıyla belirlenmiştir.

Deneye tabi tutulacak her uç için örnekler öncelikle kür hale getirilmiş, sonrasında ise deneye tabi tutulmuştur. Bu işlemler sonrasında sonuçları çeşitli programlar vasıtası (Microsoft Excel 2007, KaleidaGraph 4.0) ile değerlendirilerek yorumlanmıştır. Autodesk Autocad 2014, Microsoft Word 2007, Microsoft Excel 2007, Microsoft Access 2007, Corel Draw X5 ve Adobe Photoshop CS 5'ten raporun yazımında ve şekillerin çizilmesinde kullanılmıştır.

1.4 Önceki Çalışmalar

Likit Limit, zemin mekaniğinde en önemli tanımlama parametrelerinden birisi olup, zemin mühendisliğinde en yaygın kullanılan bir zemin parametresidir. Allen (1942) likit limiti zeminin su içeriğinin zeminin kuru ağırlığına olan oranı olarak tanımlamıştır. White (1949) 'da notlarında kaolinlerin likit limitinin tane boyutunda ki azalma ile ters orantılı olarak arttığını söylemiştir.

Birçok araştırmacı Casagrande yönteminde 4 nokta elde etmek için deneyin 4 kez tekrarlanması zaman kaybına neden olduğundan likit limitin tek nokta ile belirlenmesi araştırmalarına konu olmuş ve aşağıdaki LL eşitliğini geliştirmişlerdir.

$$LL=w*(P/25)^{\tan\beta} \quad (1.1)$$

Bu eşitlikteki $\tan\beta$ değerini Olmstead ve Jhonson (1955) 0,135, Norman (1959) 0,092, Elden (1960) 0,108 olarak belirlemişlerdir.

Hansbo (1957) İsveç konisinin bozulmamış ve yoğrulmuş kohezyonlu zeminlerde drenajsız kayma dayanımını ölçmede kullanılacak bir yöntem olduğunu ancak sadece w_{11} 'de kullanıldığını belirtmiştir.

Likit limit başlıca 2 şekilde belirlenebilmektedir. Bunlardan birisi Çarpma kabı yöntemi olarak tanımlanan Casagrande yöntemi bir diğeri ise tez konusunun temelini oluşturan Düşen koni yöntemidir. Atterberg (1911) zeminlerin kıvam oranını tanımlamak için 5 adet limit tanımlamıştır, bunlar sırası ile;

- a) Akışkanlığın üst limiti : Bir kilin su gibi akışa geçtiği andaki kıvamıdır;
- b) Likit limit (Akışkanlığın alt limiti) : Akma limiti olarak da tanımlanır. Bir çanağa güçlü bir darbe yapıldığında akmanın gerçekleştiği limittir;
- c) Yapışma limiti : Bir kilin yapıştığı andaki limitidir;
- d) Plastik limit (Rulo çıkarma limiti) : Bu limit plastik limit olarak da bilinir, kil pastasının bir ip gibi rulo olmadığı andaki limitidir;
- e) Rötire limit (Kohezyon limiti) : daha çok sıkışmaya izin verilmediği andaki limite sahip olan killerin izin verilecek olan limitidir, şeklinde tanımlamış ve zamanla b, d ve e limitleri tanımlanmıştır (Bauer, 1960).

Warkentin (1961) 'de likit limiti yorumlayarak, birbirleri üzerindeki bağıl birimler yada parçaların kolay hareketine izin verdiği, yeterince zayıf olan kil parçalarının arasındaki etkileşimin, gücü az olan tanelerin yapısal birimleri arasındaki ya da parçalar arasındaki etkileşiminin azaldığı andaki su içeriği olarak tanımlamıştır.

Grim (1962) 'de likit limiti zeminin bir dayanma sertliğinde tutabildiği ve tanelerin ayrılmaya başladığı andaki suyun maksimum miktarı olarak likit limiti tanımlar. Bu yüzden taneler (parçacıklar) ve su arasında, önemli ve güçlü bir bağ vardır. Gözenekler içinde bulunan boşlukların kapanmakta olduğu tanımlanmıştır. Likit limit terimi zeminlerin maksimum su tutma kapasitesi olarak kabul edilmiştir, ince taneli zemin karışımlarının su içeriği kademeli olarak azaldığında plastik ve likit limit arasındaki sınırlayıcı su içeriği olarak da tanımlanmıştır.

Seed, Woodward ve Lundgreen (1964) yıkanmış kaolinitli killerin ve yıkanmış kaolinit bentonit karışımı killi kum için kil boyutu yüzdesi ve likit limit arasında lineer korelasyon elde etmiştir.

Yong ve Warkentin (1966) pozitif ve negatif yükler arasındaki iki ve üç değerli katyonların elektrostatik etkileşimi tane topaklanmasını düzenlemekte olduğunu gözlemlemişlerdir. İkinci olarak yapısal birimin boşluklarındaki büyük su miktarı likit limiti etkilemektedir. Taneler arası zayıf itme kuvvetlerinde tek değerli sodyum iyon sonuçları ile kaolinit doygunluğu kenar yüz topraklanmasına daha düşük derecede yol açmaktadır ve bundan dolayı likit limit düşmektedir. Buna ilave olarak çok değerli katyonların oluşmaları, kenar yüz topraklanmasına uzaması zeminin Ph 'ından etkilenir. Orta kısmı çevreleyen köşe hidroksil gurubu tarafından hidroksil iyonlarının pozitif değişimi parçalar arasında olmaktadır. Asidik bir zeminde köşelerdeki pozitif – negatif değişimin topraklanması hidroksil gurubu ile etkileşimde olan hidrojen iyonlarının durumundan daha fazladır. Çalışmalarında X-Ray yönteminden yararlanmışlardır ve gerçekleştirdikleri çalışmada kullandıkları malzemelerin fiziko kimyasal özelliklerini Tablo 1.1 de sunmuşlardır

Tablo 1.1 Yong ve Warkentin (1966) 'nin kullandıkları malzemelerin fiziko-kimyasal özellikleri.

Soil specimen	Soil location	Soil pH	Exchangeable cation content meq/100 g					X-ray diffraction mineralogy
			Ca	Mg	Na	k	Total CEC	
1	Singoli, Uttar Pradesh	7.05	–	–	1.8	–	1.8	Kaolinite, muscovite, quartz
2	Nat. Aeronautic. Lab., Bangalore	7.10	2.31	0.7	1.7	0.2	4.9	Kaolinite, quartz
3	Dommalur Market, Bangalore	7.30	9.00	5.5	1.0	–	15.5	Kaolinite, montmorillonite, muscovite, quartz
4	Indian Inst. of Science, Bangalore	7.40	9.30	1.8	0.7	0.4	12.2	Kaolinite, montmorillonite, muscovite, quartz
5*	Mangalore Chem. Fertilizers, Mangalore	3.20	–	–	1.2	–	33.5	Kaolinite, feldspar, hematite, montmorillonite, muscovite,
6	Central Power Research Inst., Bangalore	7.30	10.80	4.0	2.6	1.0	18.4	Kaolinite, montmorillonite, muscovite, quartz
7	Indian Inst. of Science, Bangalore	7.70	13.90	2.7	1.0	0.6	18.2	As for Soil 4
8	Dommalur Market, Bangalore	7.60	12.90	2.0	1.3	0.6	16.8	As for Soil 3
9	Dommalur Market, Bangalore	7.80	15.80	3.1	1.6	1.5	22.0	As for Soil 3

* Includes 12.0 meq/100 g of exchangeable Al³⁺ and 20.3 meq/100 g of exchangeable H⁺ ions.

Likit limit ve kaolinitik zeminlerin değişebilen sodyum içeriği arasındaki zayıf ilişki çift tabaka teoreminde ki kil tanelerinin kalınlığına bağlı değildir. Oysa ki taneler arası güçler, likit limitte önemli bir rol oynarlar. Taneler arası itme ve çekme kuvvetleri tanelerin düzenini belirler ki bunlarda likit limit değerlerini düzenlerler.

Yüksek asidik zeminlerde sodyum iyon aralığı topaklanmaya bir bariyer yaratırken düşük Ph 'lı zeminlerde ise topraklanmaya destek olmaktadır. Tane topaklanması daha büyük ve likit limiti yüksek olan kaolinitik zeminler daha az büzüşür veya daha yüksek sedimen hacmi kaplar. Likit limitteki bir artış ile büzüşme limiti ve sedimentasyon hacmindeki bir artış eşlik etmektedir.

Sherwood ve Ryley (1970) gerçekleştirdikleri çalışmada Tablo 1.2 'de de görüleceği üzere farklı ülkelerde kullanılan koni uçlarına ait penetrasyon değerlerini göstermişlerdir.

Tablo 1.2 Sherwood ve Ryley (1970), Chang (1989) 'ın düzenlediği tablo

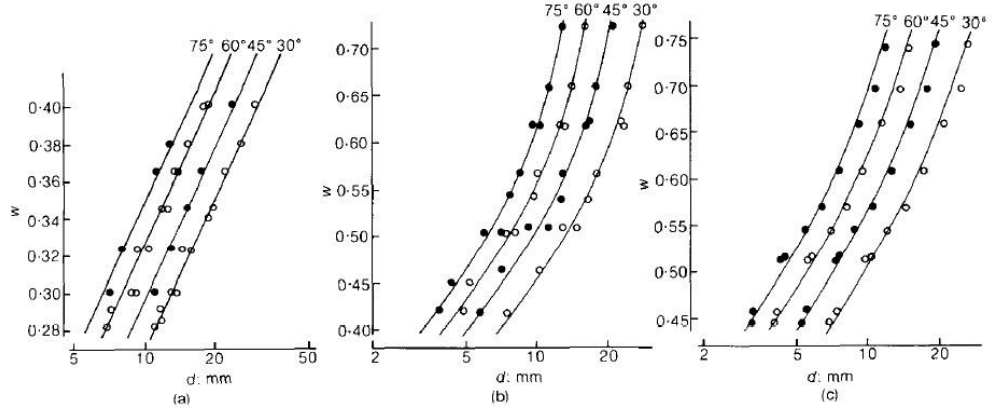
Country of Origin	Fall Cone Angle, degrees	Fall Cone Mass, g	Definition of Liquid Limit	References
Sweden	60	60	Moisture content corresponding to 10 mm penetration	Hansbo (1957), Karlsson (1961)
France	30	80	Apparatus calibrated against Casagrande device	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (1966)
United States	30	75	Moisture content corresponding to 10 mm penetration	Sowers, Vesic, and Grandolfi (1960)
India	31	148	Moisture content corresponding to 25 mm penetration	Uppal and Aggarwal (1958)
United Kingdom	30	80	Moisture content corresponding to 20 mm penetration	British Standards Institution (1975) (BS 1377:1975)
USSR, Bulgaria, Yugoslavia, East Germany	30	76	Moisture content corresponding to 20 mm penetration	Vasilev (1949), Stefanov (1958), Bozinovic (1958), Matschak and Rietschel (1965)
People's Republic of China	30	76	Moisture content corresponding to 17 mm penetration	PRC Soil Testing Standard SD 128-007-84 (1989)

Sherwood ve Ryley (1970), Wood (1982) da Casagrande yönteminin hataları ile ilgilenmişler ve bu hatalardan kaçmak için koni penetrasyon yöntemini önermişlerdir. Koni yöntemi; koni yüzey pürüzsüzlüğü, açısı ve sıvılaşma problemlerinden etkilendiğine değinmişlerdir.

Wroth ve Wood (1978) su içeriği ile kesme mukavemetinin Logaritmik ifadesi arasında lineer bir ilişki olduğundan bahsetmişlerdir.

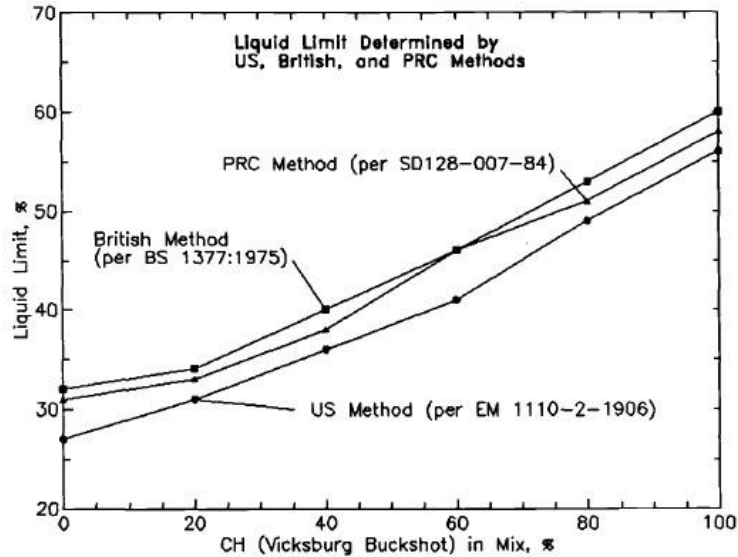
Lawrence (1980) yaptığı çalışmada 30° açıya sahip 80 gr ve 240 gr ağırlıkları olan 2 farklı koniyi çalışarak iki koni arasında su içeriğinde bir azalma saptamıştır. Ağırlığın 3 kat artması sonrasında su içeriğinde meydana gelen azalmayı sayısal olarak saptamıştır.

Gardiner(1982) de Drammen, Speswhite ve Cambridge Gault killeri üzerinde gerçekleştirdiği çalışmada 100 gr ağırlığında 30°, 45°, 60° ve 75° konilerini ayrı ayrı deneye tabi tutmuştur. (Şekil 1.2)



Şekil 1.2 Wood tarafından gerçekleştirilen Drammen (a), Speswhite (b) ve Cambridge Gault (c) killerine ait deneylerin w-d sonuçlarını gösteren şekilleri

Koester (1982) gerçekleştirdiği çalışmada İngiliz ve Çin konileri ile Çarpmalı yöntem olan Casagrandeyi karşılaştırmış ve İngiliz konisi ile Çin konisinin özelliklerinin benzer sonuçlar vermesine rağmen Casagrande yönteminin en az sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır. Sonuçları Şekil 1.3 de sunulmuştur.



Şekil 1.3 Siltli kil karışımlarının 3 farklı likit limit yöntemi ile sonuçlarının karşılaştırıldığı şekil

Koester (1982), Casagrande testinin dinamik bir yöntem olduğunu, düşen koni testinin ise yarı statik bir test olduğunu, siltli zeminlerde alternatif yöntem olarak düşen koni yönteminin uygulanabileceğinden bahsetmiştir. Düşen koni ile Casagrande arasında %4 kadar bir fark mevcut olduğundan bahsetmiştir.

Houlsby (1982); düşen koni bir kilin likit limitini belirlemede çok yaygın kullanılan bir yöntemdir, geçmişte likit limit testi başlıca bir dayanım testi ve likit limit de dayanım için ampirik karşılaştırma olarak sunulmaktaydı. Koni pürüzsüzlüğü koni yöntemi için tek faktör etkisidir. Likit limit testi bir kilin indeks özelliklerini belirlemede kullanılan standart bir yöntem olarak evrensel bir ölçüttür. Bu indeks özellikleri, dayanım ve konsolidasyon parametreleri gibi özellikleri karşılaştırırken ve mühendislerinin kendi çalışmalarını doğrularken kullanılmaktadırlar. Konik penetrasyon metodu, Casagrande metoduna nazaran daha anlamlı ve önemlidir. Zemin yüzeylerinde analiz yapılırken plastisite teorisine göre yapılır. Çözümü yerine getirmekle görevli sınır şartları gene bu teoriye bağlıdır. Oysaki geometri ve konideki büyük geometri değişiklerinin içerdiği statik durumların düşük sınırlarında konilerin özel penetrasyonları yükleme hesapları içermesi ihmal edilebilir değişim için gereklidir. Bu analizlerde zemin davranışları ile düşen koni testlerini uyumlu gösterir. Düşen koni likit limit testi kesme mukavemetinin belirlenmesinde kolay bir yöntem olarak belirtilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda koni açısının % 1'lik toleransının dayanım etkisine %6 kadar olduğunu göstermişlerdir. Çok kaba bir koniden ziyade yüzeyleri düz, pürüzsüz ve koni ucunun BS 1377 'de bahsi geçen maksimum %9,5 körlüğü olabileceğini bahsetmişlerdir. Çünkü bilinmeyen bir pürüzsüzlük etkisinden dolayı viskozite etkisinin ve zeminin kendi ağırlığını indirgediklerinde ikisinin birden küçüleceğine inanıyorlardı.

Puvvadi, Sivapullaiah ve Sridharan (1985) de gerçekleştirdikleri çalışmada kumların şekillerinden likit limit etkisi fark edilmese de kum tanesi boyutlarından dolayı, likit limitin etkilenmekte olduğu belirlenmiştir. Likit limiti; kil içeriğinin ve kil minerallerinin kontrol ettiği bilinmektedir. Likit limit su tutma kapasitesi olarak bilinse de zemin yüzeylerinde önemli bir rol oynar. Parçacıklar arası kuvvetler

(çekme, kimyasal bağlantı, anyon ve katyonlar) ile absorbe suyun ilişkisi vardır. Kesme mukavemetinin likit limite karşılık gelen bir değeri (su içeriği) vardır. Likit limiti akıcılığa dayanım ve belirli bir kesme dayanımındaki su içeriği olarak tanımlanmışlardır. Ayrıca kil içeriğine bağlı olarak likit limitin hesaplanabileceğini göstermek üzere aşağıdaki eşitliği vermişlerdir.

$$w_{ll} = (c/100) * w_{cll} \quad (1.2)$$

Yukarıdaki eşitlikte görüleceği üzere w_{ll} , likit limiti; c , kil yüzdesini ve w_{cll} ise kilin su içeriğini tanımlamaktadır.

Düşük plastisiteli killerde Casagrande yöntemi ile yapılan deneyler biraz yüksek değerler verebilmektedir. Bu durum bir düşük ve birde yüksek plastisiteli kil kullanılarak açıklanabilir. Casagrande aparatının kullanım zorlukları;

1) Oluğu açmanın zorluğu

2) Bir plastik malzeme gibi akmasından ziyade kap içerisinde kayma eğilimindedir

3) Plastik malzemeler akıştan ziyade şok ile sıvılaşmaya eğilimlidir. Bu zorlukların üstesinden gelmek ve zaman kazanmak için konik method'un kullanılabileceğini önermişlerdir. Koni yöntem; Casagrande aparatı kullanılarak elde edilen değerler ile aynı değerleri ortaya koymuştur. Kil - kum karışımlarından kil – kil karışımlarının etkileşimi daha fazla sapma göstermiştir. Kil – kum karışımlarının likit limitleri, kum partikülü boyutu ; kum tane şeklinden daha büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Yapılan çalışma sonucunda koni yöntemi sonuçları Casagrande yönteminde daha düşük değerler vermiştir.

Sridharan, Rao ve Murthy (1988) 'de yaptıkları çalışmada; kaolinitik zeminlerin belirlenmesinde parçacıklar arasındaki çekme ve itme kuvvetlerinin önemli bir rolü vardır. Kil yapısının etkilenmesi; sudaki sedimen hacmi değerleri ve büzüşme ile anlaşılmıştır. Sudaki büzüşme limiti ve sedimen hacmindeki yükselme tarafından likit limitteki yükselme beklendiği gibi tamamlanmıştır. Atterberg ve Casagrande

'nin yaptıkları büyük çalışmalar sayesinde zemin parçalarının topluluklarının Atterberg limitleri ile olan ilişkilerini indisler yardımı ile belirlemişlerdir.

Atterberg limitleri, şişme, büzüşme, sıkışabilirlik, geçirgenlik ve kesme mukavemeti gibi özellikler ile karşılaştırılmıştır. Kaolen kilinde doğal zeminlerin baskın likit limitini kontrol eden mekanizmayı açıklamaya çalışmışlardır. Önceki çalışmalar kaolinitin likit limit davranışlarının, saf hale getirilmiş olan malzemeleri ile başa çıkmaya çalışmışlardır.

Muhunthan (1991) gerçekleştirdiği çalışmada spesifik özgül yüzey alanının likit limitte önemli bir rol oynadığı nedeninin ise kilin kökenine bağlı olduğunu gerçekleştirdikleri deneyler ile kanıtlamıştır.

Düşen koni yöntemi ilk olarak İsveç Devlet Demiryolları (GCSSR) tarafından 1915 yılında 60° 60 gr ve 10 mm penetrasyona sahip bir uç önerilmiştir (Leroueil ve Bihan, 1996).

Sridharan ve Prakash (1998); yaptıkları çalışmada başlıca üç tanımlama gerçekleştirmişler ;

- 1) Serbest şişme limiti
- 2) Oturma limiti
- 3) Büzüşme limiti

Serbest şişme ve doğal zeminlerin oturma limitinin kararlılığı için basit yöntemler sunmuşlardır. Oturma limitini bir killi zeminin gerçek likit limiti olarak tanımlamışlardır. Killi zeminlerin maksimum su tutma kapasitesi oturma limitini temsil etmektedir.

Terzaghi, likit limit kavramını zemin mekaniği içerisine dahil etmiştir. Terzaghi 'nin önerisi üzerine Casagrande (1932 – 1958) yeni bir cihaz tasarlamış ve sonrasında likiti belirlemek için çarpmalı bir test metodu geliştirmiştir. Casagrande plastik halden likit hale geçtiği andaki zemin davranışını likit limit olarak

belirlemiştir. Casagrande yöntemi, Casagrande tarafından tasarlanarak dinamik penetrasyona yakınlığı saptanmıştır. Casagrande ile koni methodu arasında en az %18 en fazla %42 fark olduğunu belirlemiştir. İki yöntemde basit dayanım testidir. Gerçek likit limit geleneksel elde edilen likit limitten büyük olmalıdır (Sridharan ve Prakash, 1998).

Sridharan ve Prakash (2000) gerçekleştirdikleri çalışmada kaolinitik ve montmorilinitik zeminlerin likit limitlerini kontrol eden mekanizmanın birbirinden farklı olduğunu belirtmişlerdir. Viskoz kesme dayanımını özellikle Casagrande methodu kontrol eder. Sürtünme kesme direncini baskın olarak koni methodu kontrol etmektedir. Viskoz kesme dayanımı çift tabakalı su tutması yüzünden meydana gelse de montmorilinitik zeminlerde karakteristiktir ve montmorilinitik zeminlerde yayılı çift katman kalınlığı tarafından başlıca kontrol edilir. Casagrande montmorilinitik zeminlerde iyi uyum gösterir. Kaolinitik zeminlerde koni yöntemi daha iyi sonuç vermektedir. Koni methodu, düşük likit limit oranlarında yüksek, yüksek likit limit oranlarında düşük değerler verir. Koni yöntemi ile çarpmalı yöntem arasında % 10-200 farklılık olabilir. Montmorilinitlerde Casagrande yöntemi yüksek, Kaolinitlerden koni yöntemi yüksek değerler vermektedir. Kil oranından ziyade içerdiği kilin daha önemli olduğundan bahsetmişlerdir.

Koumoto ve Houlsby (2001) 'de koni geometrisi, koni açısı ve penetrasyon derinliğinin ilişkisini ortaya koymaya çalışmışlardır. Koni tipi açısı, koninin yüzey pürüzlülüğüne ve penetrasyon sırasındaki kesme gerilmesi oranını ve konik penetrasyon faktörünü etkilediğini. dayanımı tanımlarken 60° koninin, 30° koniden daha uygun bir tanımlama yaptığını, çünkü koni pürüzlülüğü penetrasyonunun hassasiyetine etkisi daha azdır. Yaptıkları çalışmada 60° ve 60 gr koni için logw ve logh liner grafiğinde 10 mm batmanın karşılık geldiği su içeriğini likit limit olarak tanımlamışlardır.

Dolinar ve Trauner (2005) 'de yaptıkları çalışmada zeminlerin mineralojik özelliklerinin, zeminlerin likit limitlerinde önemli bir rol oynadığından

bahsetmişlerdir. Deneysel çalışmalarda zemindeki kil minerallerinin miktarı, boyutu ve tipi başlıca indeks parametrelerinin bağlı olduğu özelliklerdir demişlerdir.

Orhan, Özer ve Işık (2006) gerçekleştirdikleri çalışmada 455 adet zemin örneği kullanmışlardır. Viskoz kayma direnci Casagrande yöntemi vasıtası ile sürtünmeli kayma direnci ise koni batma yöntemi ile belirlenir. Bu iki yöntemin birbirinden farklı olmasının ana temel 2 sebebidir. Likit limit 100 den düşük ise sürtünmeli kayma direnci etkilidir. Casagrande yöntemi ile belirlenen likit limit su içeriğinde, zemin henüz viskoz duruma ulaşmadığından koninin zemin içine doğru ilerlemesine direnç göstermekte ve batma miktarı 20 mm'den az olmaktadır. Zemin numunesinin viskoz duruma gelmesi ve 20 mm batmaya ulaşması için su içeriğinin daha yüksek olması gerekmektedir. Bu nedenle böyle zeminlerde koni batma yöntemi ile belirlenen likit limit değerleri Casagrande ile belirlenenlerden daha yüksek olmaktadır.

Dipova (2011) 'de gerçekleştirdiği çalışmada üç farklı eşitlik elde ederek bu eşitliklere ait standart sapma ve hata oranı en az olan eşitliğin; $LL=w/(0,33*(P/20)+0,66)$ olduğunu ancak tek nokta deneyinde yapılacak olan herhangi bir hatanın doğrudan likit limit sonuçlarını etkilediğinden dolayı çok dikkatli uygulanması gerektiğine değinmiştir.

BÖLÜM İKİ

GENEL JEOLojİ

Genel jeoloji bölümünde; tez çalışması deneylerinde iki farklı plastisite özelliğine sahip kil kullanmamızın nedeni; iki farklı bölgeye ait genel jeolojik bilgileri daha önceden o bölgede yapılmış olan çalışmalardan derlenerek verilecektir. Öncelikli olarak, Aydın ili Kuşadası ilçesinde yeralan Kuş-Atak Atık Depolama Tesisi çevresinden gelen killer için Kuşadası ve çevresinin jeolojisinden bahsedilecek. Daha sonra, tez çalışmasında kullanılan Kaolen 143 isimli kilin geldiği bölgeye ait olan Balıkesir ili Sındırgı dolaylarının jeolojisinden bahsedilecektir.

2.1 Aydın İli Kuşadası Civarının Genel Jeolojisi

Çalışmada kullanılan Kuş-Atak Kilinin geldiği bölgede metamorfik kayalar, tortul kayalar ve volkanik kayalar yer almaktadır. Alanın temelini Menderes Masifi metamorfiklerine ait şistler ve gnayslar oluşturur. Başlıca mikaşist, kuvarşist ve kalkışistlerden oluşan şistler yine Menderes Masifi metamorfiklerine ait mermerler tarafından uyumlu olarak üstlenir. Gri renk tonlarında, orta-kalın katmanlı, bol çatlaklı ve karstik boşluklu olan mermerler yer yer şist mercekleri içerir ve Menderes Masifi metamorfiklerinin en üst düzeylerinde olup, Üst Triyas-Üst Kretase yaşlıdır (Çağlayan vd., 1980). Metamorfik kayaçları, Kuşadası birimi olarak adlandırılan (Tarcan vd., 1999), tabanda çakıltısıyla başlayan kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, marn, killi kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan Neojen (Miyosen-Pliyosen) yaşlı gölsel tortullar uyumsuz olarak üstler. Davutlar volkanik birimi olarak adlandırılan (Tarcan vd., 1999), altta ince bir tüfit düzeyi içeren ve (Ercan ve Günay, 1981)' in traki bazaltik olarak nitelendirdikleri volkanitler, Menderes Masifi metamorfiklerini ve Neojen' in gölsel tortullarını (Kuşadası birimi) keserek uyumsuzlukla üstler. Bütün bu birimleri çakıl, kum, kil boyutunda malzemelerden meydana gelen Kuvaterner yaşlı alüvyon uyumsuz olarak örter ve Kuşadası yamaçlarında en genç oluşuktur. Çalışma alanının güneyinde yer alan Menderes Masifi metamorfiklerine ait mermerler ile Kuşadası birimi ve Davutlar volkanik biriminin dokanağı yer yer faylanmıştır.

2.1.1 Kuşadası Birimi

Birim, Kuşadası ilçesinin kuzeyinden başlayarak güneye doğru; Kuşadası İlçesi Soğucak ve Caferli köyleri civarını, Davutlar beldesinin güney ve güneydoğusunu içine alan bölgenin fazla yükseltisi olmayan tepelerinde ve tatlı eğimli yamaçlarında gözlenir. Tabanda çakıllaşlarıyla başlayan birim baskın olarak; kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, marn, killi kireçtaşı ve kireçtaşı araldanmasından oluşmaktadır. Çakıllaşları üzerinde yer alan bu oluşuklar düzenli katmanlanmalı ve değişik kalınlıklarda olup yer yer kıvrımlanma sunmaktadırlar. Birim içerisindeki çakıllaşları temelden türemiş malzemelerden yapılıdır ve taban çakıllaşı niteliğindedir. Çakıllaşları gri-sarımsı kahve renklerde ve ara dolgu kırmızımsı renk tonlarındadır. Mermer, kuvarsit, kalsit ve şistlerden oluşan çakıllar bazı yerlerde iri çakıl boyutunda gözlenmekle beraber; genelde orta çakıl boyutlu ve iyi yuvarlaklaşmıştır. Uyumlu olarak çakıllaşlarının üzerinde araldanmalı bir şekilde yer alan oluşuklar düzenli katmanlanmaları ile göze çarpan; kumtaşları, kıltaşları silttaşları, marnlar, killi kireçtaşları ve kireçtaşlarıdır. Kumtaşları sarı-gri renklerde olup kuvars kırıntılarında oluşmuştur. Bileşenleri boylanmış ve yuvarlaklaşmıştır. Çalışma alanında çoğunlukla ayrılmış şekilde gözlenirler. Suda şişme özelliği olan kıltaşları beyazımsı sarı-grimsi yeşil renklerde ve laminalı ve düzenli ince katmanlı olan bu kıltaşları dayanımsız olup yer yer kıvrımlı ve kırıklı bir yapıya sahiptir. Birim içerisindeki silttaşları ve marnlar egemen bir yayılım sunarlar. Özellikle marnlar orta ç dayanımlı olup değişken kalınlıklarda gözlenirler. Sarımsı beyaz-kahvems gri renklerde olan killi kireçtaşları birim içerisinde geniş yayılım sunar. Değişen kalınlıkta katmanlanma sunan (10-100 cm) bu seviye orta dayanımlı olup kıvrımlı ve kırıklıdır. Kuşadası İlçesi çevresiyle Soğucak ve Caferli köyleri doğusunda yer alan kireçtaşları; kirli beyaz-sarımsı renkler sunar. Genelde sert ve dayanımlı olan kireçtaşları; Soğucak ve Caferli köyleri doğusunda daha dayanımsızdır. Katmanlanma kalınlıkları 10-80 cm arasında değişir. Soğucak Köyü civarında, ince taneli tortullar arasında (özellikle kıltaşı, killi kireçtaşı ve kireçtaşı) kalınlığı 5 cm' yi geçmeyen kömürlü seviyeler izlenebilmektedir. Ayrıca Pilav Tepe' nin güneyindeki faydan güneye doğru gidildikçe Neojen yaşlı tortulların kalınlığı artar. Mağriboğlu Mevkii civarında 10-50 m arasında değişen bu tortulların kalınlığı Yeni Garaj

güneyinde 250-300 m' ye değin ulaşır (FilizveTarcın, 1993). Kuşadası biriminin alt dokanağı Menderes Masifi metamorfikleri ile açısız uyumsuz olmakla beraber yer yer faylı dokanak şeklindedir. Kuşadası birimin üst dokanağı ise Davutlar volkanik birimi ile ayrımlı kaya uyumsuzluğuna sahiptir. Koçbaş (1987), birim içinde; özellikle kumlu düzeylerde ve killi kireçtaşlarında bulunduğ Planorbis sp. ve Helix sp. gastropod fosillerinin kesin yaş vermemesinden dolayı, önceki çalışmalara dayanarak birime Üst Miyosen yaşını vermiştir. Birim altta çakıltaşları ile başlayıp dereceli olarak daha ince kırıntılardan oluşan ardalanmalı düzeylere geçer. Gastropod fosillerinin varlığı ortamın gölsel olduğunu gösterir. Ayrıca alanda ince malzeme miktarının egemen oluşu gölsel ortamın derin ve uzun süreli varlığını simgelemektedir.

2.2 Balıkesir İli Sındırgı İlçesi Yöresinin Jeolojisi

Akkuş (1962), Kütahya-Gediz civarında çalışmış ve bölgenin jeolojisini ortaya koymuştur. Araştırmacıya göre bölgede Paleozoyik yaşlı fillit, killi şist, serisit şist ve grovaklar, Mesozoyik yaşlı mermer ve kristalin kalkerler, Neojen yaşlı beyaz renkli karasal göl kalkerleri ve Kuvaterner yaşlı genç alüvyonlar yüzlek verirler

Kalafatçioğlu (1964), Balıkesir-Kütahya arasındaki bölgenin jeolojisini incelemiş; bölgenin temelde Paleozoyik yaşlı mermerler ve çeşitli şistlerden oluştuğunu tespit etmiştir. Bu temel serinin en altında gnayslar görülmektedir. Araştırmacıya göre bu temel serisinin metamorfizma derecesi değişkendir. Ayrıca araştırmacı metamorfik serinin üzerine fosilli Permiyen yaşlı gre ve kalkerlerin geldiğini ortaya koymuştur

Işık ve Savaşçın (1987), Düvertepe nahiyesi çevresinin jeolojisi ve kaolinize tuf yataklarının incelenmesini konu alan çalışmalarında bölgede kaolinleşmenin iki ayrı jeolojik olayın etkisi ile gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Bunlar; tufelerin yerinde hidrotermal ve benzeri post volkanik olaylarla kaolenleşmeleridir.

Elmacı (1989), Balıkesir-Sındırgı-Düvertepe bölgesinde yaptığı çalışmasında bölgenin tabandan tavana Mesozoyik yaşlı karmaşık seri, Senozoyik yaşlı taban tufü,

taban opali, kaolen, tavan opali, dasit tf, killi kirataşı-tüfit, kumlu kaolen, opal, pomzalı riolitik tf, camsı riolitik lav ve riolit lav birimlerinden meydana geldiğini ortaya koymuştur.

Çalışkan (2005) tarafından gerçekleştirilen tez çalışmasında Kaolen 143 kiline kimyasal analizler yapılarak malzemenin içeriğinin $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ olarak tanımlanmıştır.

BÖLÜM ÜÇ

ÇALIŞMADA KULLANILAN KONİK UÇLAR

Bu çalışmada kullanılan 12 adet farklı şekilli uç ile bunlara ek olarak ağırlıkları farklı 2 adet konik ucun detayları aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 3.1 Konik Penetrasyon Uçlar (Prof. Dr. Necdet TÜRK tarafından hazırlatılan Konik Penetrasyon uçlar * ile gösterilmiştir)

Uç Adı	Uç Açısı (derece)	Uç Ağırlığı (gr)	Uç Şekli	
Standart Uç	30	80	koni	
Uç No 1	30	90	koni	*
Uç No 2	30	130	koni	*
Uç No 3	30	170	koni	*
Uç No 4	45	90	koni	*
Uç No 5	45	170	koni	*
Uç No 6	60	90	koni	*
Uç No 7	30	90	kare Primit	*
Uç No 8	30	130	kare Primit	*
Uç No 9	30	90	Dikdörtgen tabanlı V ağız	*
Uç No 10	30	170	Dikdörtgen tabanlı V ağız	*
Uç No 11	30	90	10 x 1,5 mm V ağz	*
Uç No 12	30	90	10 x 2,0 mm V ağz	*
Uç No 13	30	160	koni	
Uç No 14	30	120	koni	

Uçlara ait kutu yerleşim planı EK1 'te sunulmuştur.



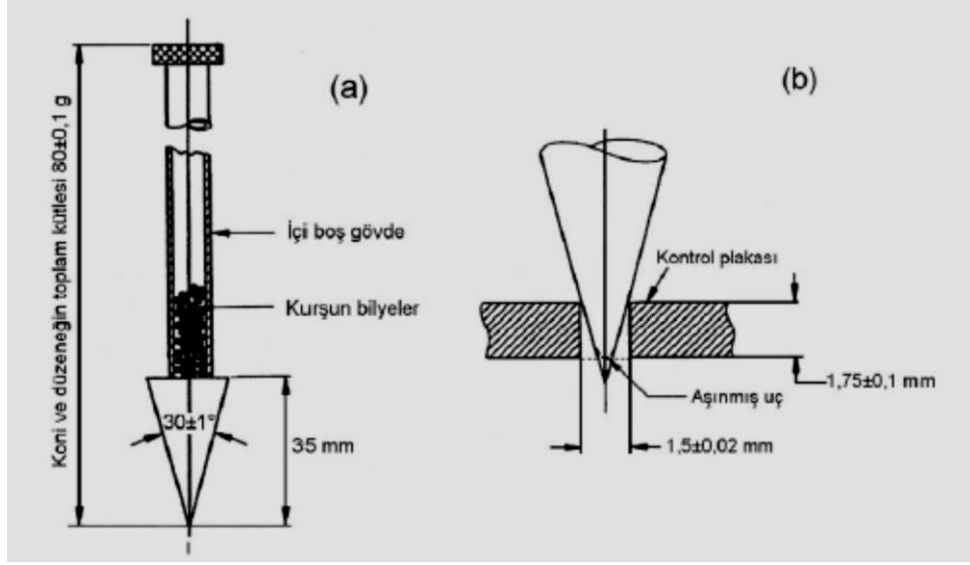
Şekil 3.1 Konik penetrasyon uçların genel görünümü (kutu içeriği ile birlikte yerleşim düzeni)

3.1 Standartlarda Belirtilen Uca Ait Bilgiler

BSI 1377 : part 2 : 1990 no'lu standart da konik penetrasyon ucu ile alakalı olarak; paslanmaz metalden yapılmış ve aşağıda ölçüleri belirtilen özelliklerde olması gerektiğinden bahsetmiştir.

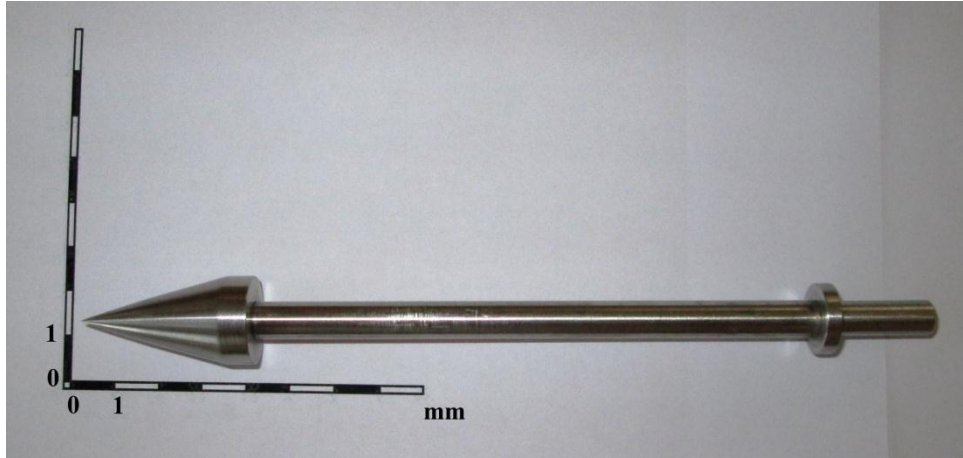
Tablo 3.2 Yaygın olarak kullanılan koniler ve özellikleri

	Uç Açısı (°)	Koni ağırlığı (gr)	Likit limit için batma miktarı (mm)
Hindistan Konisi (IS 2720 part 5)	31	148	25,4
İsveç Konisi (CAN/BNQ 2501-090-M-86)	60	60	10
Fransız Konisi (AFNOR: NFP94 052 1)	30	80	17
İngiliz Konisi (BSI 1377 – 2)	30	80	20
Çin Konisi (SD 128-007-084)	30	76	17



Şekil 3.2 a. Koni ve düşürme düzeneği, b. koni ucunun kontrolü (BS 1377-2'den (1990) değiştirilerek alınmıştır.)

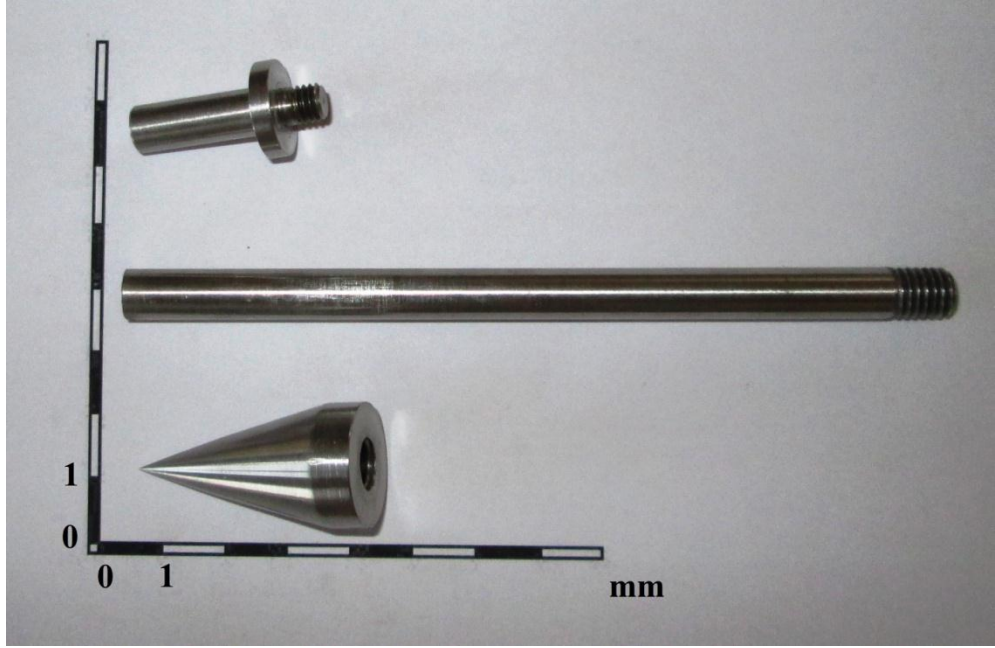
Şekil 1.5'de b sekmesinde görüleceği üzere verilen ölçülerde açılan bir plakada konik uç dikkatli bir şekilde kontrol edilerek eli çizmeyecek bir sivriliğe sahip olması gerekmektedir.



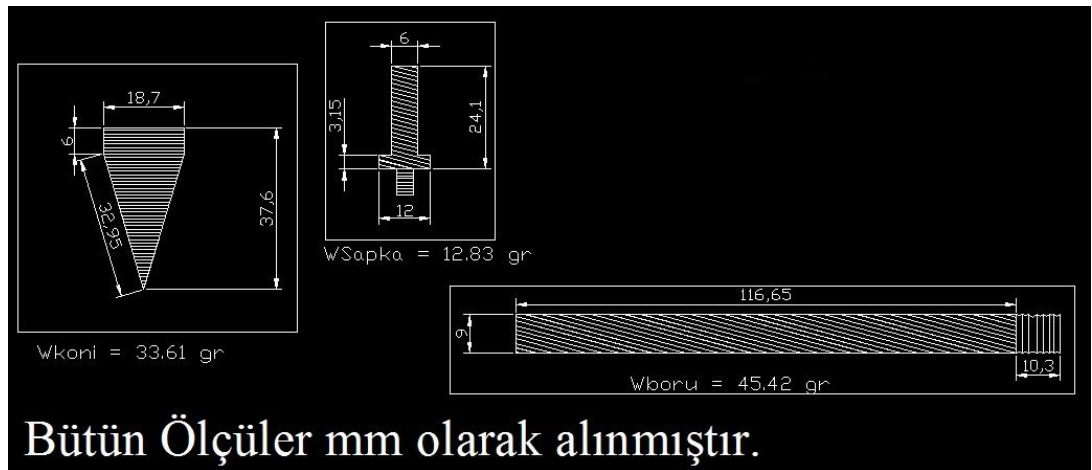
Şekil 3.3 BSI 1377 : part 2 : 1990 no'lu standartlarda belirtilen konik uca ait ölçekli görüntü

3.2 Konik Uç 1 ' e Ait Bilgiler

Konik uç no 1; standart uç ile aynı aç ı değerine sahip olmasına nazaran 90 gr ağırlığa ve koni şekline sahiptir.



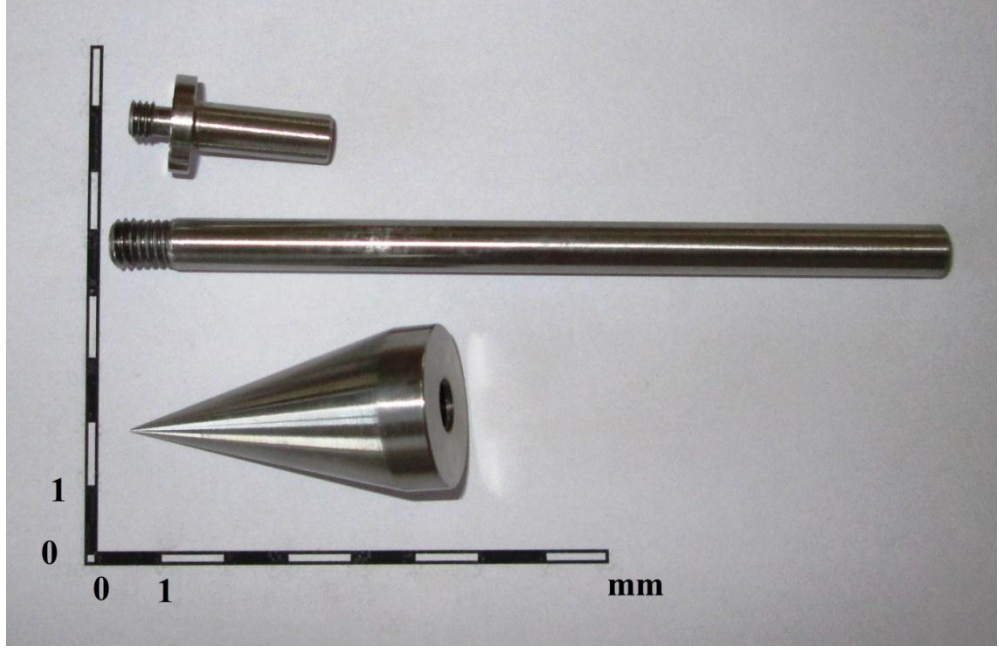
Şekil 3.4 Konik Uç No 1'e ait ölçekli şekil



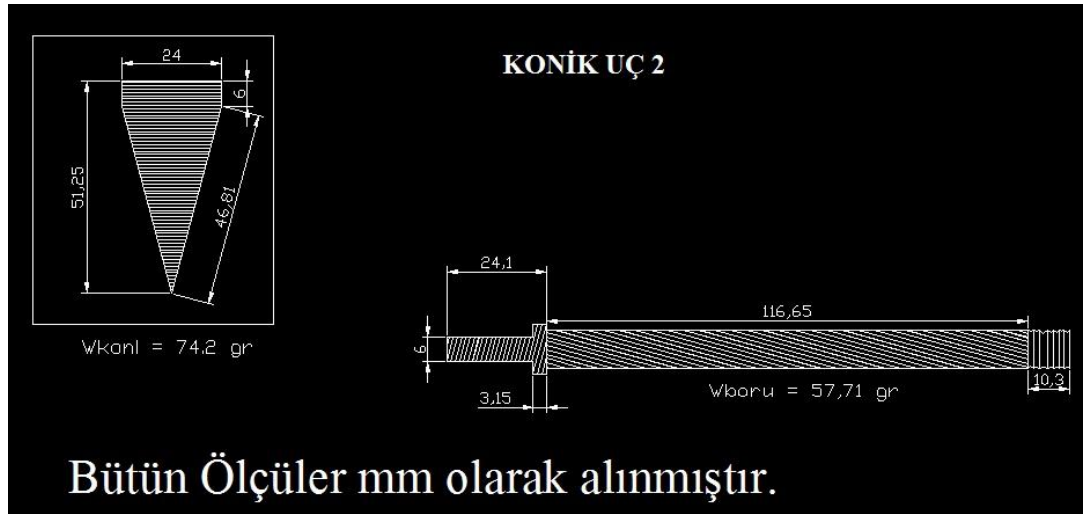
Şekil 3.5 Konik Uç No 1'e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir)

3.3 Konik Uç 2 'ye Ait Bilgiler

Konik uç no 2; standart uç ile aynı açI değerine sahip olmasına nazaran 130 gr ağırlığa ve koni şekline sahiptir.



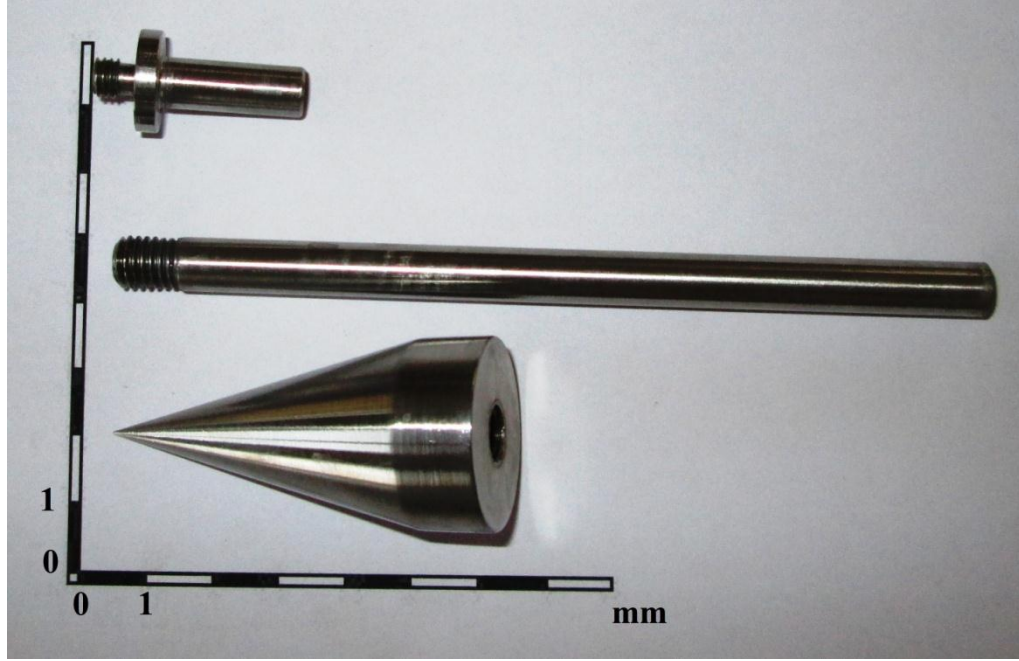
Şekil 3.6 Konik Uç No 2'ye ait ölçekli şekil



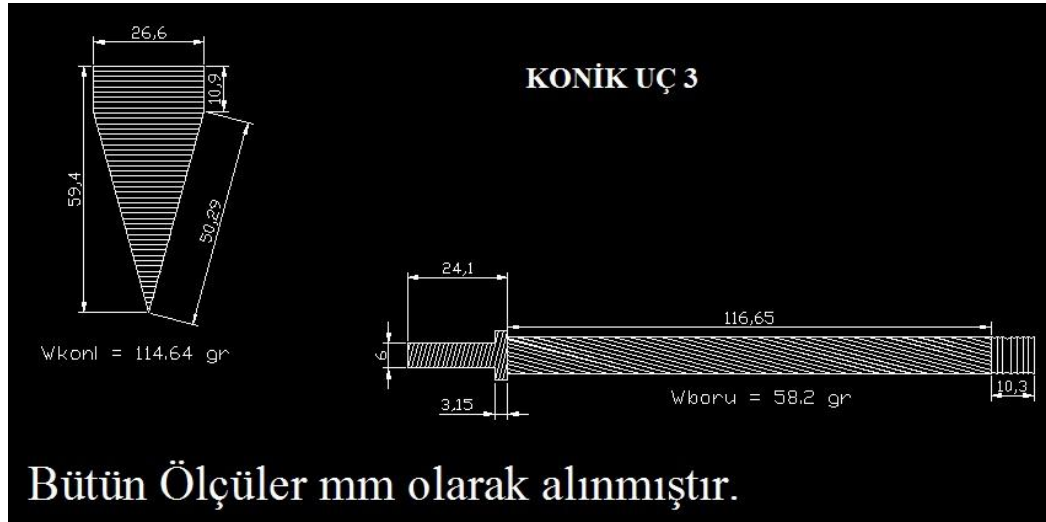
Şekil 3.7 Konik Uç No 2' e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir)

3.4 Konik Uç 3 ' e Ait Bilgiler

Konik uç no 3; standart uç ile aynı açış değerine sahip olmasına nazaran 170 gr ağırlığa ve koni şekline sahiptir.



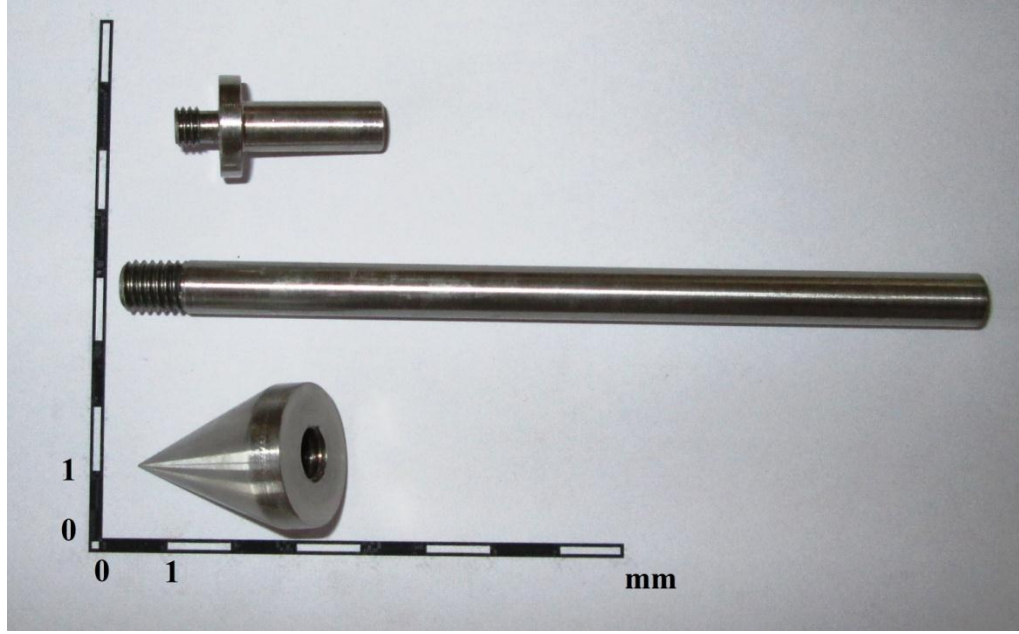
Şekil 3.8 Konik Uç No 3'e ait ölçekli şekil



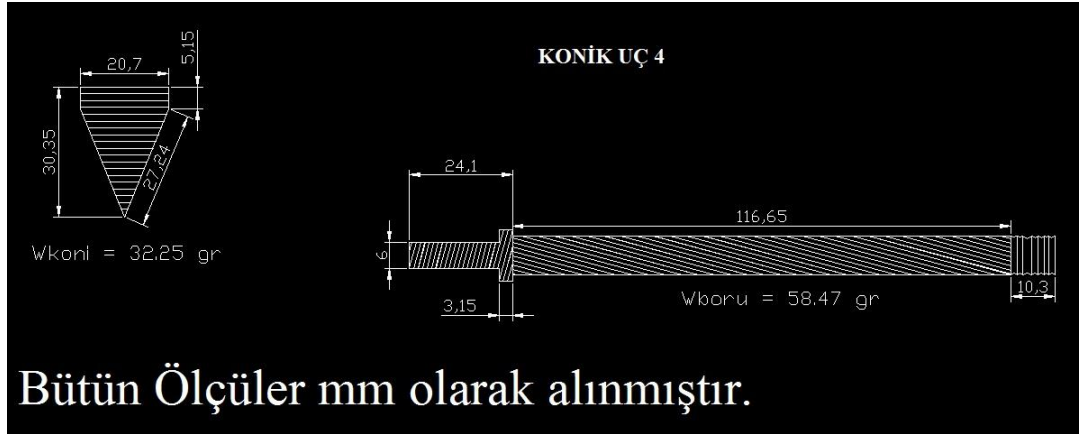
Şekil 3.9 Konik Uç No 3' e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir)

3.5 Konik Uç 4 ' e Ait Bilgiler

Konik uç no 4; standart uçtan farklı olarak 45 derece açılı değerine sahip olması, 90 gr ağırlığa ve koni şekline sahiptir.



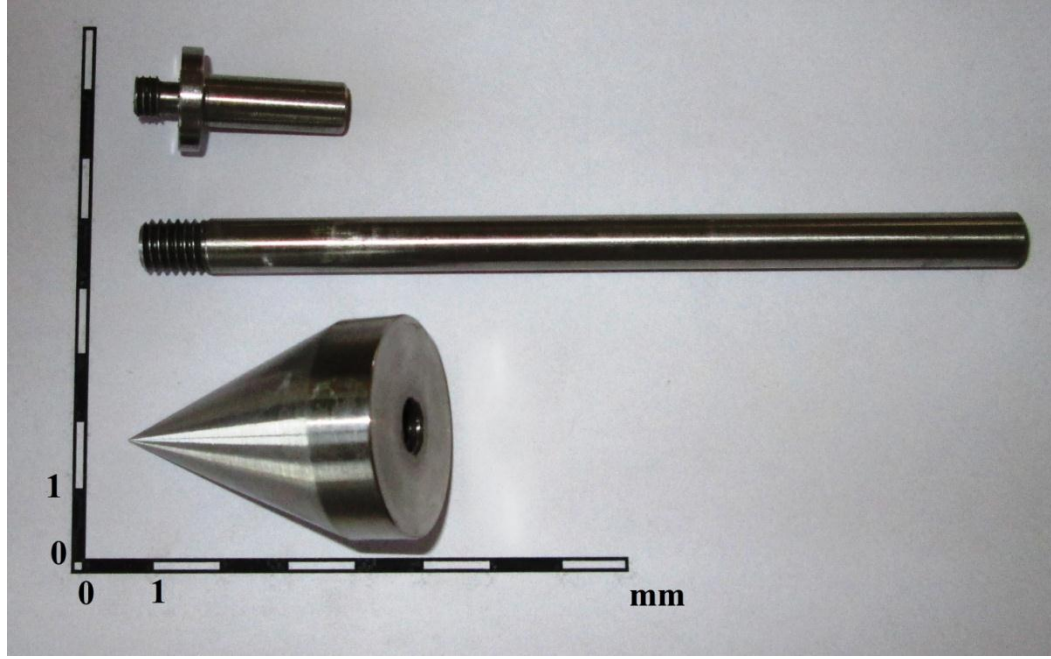
Şekil 3.10 Konik Uç No 4'e ait ölçekli şekil



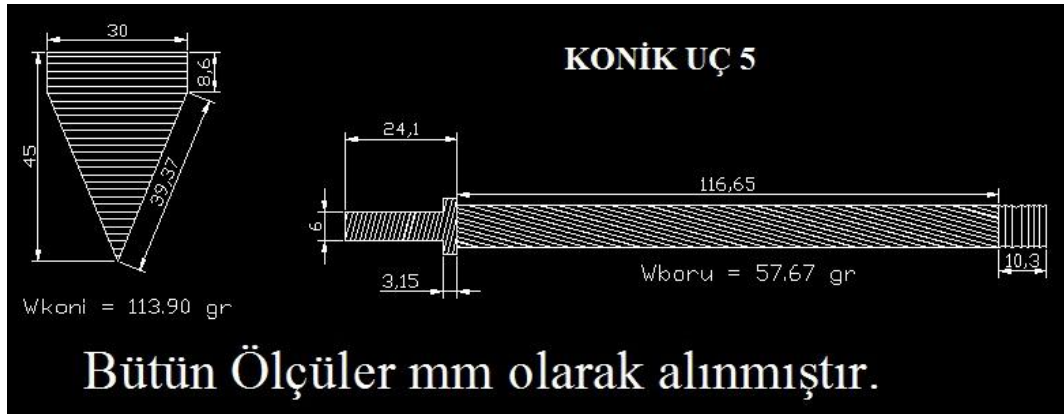
Şekil 3.11 Konik Uç No 4' e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir)

3.6 Konik Uç 5 ' e Ait Bilgiler

Konik uç no 5; standart uçtan farklı 45 derece açı değerine sahip olması, 90 gr ağırlığa ve koni şekline sahiptir.



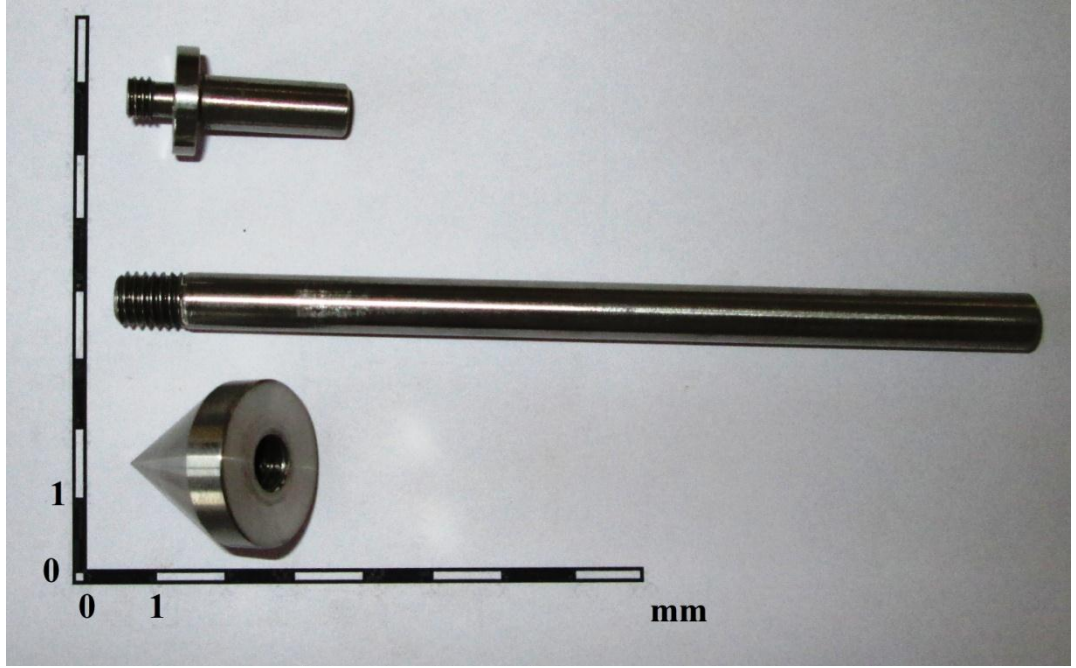
Şekil 3.12 Konik Uç No 5'e ait ölçekli şekil



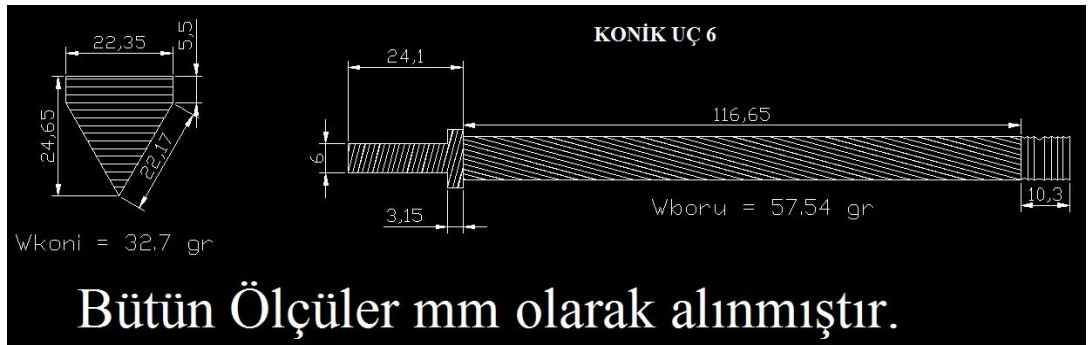
Şekil 3.13 Konik Uç No 5'e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir)

3.7 Konik Uç 6 'ya Ait Bilgiler

Konik uç no 6; standart uçtan farklı 60 derece açı değerine sahip olması, 90 gr ağırlığa ve koni şekline sahiptir.



Şekil 3.14 Konik Uç No 6'ya ait ölçekli şekil



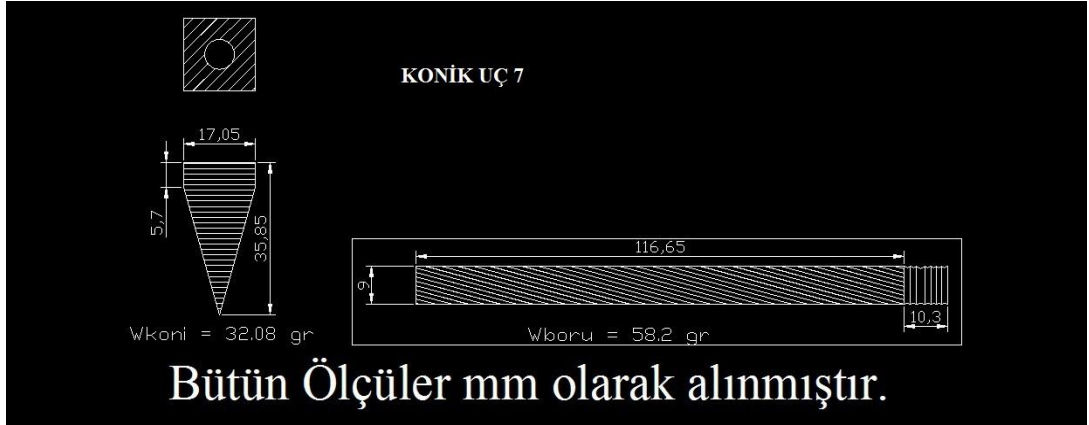
Şekil 3.15 Konik Uç No 6'ya ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir)

3.8 Konik Uç 7 'ye Ait Bilgiler

Konik uç no 7; standart uçla aynı açı değerine sahip olması, 90 gr ağırlığa ve kare pramit şekline sahiptir.



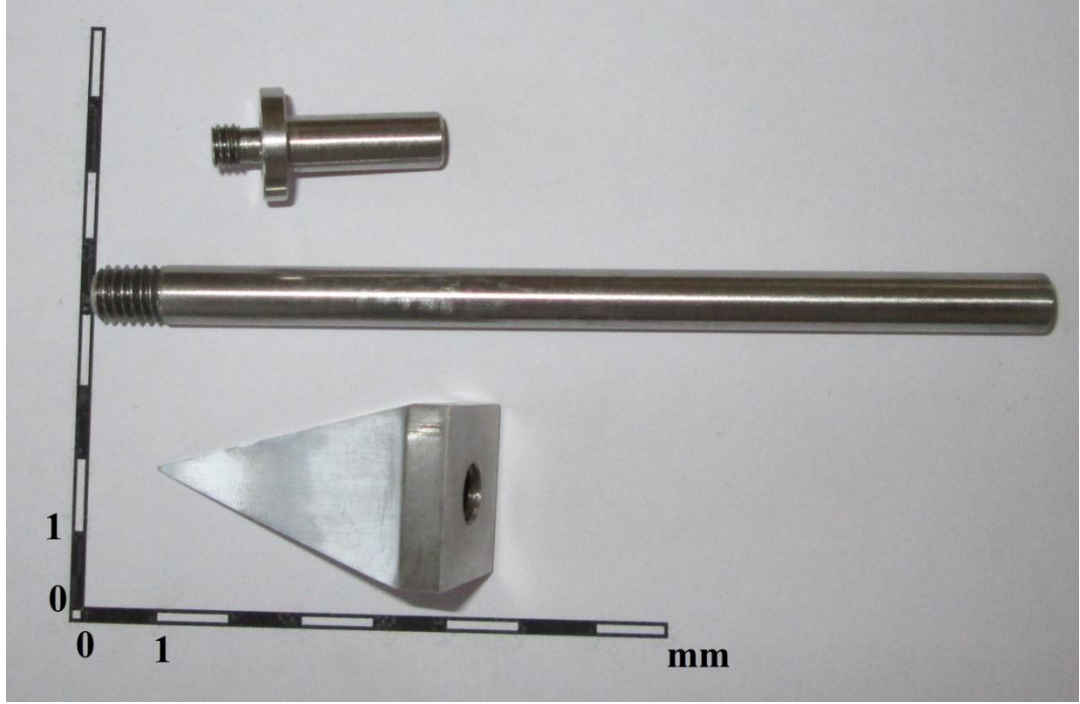
Şekil 3.16 Konik Uç No 7'ye ait ölçekli şekil



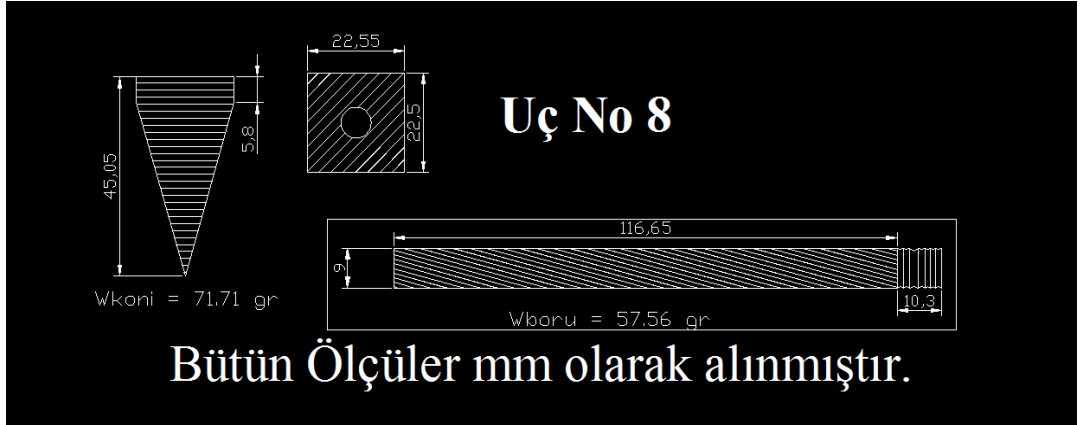
Şekil 3.17 Konik Uç No 7'ye ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir)

3.9 Konik Uç 8 'e Ait Bilgiler

Konik uç no 8; standart uç ile aynı açı değerine sahip olması, 130 gr ağırlığa ve kare piramit şekline sahiptir.



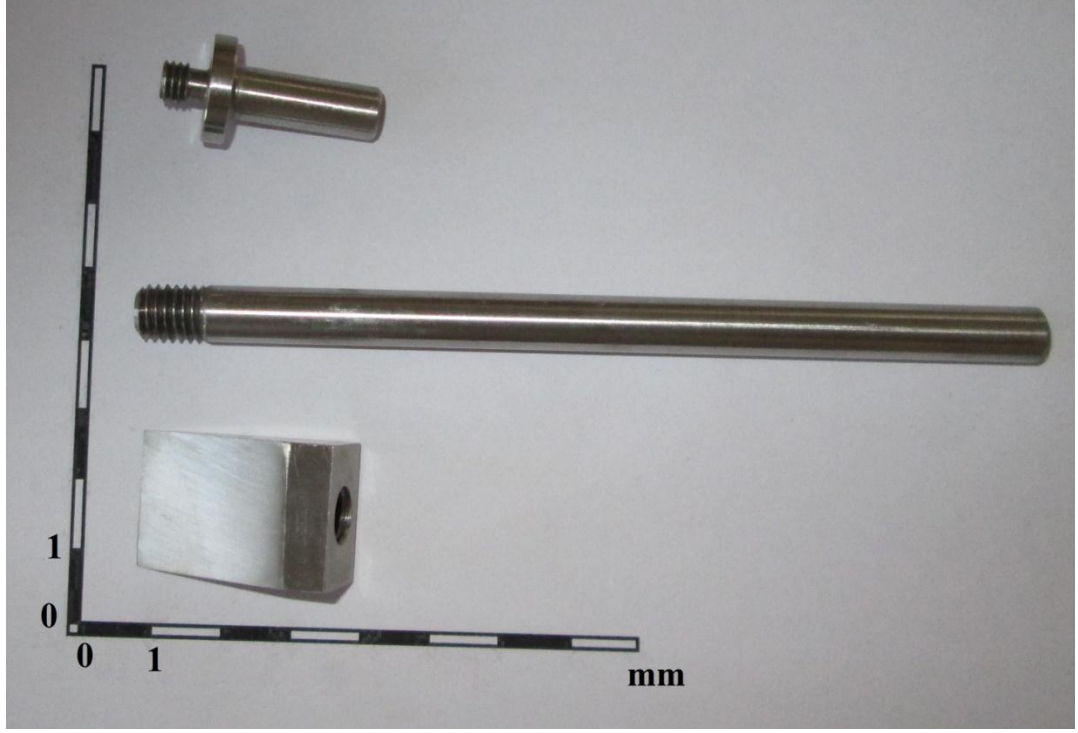
Şekil 3.18 Konik Uç No 8'e ait ölçekli şekil



Şekil 3.19 Konik Uç No 8'e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir)

3.10 Konik Uç 9'a Ait Bilgiler

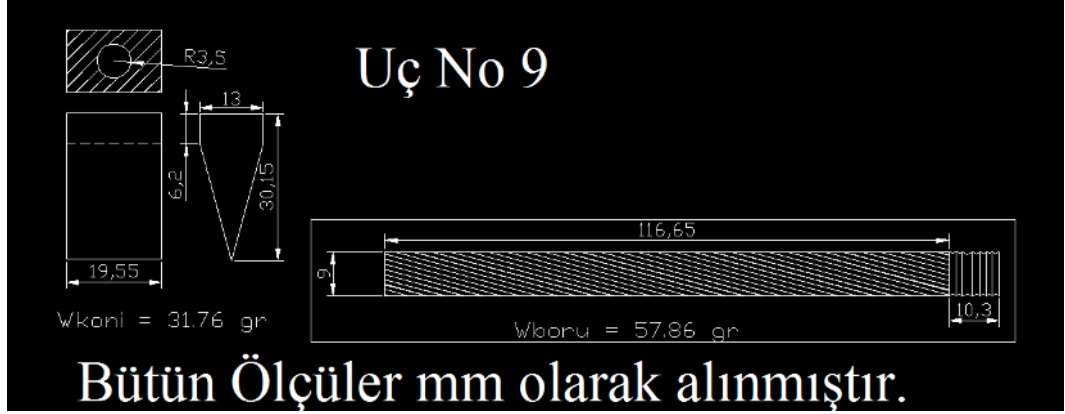
Konik uç no 9; standart uç ile aynı açılı değerine sahip olması, 90 gr ağırlığa ve dikdörtgen tabanlı V ağız şekline sahiptir.



Şekil 3.20 Konik Uç No 9'a ait ölçekli şekil



Şekil 3.21 Konik Uç No 9'a ait ölçekli şekil



Şekil 3.22 Konik Uç No 9'a ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir)

3.11 Konik Uç 10 'e Ait Bilgiler

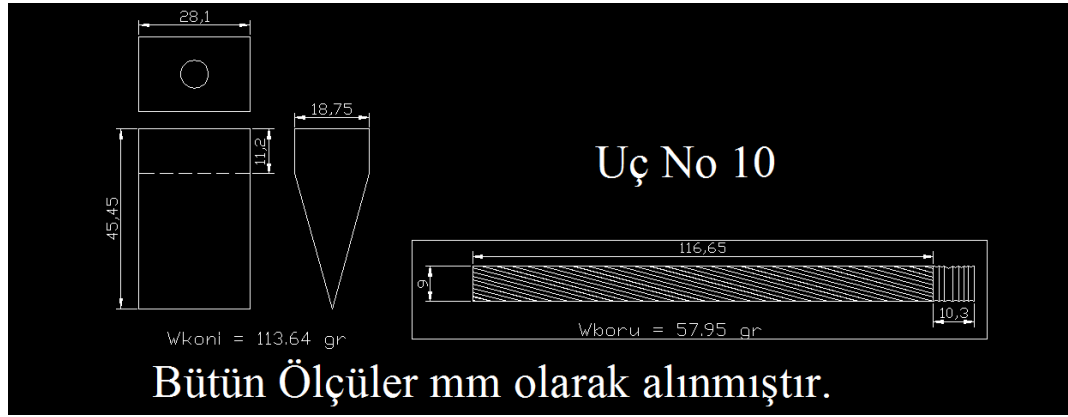
Konik uç no 10; standart uç ile aynı açı değerine sahip olması, 170 gr ağırlığa ve dikdörtgen tabanlı V ağız şekline sahiptir.



Şekil 3.23 Konik Uç No 10'a ait ölçekli şekil



Şekil 3.24 Konik Uç No 10'a ait ölçekli şekil



Şekil 3.25 Konik Uç No 10'a ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir)

3.12 Konik Uç 11 'e Ait Bilgiler

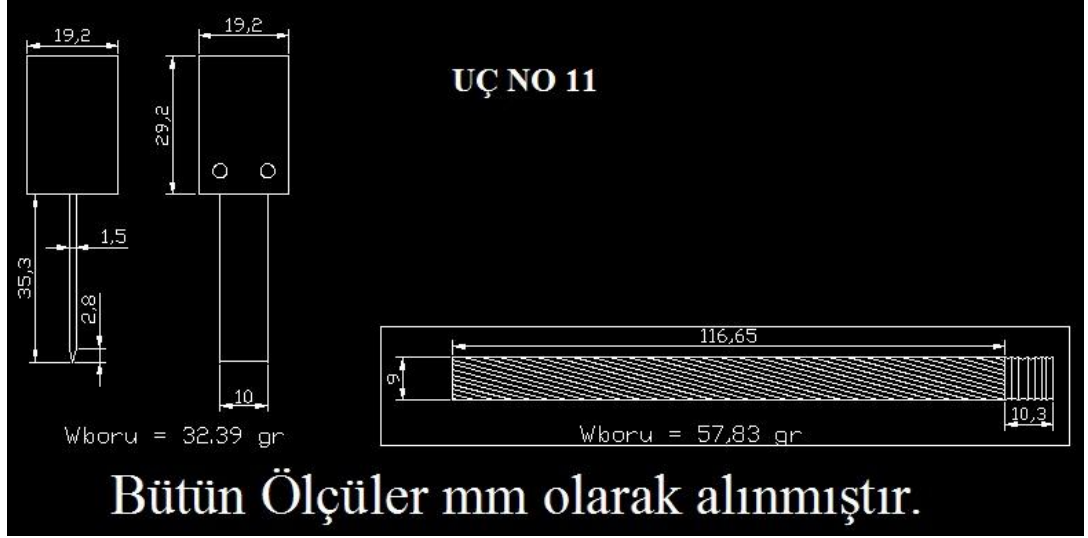
Konik uç no 11; standart uç ile aynı açı değerine sahip olması, 90 gr ağırlığa ve 10x1,5 mm V ağız şekline sahiptir.



Şekil 3.26 Konik Uç No 11'e ait ölçekli şekil



Şekil 3.27 Konik Uç No 11'e ait ölçekli şekil



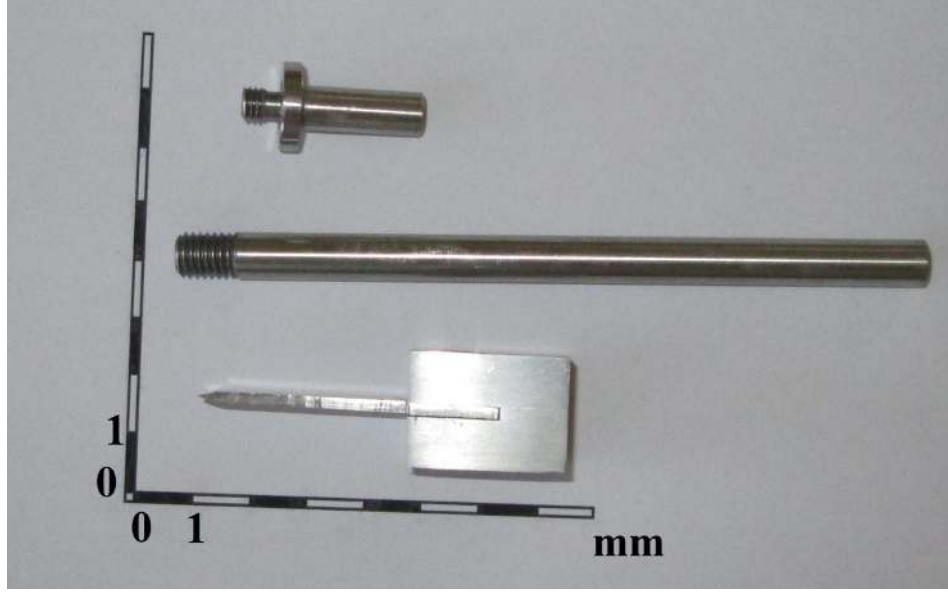
Şekil 3.28 Konik Uç No 11'e ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir)

3.13 Konik Uç 12 'ye Ait Bilgiler

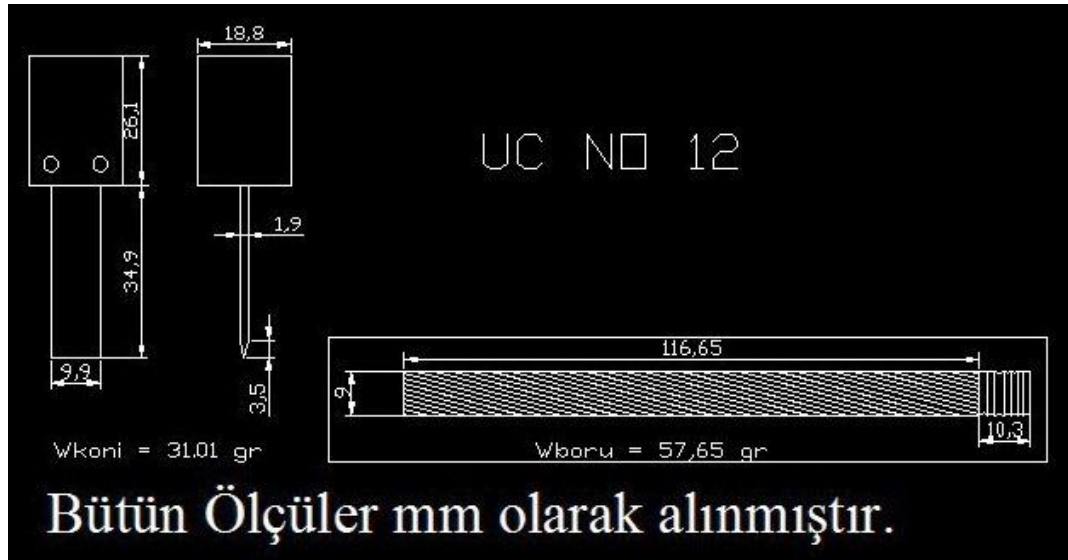
Konik uç no 12; standart uç ile aynı açI değerine sahip olması, 90 gr ağırlığa ve 10x2,0 mm V şekline sahiptir.



Şekil 3.29 Konik Uç No 12'ye ait ölçekli şekil



Şekil 3.30 Konik Uç No 12'ye ait ölçekli şekil



Şekil 3.31 Konik Uç No 12'ye ait ölçüler (Autodesk Autocad programından faydalanarak çizilmiştir)

3.14 Konik Uç 13'e Ait Bilgiler

Konik uç no 13; 30 derece konik uçlar arasındaki bağlantıyı ve açıya bağlı değişimi anlayabilmek için Standart Uç üzerine ağırlık ekleyerek oluşturmuş olduğumuz uçtur. Uç No 13; standart uç ile aynı açı değerine sahip olması, farklı olarak ise 160 gr ağırlığa ve koni şekline sahiptir.

3.15 Konik Uç 14 ‘e Ait Bilgiler

Konik uç no 14; 30 derece konik uçlar arasındaki bağlantıyı ve açığa bağlı değişimi anlayabilmek için Standart Uç üzerine ağırlık ekleyerek oluşturmuş olduğumuz uçtur. Uç No 14; standart uç ile aynı açı değerine sahip olması, farklı olarak ise 120 gr ağırlığa ve koni şekline sahiptir.

BÖLÜM DÖRT

DENEYSEL YÖNTEMLER

Bu bölümde tez çalışması süresince uygulanan deneysel yöntemler, İngiliz Standardında (BS 1377), Türk Standardında (TS 1900-1) ve Amerikan Standardında (ASTM D 422, D854 (2000), E 100, D-4318 (2000), D 2487(2000)) önerilen zemin mekaniği deney yöntemlerini kapsamaktadır. Tez çalışmamızda zeminlerden örnek alma yönteminden bahsedilmeyecektir. Tez çalışmamızın ilk aşamasında killerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesidir ve standartlarda belirtilen yöntemler uygulanarak aşağıda sırası ile belirtilen zemin deneyleri yapılmıştır;

4.a Tane Çapı Dağılımı Deneyi

4.b İnce Taneli Zeminlerin Tane Çapı Dağılımının Bulunması (Hidrometre Analizi ile Bulunması, TS 1900-1)

4.c Özgül Ağırlık (Zemin Tanelerinin Bağlı Yoğunluğunun Tayini) Deneyi

4d Kıvam Limitleri Tayini Deneyi

4.d.1 Plastik Limit (w_{pl})

4.d.2 Likit Limit Düşen koni yöntemi deneyi (w_{ll})

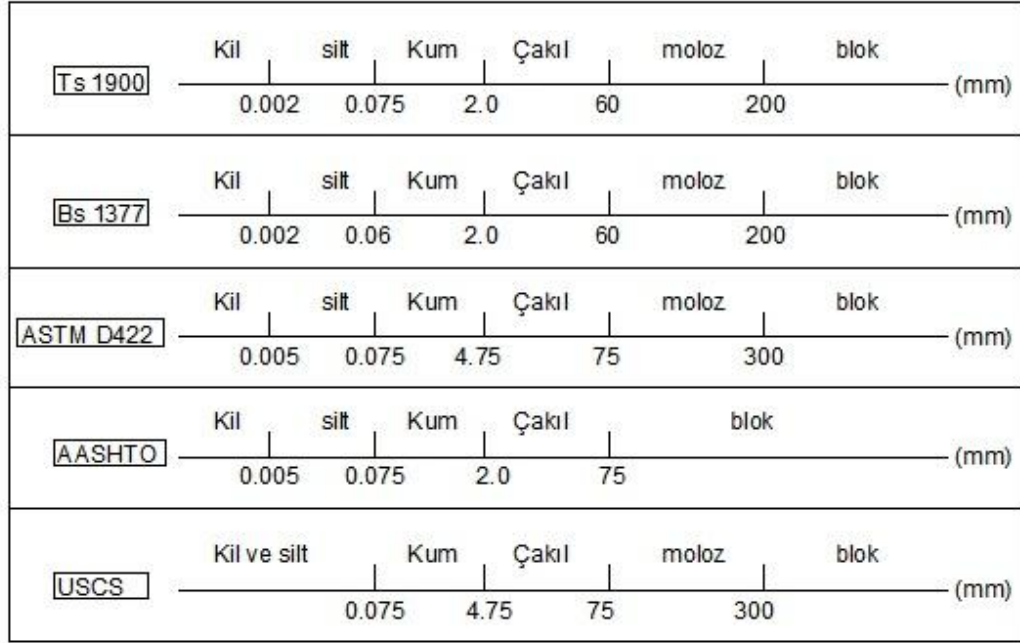
4.d.3 Likit Limit Casagrande yöntemi deneyi (w_{ll})

Tez çalışmamızda, killer için yukarıda belirtmiş olduğumuz ön tanımlama deneyleri yapıldıktan sonra asıl çalışma konumuz olan farklı şekilli konik penetrasyon uçlar ile üzerinde seri likit limit deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları bölüm beş'te sunulacaktır.

4.1 Tane Çapı Dağılımı Deneyi

Zemin içerisinde bulunan tanelerin hangi çapta ne oranda olduğunun belirlenmesi işlemine tane boyu analizi veya granülometrik analiz denilmektedir (Özdemir, 2008). Elek analizi deneyleri ıslak (yıkamalı) ve kuru elek analizi deneyleri olmak üzere iki şekilde yapılır. Biz çalışmamızda tanımlama deneyleri yapıyor olmamız sebebi ile bir dizi ıslak elek analizi deneyi gerçekleştirdik. Elek analizi sırasında dikkat edilmesi

gereken kısım elek açıklığıdır. Şekil 4.1 'de görüleceği üzere çeşitli standartların kabul ettiği tane boyutları çizelge halinde sunulmuştur.



Şekil 4.1 Çeşitli standartlara göre tane boyutları (Işık, Orhan ve Özer, 2004)

a) Araç – Gereç

- Bu deney için ASTM D422 no'lu standartta belirtilen elek açıklıkları serisi kullanılmıştır,
- Terazî (0,01 gr hassasiyetli)
- Korozyona dayanıklı malzemeden yapılmış farklı boyutlardaki metal kaplar
- Desikatör
- Etüv (110 artı eksi 5 derece C sabit sıcaklık sağlayabilen ve hava dolaşimli)
- Yıkama aparatı
- Yumuşak fırça
- Bölgeç (örnek bölücü)
- Plastik tokmak

b) Deneyin Yapılışı

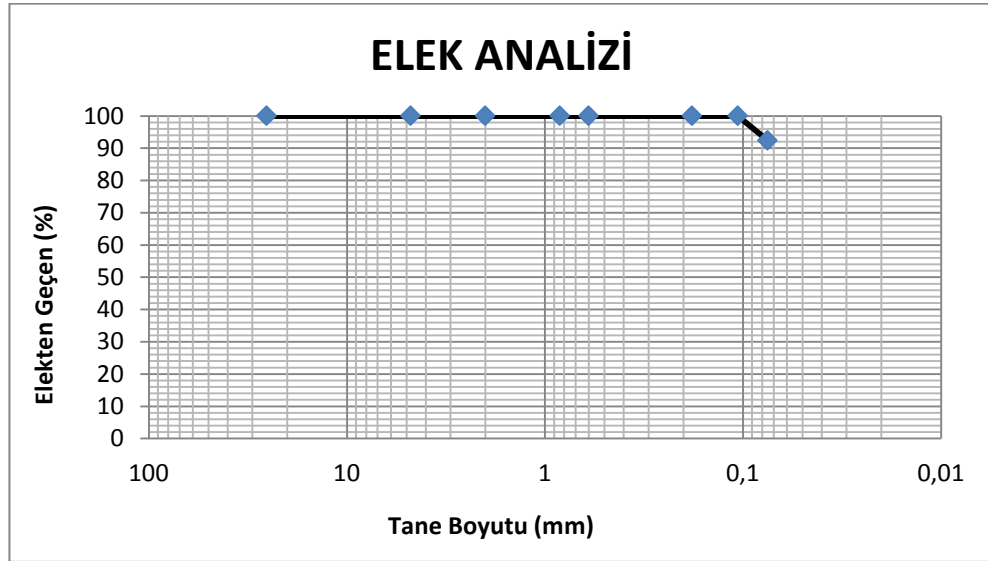
Elek analizi deneyinin yapılabilmesi için ASTM D422 no'lu standardında belirtilen miktarlarda malzemeyi etüvde 105 derece C 'de en az 24 saat olacak şekilde bekletmek gerekmektedir. Genel malzeme miktarı 3/8 inch büyüklüğünde olduğundan dolayı bir (1) kg malzeme derin bir kap içerisinde etüve atılmıştır. Malzeme etüvde kurutulduktan sonra desikatöre konularak laboratuvar sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. Daha sonra malzeme plastik tokmak vasıtası ile yavaş darbeler ile ezilerek ufalanmıştır. Yeterince ufalanan malzeme, standartlarda belirtilen 0.075 (200 No'lu elek) vasıtası ile yıkama işlemine tabi tutularak ince ve iri olmak üzere iki kısma ayrılır. Yıkama işlemi bittikten sonra metal temiz bir tepsi içerisine aktarılan iri malzeme (yıkama sonrası No 200 elek üzerinde kalan malzemedir) etüve aktarılarak 105 derece C 'de en az 24 saat kalacak şekilde kurutulur. Kurutma işlemi bittikten sonra, kurutulan malzeme ASTM D422 no'lu standartta belirtilen elek açıklık sırasına göre yerleştirilerek eleme işlemine geçilir. Malzeme elendikten sonra hassas terazi vasıtası ile her elek üstünde kalan malzeme tartılarak deney föyüne işlenir.

c) Sonuçlar

Kuş-Atak Katı Atık Depolama Tesisinden gelen kil üzerine yapılan elek analizi sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.1 Kuş-Atak Katı Atık Depolama Tesisinden gelen malzemeye ait kilin elek analizi

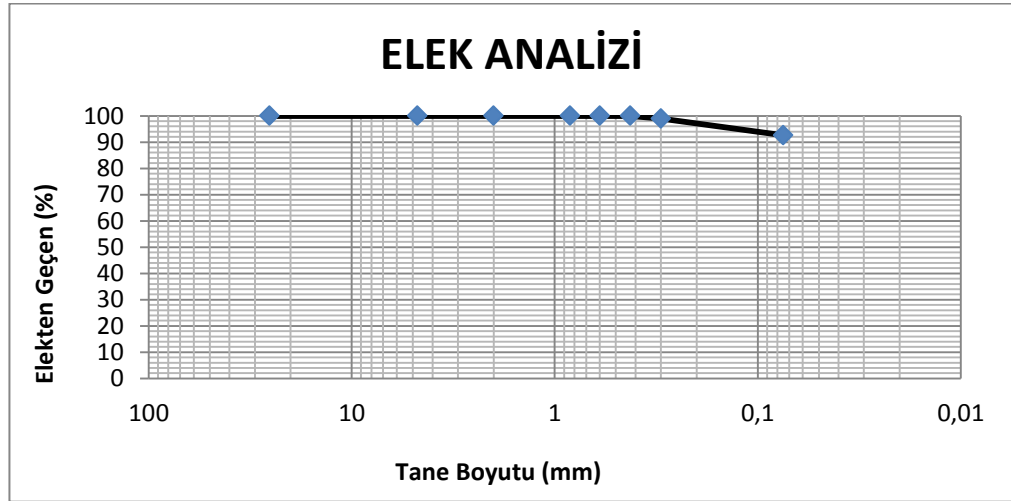
ELEK ANALİZİ					
İşin Adı	Yüksek Lisans Tez Çalışması			23.12.2012	
Testi Yapan	Emre ALTINTAŞ			25.12.2012	
Wkap (elek öncesi)	334,72		Wkap (yıkamalı sonrası)	334,72	24,1
Wkap+yas (Elek öncesi)	651,15		Wkap+kuru (yıkamalı sonrası)	358,99	0,17
Kuru Ağırlık	316,43		Yıkamalı sonrası kuru ağırlık	24,27	0,700453
Elek No	Diam. (mm)	Elekte Kalan	Kümülatif Elekte Kalan	% Kalan	% Geçen
1 inch	25,4	0	0	0	100
No 4	4,75	0	0	0	100
No 10	2	0	0	0	100
No 20	0,84	0	0	0	100
No 30	0,6	0	0	0	100
No 80	0,18	0	0	0	100
No 140	0,106	0	0	0	100
No 200	0,075	24,1	24,1	7,61	92,38
PAN	292,33	316,43			



Şekil 4.2 Tablo 4.1 'e ait olan şekildir.

Tablo 4.2 Kuş-Atak Katı Atık Depolama Tesisinden gelen malzemeye ait kilin elek analizi

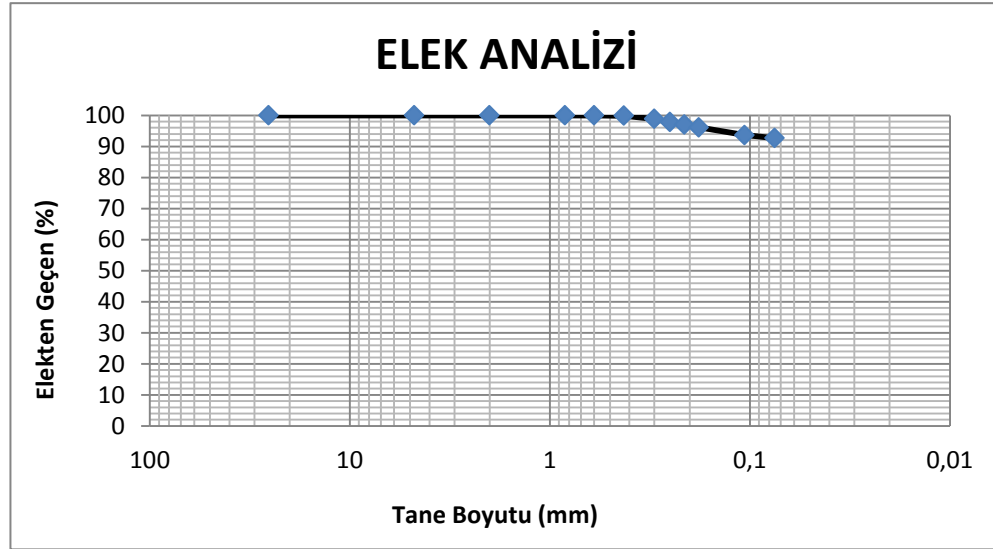
ELEK ANALİZİ					
İşin Adı	Yüksek Lisans Tez Çalışması			30.12.2012	
Testi Yapan	Emre ALTINTAŞ			15.01.2013	
Wkap (elek öncesi)	334,45		Wkap (yıkamalı sonrası)	334,45	22,2
Wkap+yas (Elek öncesi)	635,31		Wkap (yıkamalı sonrası)	357,28	0,63
Kuru Ağırlık	300,86		Yıkamalı sonrası kuru ağırlık	22,83	2,759527
Elek No	Diam. (mm)	Elekte Kalan	Kümülatif Elekte Kalan	% Kalan	% Geçen
1 inch	25,4	0	0	0	100
No 4	4,75	0	0	0	100
No 10	2	0	0	0	100
No 20	0,84	0	0	0	100
No 30	0,6	0	0	0	100
No 40	0,425	0,03	0,03	0,01	99,99
No 50	0,3	3,08	3,11	1,034	98,96
No 200	0,075	19,09	22,2	7,37	92,62
PAN	278,66	297,75			



Şekil 4.3 Tablo 4.2 'ye ait olan şekildir.

Tablo 4.3 Kuş-Atak Katı Atık Depolama Tesisinden gelen malzemeye ait kilin elek analizi

ELEK ANALİZİ					
İşin Adı	Yüksek Lisans Tez Çalışması			07.03.2013	
Testi Yapan	Emre ALTINTAŞ			08.03.2013	
Wkap (elek öncesi)	103,45		Wkap (yıkamalı sonrası)	103,45	23,84
Wkap+yas (Elek öncesi)	427,6		Wkap+kuru (yıkamalı sonrası)	128,29	1
Kuru Ağırlık	324,15		Yıkamalı sonrası kuru ağırlık	24,84	4,025765
Elek No	Diam. (mm)	Elekte Kalan	Kümülatif Elekte Kalan	% Kalan	% Geçen
1 inch	25,4	0	0	0	100
No 4	4,75	0	0	0	100
No 10	2	0	0	0	100
No 20	0,84	0	0	0	100
No 30	0,6	0	0	0	100
No 40	0,425	0,29	0,29	0,08	99,91
No 50	0,3	3,45	3,74	1,15	98,84
No 60	0,25	3,26	7	2,16	97,84
No 70	0,212	2,63	9,63	2,97	97,03
No 80	0,18	2,89	12,52	3,86	96,13
No 140	0,106	8,1	20,62	6,36	93,64
No 200	0,075	3,22	23,84	7,35	92,64
PAN	300,31	303,53			



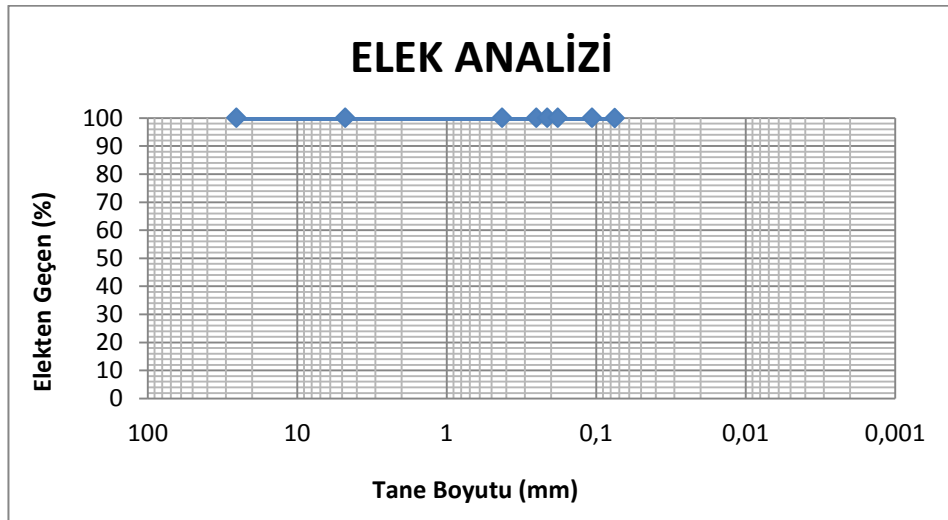
Şekil 4.4 Tablo 4.3 'e ait olan şekildir.

Yıkamalı elek analizi sonuçları olduğu gibi sunulmuş ve çıkan sonuçlar incelendiğinde Kuş- Atak Katı Atık Depolama Tesisinden gelen kilin ince tanelerden

oluştugu anlaşılabacaktır. Kaolen 143 isimli Balıkesir ili Sındırgı ilçesi Düvertepe Köyünden gelen kile ait deney sonuçları aşağıda verildiği gibidir.

Tablo 4.4 Kaolen 143 isimli kile ait elek analizi

ELEK ANALİZİ					
İşin Adı	Kaolen 143 kili için yıkamalı elek analizi			24.12.2012	
Testi Yapan	Emre ALTINTAŞ			26.12.2012	
Wkap (Elek öncesi)	334,36	Wkap (yıkamalı sonrası)			
Kuru Ağırlık	742,15	Yıkamalı sonrası Dry Weight			
Elek No	Diam. (mm)	Elekte Kalan	Kümülatif Elekte Kalan	% Kalan	% Geçen
1 inch	25,4	0	0	0	100
No 4	4,75	0	0	0	100
no 40	0,425	0	0	0	100
No 60	0,25	0	0	0	100
No 70	0,212	0	0	0	100
No 80	0,18	0,03	0,03	0,00	99,99
No 140	0,106	0,12	0,15	0,02	99,97
No 200	0,075	0,23	0,38	0,051	99,94
PAN	741,77	742,00			



Şekil 4.5 Tablo 4.4 'e ait olan şekildir.

Yapılan yıkamalı elek analizi sonuçları incelenecek olursa, her iki malzemeye ait olan şekillerde malzemenin büyük çoğunluğu 200 no'lu eleğin altına geçen ince malzemelerden meydana geldiği görülebilir.

4.2 Özgöl Ağırlık (Zemin Tanelerinin Bağlı Yoğunluğunun Tayini) Deneyi

Zemini oluşturan katı parçacıkların yani zemin taneleri, bazı durumlarda birim hacim ağırlıklarının suyun birim hacim ağırlığı ile karşılaştırması gerekebilir. Bu karşılaştırmalar katı parçacıkların birim hacim ağırlığının suyun birim hacim ağırlığına oranı biçimindedir. Bir zemine ait su içeriği, birim hacim ağırlığı ve özgül ağırlığının bilinmesi ile zemine ait diğer fiziksel özellikler örneğin; boşluk oranı, porozite, doygunluk derecesi hesaplanabilir. Zeminin özgül ağırlığı, zeminin tane birim hacim ağırlığının (γ_s) 20 derece C sıcaklığındaki suyun birim hacim ağırlığına (γ_w) oranı olarak ifade edilir ve G_s sembolü ile gösterilir (Özdemir, 2008).

$$G_s = \gamma_s / \gamma_w \quad (4.1)$$

Bu bağıntıdan da anlaşılacağı üzere özgül ağırlık birimsizdir. Zemin malzemelerine ait olan tane birim hacim ağırlığı ise; tanelerin kuru birim hacim ağırlığının taneler arasındaki boşluksuz durumdaki hacme oranıdır. Tez çalışmamızda ASTM D 854 (2000) no'lu standartta önerilen yöntemle göre özgül ağırlık deneyini gerçekleştirdik.

a) Araç – Gereç

- Piset (plastikten yapılmış su kabı)
- Desikatör
- Sabit sıcaklık su tankı
- Termometre
- Hassas terazi (0.01 gr hassaiyetli)
- Yoğunluk şişesi (500 ml hacimli)
- Vakum pompası (en az 100 mm Hg emme gücüne sahip olmalıdır)
- Saf su

b) Deneyin Yapılışı

Özgöl ağırlık deneyi, ASTM D854-2000 'de belirtilen yöntem dikkatlice takip edilerek standartta belirtilen miktarlarda malzeme sınıflarına göre kuru malzeme seçilerek gerçekleştirilir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 ASTM D 854-2000 no'lu standartta belirtilen özgül ağırlık deneyi için gereken en az örnek miktarları (Işık, Orhan ve Özer, 2004)

Zemin Sınıfı	Deney Örneğinin Kuru ağırlığı (250 ml'lik şişe kullanılacak ise)	Deney Örneğinin Kuru ağırlığı (500 ml'lik şişe kullanılacak ise)
SP, SP-SM	60 artı eksi10	100 artı eksi10
SM, SC, SP - SC	45 artı eksi10	75 artı eksi10
Silt veya Kil	35 artı eksi10	50 artı eksi10

Tez çalışmamızda kullandığımız killeri silt ve kil sınıfında olduğu için en az 50 gr'lık malzemeler kullanılmıştır. Öncelikle killeri etüv ile 105 derece C 'de ve 24 saat kurutuldu. Daha sonra kurutulan kil takribi 24 saat sonra etüvden çıkartılarak desikatöre aktarılarak laboratuvar ortamının sıcaklığına gelmesi sağlandı. Belli bir sıcaklığa gelen malzeme hassas terazide en az 50 gr olacak şekilde tartılır. Özgül ağırlık deneyin gerçekleştirileceği 500 ml hacimli yoğunluk şişeleri deneye başlamadan önce temizlenir, kurutulur ve kapağıyla birlikte tartılarak deney foruma kaydedilir. Yoğunluk şişeleri içerisine malzeme yerleştirildikten sonra yoğunluk şişesi üzerinde belirli bir noktaya kadar saf su ile doldurulur ve 15 – 20 dakika boyunca bir ısıtıcıda ısıtılır, ancak kaynatma işlemi gerçekleşmemelidir. Kaynatma işlemi tamamlandıktan sonra yoğunluk şişesinin ağzı dikkatlice kapatılarak dışarı ile olan ilişkisi kesilir ve soğuması beklenir. Soğuma işlemi gerçekleştikten sonra vakumlama işlemi için yoğunluk şişesi vakum aletine yerleştirilir. Vakumlama en az 100 mmHg olacak şekilde başlatılır ve 1 saatten az olmamak kaydı ile vakumlama işlemine devam edilir. Vakumlama süresi malzemeye bağlı olarak değişmektedir. Vakumlama işleminde malzemeden hava kabarcığı çıkmadığından emin oluncaya kadar vakumlama işlemine devam edilir. Vakumlama işlemi bittikten sonra yoğunluk

şişesi üzerinde işaretli olan 500 ml çizgisine kadar dikkatlice saf su konarak yoğunluk şişesi kapağı ile tartılır. Ayrıca deneyde yapılacak olan düzeltmeler için kullanmış olduğumuz saf suyun sıcaklığı ölçülür.

c) Hesaplamalar ve Sonuçlar

$$G_s = [M_s / (M_s + M_{pw} - M_{pws})] * K \quad (4.2)$$

Hesaplama işleminde üstteki eşlenik kullanılarak gerçekleştirilir;

M_s : Örneğin ağırlığını belirtmektedir (zemin tanelerinin etüvden çıkarıldığı andaki kuru ağırlığını göstermektedir.)

$(M_s + M_{pw} - M_{pws})$: Zemin taneleri ile aynı hacme sahip 20°C'deki su ağırlığını vermektedir.

K : Dönüştürme katsayısıdır. ASTM D-854-2000'de yeralan dönüştürme çizelgesi Ek2' de sunulmuştur.

M_{pw} : Yoğunluk şişesinin tamamen su ile dolu olduğu haldeki ağırlığıdır, bu değere kapak dahildir.

M_{pws} : Yoğunluk şişesinin vakumlama bittikten sonraki kapak dahil ağırlığıdır.

Tablo 4.6 Kuş-Atak Katı Atık Depolama Tesisinden gelen kile ait özgül ağırlık ve birim hacim ağırlık değerleri yukarıda görüldüğü gibidir.

Deney No:	Wpik+su(gr)	Wkuru numune (gr)	Wpik+su+kuru numune (gr)	Özgü l Ağırlık	γ_w (gr/cm ³)	γ_s (gr/cm ³)	Ortalama γ_s (gr/cm ³)	Standart Sapma
no 4	666,31	100,06	729	2,678	0,997	2,670	2,774	0,054
no 40	651	30,01	670,4	2,828	0,997	2,821		
no 40	666,31	50,02	698,48	2,802	0,997	2,795		
no 40	135,25	10,04	141,68	2,781	0,997	2,774		
no 40	651,09	30,07	670,49	2,818	0,997	2,811		

Tablo 4.7 Kaolen 143 isimli kile ait özgül ağırlık ve birim hacim ağırlık değerleri yukarıda görüldüğü gibidir

Deney No:	Wpik+su (gr)	Wkuru numune (gr)	Wpik+su+kuru numune (gr)	Özgü l Ağırlık	γ_w (gr/cm ³)	γ_s (gr/cm ³)	Ortalama γ_s (gr/cm ³)	Standart Sapma
no 4	651	50,07	681,39	2,544	0,998	2,539	2,596	0,043
no 4	135,25	10,03	141,36	2,559	0,998	2,553		
no 4	666,31	100,03	728,69	2,657	0,998	2,651		
no 40	135,25	10,03	141,45	2,619	0,998	2,612		
no 40	661,57	50,03	692,59	2,632	0,998	2,625		

4.3 İnce Taneli Zeminlerde Tane Çapı Dağılımının Bulunması (Hidrometre Analizi) Deneyi

Hidrometre Analizi Deneyine sedimentasyon deneyi de denilmektedir. Metodun esasında aynı özgül ağırlığa sahip küresel tanelerin süspansiyon içerisinde çökelme hızlarının bu tanelerin çapların (ağırlıklarına), şekillerine ve boyutlarına bağlı olduğunu ifade eden STOKES bağıntısına dayanır (Özdemir, 2008). Basitleştirmek için tanelerin küresel ve aynı özgül ağırlığında olduğu kabul edilerek yapılmaktadır. Büyük çaplı taneler daha büyük çökelme hızına, küçük çaplı taneler daha küçük çökelme hızına sahip olacaktır. Sedimentasyon deneyi yıkamalı elek analizi sonucunda 0,075 mm'den daha küçük boyutlu tanelerin içeriği fazla olması durumunda dikkatlice gerçekleştirilir. Sedimentasyon deneyi iki şekilde yapılır(Özdemir, 2008);

a) Pipet Metodu

b) Hidrometre metodudur. Tez çalışmamızda hidrometre metodu uygulanarak sedimentasyon belirlenmeye çalışılmıştır. Hidrometre metodunda, süspansiyon haline getirilmiş ve içerisinde topaklanmaları önlemek için dispersiyon maddesi karıştırılmış olan zemin+su karışımının belirli bir t anındaki yoğunluğunun hidrometre ile belirlenmesi esasına dayanır(Özdemir,2008). Hidrometre analizinde kullanılan hidrometre H151 ve H152 olmak üzere iki tanedir. Dispersiyon malzemeleri ise başlıca sodyum heksametafosfat, sodyumpolifosfat, sodyumtripolifosfat ve sodyumtetrafosfat olmak üzere dört çeşittir. Dispersiyon malzemesi hazırlanışı deneyin yapılışı kısmında detaylı olarak anlatılacaktır. Hidrometre deneyi hakkında daha detaylı bilgi için TS 1900-1, BSİ 1377-2 ve ASTM E 100 standartlarından faydalanabilmiz. Bu çalışma kapsamında ASTM E 100 standart'ında belirtilen yöntem kullanılmıştır.

a) Araç – Gereç

- H151 tipi zemin hidrometresi
- Çöktürme silindiri, 2 adet (şeffaf camdan yapılmış ve 1000 ml hacim seviyesi işaretlenmiş, çapı yaklaşık 6,4 cm ve 1000 ml çizgisinin

yüksekliği silindirin iç tabanından itibaren yaklaşık 36 cm, toplam yüksekliği 45,7 cm olan)

- Yüksek devirli mekanik karıştırıcı
- Sıcaklık ölçer (termometre, 0 – 50 derece C arasındaki sıcaklığı ölçebilen ve 0,5 derece C duyarlılıklı)
- Zaman Ölçer (kronometre)
- Terazı (0,01 gr hassasiyetli)
- Ölçüm silindiri (100 – 200 ml kapasiteli ve ara hacim bölüntüleri olan)
- Cam Beher (en az 250 ml kapasiteli, şeffaf camdan yapılmış)
- Cam Çubuk (6 -10 mm çapında ve en az 200 mm boyunda)
- Piset (içersinde damıtık su bulunmalıdır)
- Etüv (110 artı eksi 5 derece C sabit sıcaklık verebilen, termostat kontrollü ve hava dolaşımlı)
- Dispersiyon malzemesi
- 5 litre damıtık su
- Manyetik Karıştırıcı (Dispersiyon malzemesi karıştırmak için altı kademeli hız ayarı olan manyetik karıştırıcı)
- Balon Joje (1000 ml kapasiteli)
- Kronometre

b) Deneyin Yapılışı

Tez çalışmasında hidrometre deneyi için ASTM E 100 no'lu standartta belirtilen süreçler izlenerek deney tamamlanmıştır. Deney süresince sürekli olarak sıcaklık kontrolleri gerçekleştirilmiş ve deney föyüne yansıtılmıştır. Hidrometre deneyi için standartlarda belirtilen hidrometrelerden H151 hidrometresi kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasında kullanılacak malzemeler standartlarda belirtilen 10 No'lu elek ile eledikten sonra, 105 derece C ' de 24 saat süresince etüvde kurutulmak üzere etüve yerleştirilir. Deneyin ikinci aşaması olan kür malzemenin hazırlanması işlemine geçilir. Bunun için hız devir ayarlayıcısına sahip manyetik karıştırıcı, 500 ml hacimli balon joje ve dispersiyon malzemesine ihtiyaç

vardır. Dispersiyon malzemesinin temel görevi malzemenin topaklanmasını önlemek ve tanelerin yeterli derecede birbirlerinden ayrılmasını sağlayarak düzenli bir çözelti oluşturabilme amacı ile kullanılır, bunun için standartlarda dört farklı dispersiyon malzemesi önerilmektedir; sodyum hegzametafosfat 40 gr, sodyumpolifosfat 21,6 gr, sodyumtripolifosfat 18,8 gr ve sodyumtetrafosfat 35,1 gr (Özdemir, 2008) olarak önerilmiştir. Dispersiyon çözeltisi için sodyumpolifosfat dispersiyon malzemesi kullanıldı. Dispersiyon çözeltisi hazırlanırken, bir önceki cümlede belirtilen malzeme miktarları 1000 ml saf su içerisinde manyetik karıştırıcı vasıtası ile karıştırılarak hazırlandı. Dispersiyon çözeltisi hazırlandıktan sonraki safha kür malzemesi oluşturulmasıdır. Bu aşamada tez çalışmasında kullanılacak olan 10 no'lu (2,0 mm) elekten elenerek etüve yerleştirilen malzeme 24 saat bekledikten sonra iyice kurduğundan emin olunur ve hassas terazi yardımı ile 50 – 60 gr kadar malzeme tartılarak, korozyona uğramayacağından emin olduğumuz metal bir kap içerisine konarak, malzemenin ortam sıcaklığına gelmesi için desikatöre aktarıldı. Desikatör içerisinde ortam sıcaklığına gelen malzeme, içerisine daha önceden hazırlamış olduğumuz dispersiyon malzemesinden 125 ml ilave edilerek dikkatlice karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonraki safha yeni çözeltinin kür hale gelmesi için 16 saat beklemek gerekir. Bu işlem sırasında karışım desikatöre konularak bekleme işlemine geçilir. 16 saatlik beklemeden sonra malzeme yüksek devirli mekanik karıştırıcının kabına aktarılır, bu işlem sırasında malzeme kaybı yaşanmaması için özen gösterilir, eğer malzeme metal kabın alt kısımlarına yapışmış durumda ise malzeme saf su vasıtası ile temizlenerek mekanik karıştırıcının kabına aktarılır. Malzeme 5 dakika kadar karıştırılır ve bu işlem sonrasında malzeme çöktürme silindiri içerisine aktarılarak bir önceki işlemdeki gibi malzeme kaybı yaşanmamasına dikkat edilir. Malzeme aktarımı tamamlandıktan sonraki aşamada ise çöktürme silindirinin üzerinde işaretli olan 1000 ml çizgisine kadar saf su ilavesi yapılır. Deneye başlamadan önce ölçüm silindiri de üzerinde işaretli olan 1000 ml çizgisine kadar saf su ile doldurularak hidrometre içerisine konur ve hesaplamalarda kullanılacak olan saf suyun hidrometresi ve saf suya ait olan sıcaklık ölçülür. Bundan sonraki aşamada ise hidrometre deneyinin başlatılmasıdır. Bu aşamada hidrometre deney föyü dikkatli bir şekilde doldurulur. Daha önce bahsi geçen ve malzemenin kür hale getirmeden hassas terazide ölçtüğümüz 50 – 60 gr arası malzeme miktarı

deney föyüne işlenir. Hidrometre deneyinde dikkat edilecek olan hususlardan birisi ise hidrometre okuması yapacak olduğumuz H151 tipi hidrometre kalibrasyonudur, bu kalibrasyon standartlarda belirtildiği şekilde deneye ba lamadan gerçekleştirilmelidir. Hidrometre deneyinin gerçekleştirileceği alanda ayrıca    t rme mez r n n konulacağı sehpa veyahut masanın titretilmemesi gerekmektedir. Hidrometre okuması zamana bağlı yapılacağı için kronometre hazır bulundurulmalı ve deneyi yaparken arkadaşlarınızdan yardım almanız tavsiye edilmektedir. Hidrometre okuması için zaman dilimleri  u şekildedir; 15 saniye, 30 saniye, 1, 2, 4, 8, 15, 30 dakika, 1, 2, 3, 4, 5 ve 24 saat olarak gerçekleştirilir. Deneyin hidrometre okuması sırasında eğer menüsküs üst seviyesini okuyorsanız hesaplamalar aşamasında menüsküs düzeltmesini ger ekle tirmeniz gerekmektedir. Hidrometre deneyinin gerçekleştirilmesi sırasında standartta belirtilen sabit sıcaklık havuzu kullanılmamıştır.

Deneyin başlatılması safhasında    t rme silindirinin ağzı kauçuk tapa ile kapatılarak, iki el arasında alınır ve yaklaşık olarak 1 dakika içerisinde 60 kere ters düz yapacak şekilde çalkalanır. Eğer kullanılan malzeme organik malzeme ise yada herhangi bir sebepten dolayı ağzı kauçuk tıpa ile kapalı olan    t rme silindiri içerisindeki malzeme köpürür ise zamanlamaya dikkat edilmeden yavaş bir şekilde köpürtme işlemi olmayacak bir devir hız ile malzeme 60 kez ters düz yapılarak çalkalanır. Bu  alkalama işlemi sonrasında 60' ncı devirin bitiminde silindirin alt kısmı masaya gelecek şekilde konulur ve kronometre başlatılır. Yukarıda belirtmiş olduğumuz zaman dilimlerinde hidrometre okuması gerçekleştirilerek ilk dört dakika en az üç tekrar olacak şekilde tekrarlanır. Bu tekrar işlemi sırasında çökelme hızları dikkatli bir şekilde kontrol edilir, eğer üçüncü tekrar işlemi sırasında dördüncü dakikada önceki tekrarlardan farklı olarak değişim hızlarında bir farklılık olmaz ise üçüncü tekrardan sonra okumalara devam edebilirsiniz. Eğer değişim devam eder ise dördüncü tekrarı aldıktan sonra okumaya devam etmenizdir. Deney esnasında dikkat edilmesi gereken bir husus ilk dört dakika içerisinde hidrometreyi çökelme silindiri içerisinden  ıkarmamanız tavsiye edilir. Hidrometre okuması sırasında her okumadan sonra hidrometre çözeltisi içerisindeki sıcaklığın ölçmesi standartlarda tavsiye edilmiştir, bu kapsamda her ölçümden sonra çözeltinin sıcaklığı ölçülmüştür. Tez

çalışması kapsamında hidrometrenin menisküs üst seviyesi okunmuştur. Hidrometre çözeltisinden alınan her okumadan sonra hidrometre ölçüm silindiri içerisine kendi etrafında tur atması sağlanarak yavaşça bırakılmıştır. Hidrometre okuması alınması sırasında hidrometrenin çözelti içerisindeki aşağı yukarı doğru hareketinin olmaması için en az 20 sn öncesinden hidrometre çözeltisi içerisine yavaşça bırakılması ve çözelti içerisinde çözelti malzemeye ait olan partiküllerin çökme hızlarının değişmemesi için çalkalanma yaratmayacak şekilde hidrometrenin çözelti içerisine yavaşça bırakılmıştır. Hidrometre deneyi bitimi olan 24 saat okuması alındıktan sonra hidrometre çözeltisi 200 no 'lu (0,075 mm) elek ile yıkamalı eleğe tabi tutularak malzeme kayıpları ve deneye tabi tutulan malzemenin hassas bir şekilde elek analizi değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

c) Hesaplamalar ve Sonuçlar

Hidrometre hesaplamalarında aşağıdaki belirtilen düzeltmeler yapılmıştır.

i) Yüzey gerilim (Menisküs) düzeltmesi

Atmosfer basıncından kaynaklanan su yüzeyinde oluşan gerilmeden dolayı, dansimetre etrafında kapiler yükselme meydana gelir. Menisküs düzeltmesi basit bir yolla belirlenir. Bunun için, çöktürme silindirisinin 1000 ml çizgisine kadar damıtık su doldurularak hidrometre bu suyun içerisine daldırılır. Hidrometre sapı üzerine tırmanan suyun üst tarafından (menisküsün üst tarafından) ve su yüzeyinin hizasından (menisküsün alt tarafından) hidrometre okumaları yapılır. Bu değer Yüzey gerilim düzeltmesi (Cm) olarak hidrometre okuması (Rh') değerine eklenerek gerçek okuma değeri (Rh) bulunur. Çöktürme silindiri içerisinde damıtık su temiz ve berrak olduğundan, menisküsün alt tarafındaki okuma rahatlıkla görülebilir. Bu iki okuma arasındaki fark menisküs farkını verir ve bu farka menisküs düzeltmesi denir.

Cm değeri karışımın yükseldiği standartlarda AA seviyesi olarak belirtilir ve AA seviyesi ile karışımın seviyesi olan BB nin farkıdır. Güvenli kalabilmek için 1000 ile çarpılmıştır.

$$AA = 1,0010 \text{ BB} = 1,0005 \text{ Cm} = (1,0010 - 1,0005) * 1000 = 0,5$$

ii) Sıcaklık düzeltmesi(Mt)

Hidrometre deneyinde, deney sıcaklığı gerçekte 20 derece C olmayabilir. Suyun sıcaklığı, yoğunluğunu (γ_w) ve dinamik viskozitesini etkilediğinden dolayı sıcaklık düzeltmesi yapılır.

Bulunan değerler; düşey milimetrik eksene eşdeğer tane çapından daha küçük tanelerin % si, logaritmik yatay eksene ise tane çapları işlenerek tane çapı dağılım eğrisi çizilir.

Sıcaklık düzeltmesi yaklaşık olarak; $Mt = -4,85 + 0,25T$ (T= Deney sırasında 15 derece C ile 28 derece C arasında ölçülen sıcaklık)

Efektif derinlik (L): Hidrometrenin çöktürme silindrinde bulunan karışım içine daldırılmadan önceki durumda, karışımın üst seviyesi ile hidrometrenin ağırlık merkezi arasındaki mesafedir. Efektif derinlik (L) kavramının matematiksel ifadesi ise; $L(\text{cm}) = 16,3 - 0,1633R_{cl}$ 'dir. Burada; R_{cl} ; efektif derinlik için düzeltilmiş hidrometre okumasıdır.

Eşdeğer tane çapı (D): Çöktürme silindiri içerisindeki tanelerin çökme hızında etkili olan tane çapının belirlenmesinde kullanılan parametredir.

$$D(\text{mm}) = A(L/t)^{0,5} \quad (4.3)$$

Burada; L(cm) ve t (dk) cinsinden hesaplamaya dahil edilir. A ile gösterilen simge sıcaklığa bağlı olarak özgül ağırlığın düzeltilmesini gösterir.

Nihai daha ince yüzde (P): Hidrometre deneyinde, gradasyon eğrisinin sekilenmesinde kullanılan en önemli parametredir. Su şekilde hesaplanır:

$$P = (200 \text{ numaralı elek altı malzeme}/100) \quad (4.4)$$

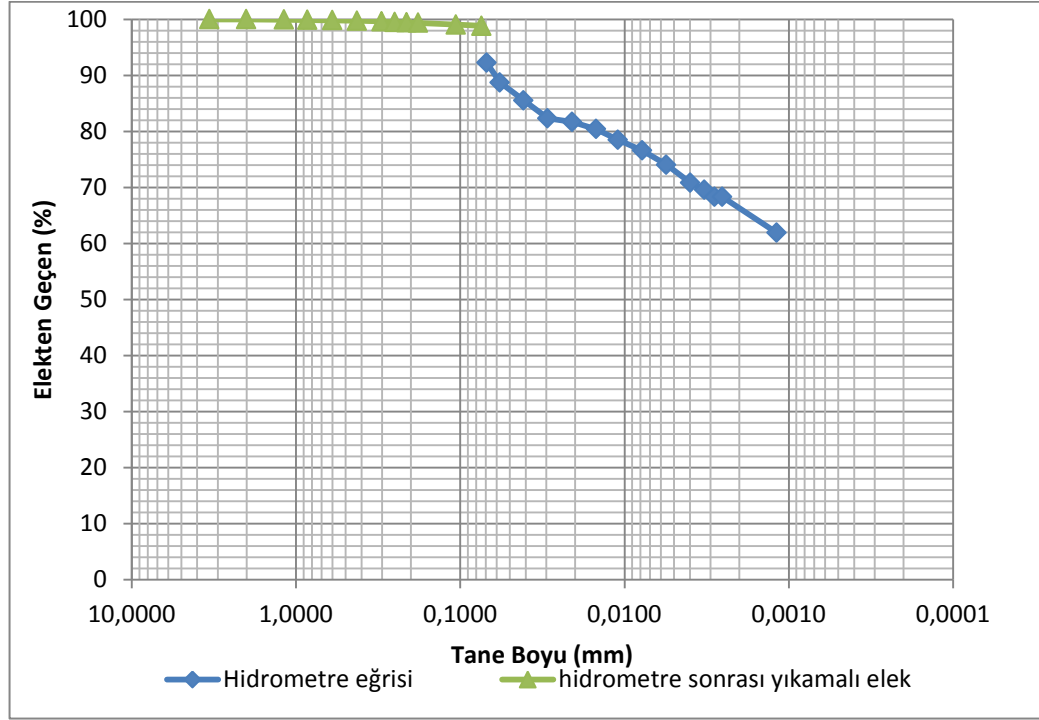
Bütün hesaplamalar neticesinde deney örneğine ait tane boyu eğrileri elde edilir. Tane boyu eğrilerinden deneye tabi tutulan ince taneli malzemenin kil ve silt içerikleri tayin edilir. Bunun için tane çapının 0,002 mm olduğu noktadan gradasyon eğrisine bir dik çizilir. 0,002 mm çizgisinin gradasyon eğrisini kestiği noktanın geçen ince malzeme eksenindeki değeri deney örneğinin kil içeriği (%) olarak belirlenir.

Belirlenen kil içeriğinin %100'den çıkartılmasıyla numunenin sahip olduğu silt içeriği (%) de ortaya konulur. Bu şekilde ince taneli bir malzemeye ait tane boyu dağılımı belirlenir (Liu ve Evett ,1997).

Tablo 4.8 Kuş-Atak Kiline ait olan 10 no'lu elek altı Hidrometre H-IZ50 no'lu deneye ait işlem tablosu

Time (min)	RH'	RH'w	T	RH-RH'w	RH with Meniscus	n g da/cm2	L	(L/t)^0,5	n poise		D	P	D
													K*(L/t)^0,5
0,333333	1028,9	1000	24	28,9	1029,4	1,52E-07	9,4	5,310	0,009	0,013	0,069	92,212	0,074
0,5	1027,8	1000	24	27,8	1028,3	1,52E-07	9,7	4,405	0,009	0,013	0,057	88,702	0,062
1	1026,8	1000	24	26,8	1027,3	1,52E-07	10	3,162	0,009	0,013	0,041	85,511	0,044
2	1025,8	1000	24	25,8	1026,3	1,52E-07	10,2	2,258	0,009	0,013	0,029	82,321	0,032
4	1025,6	1000	24	25,6	1026,1	1,52E-07	10,25	1,601	0,009	0,013	0,021	81,683	0,022
8	1025,2	1000	23,6	25,2	1025,7	1,52E-07	10,4	1,140	0,009	0,013	0,015	80,406	0,016
15	1024,6	1000	23,8	24,6	1025,1	1,52E-07	10,6	0,841	0,009	0,013	0,011	78,492	0,012
30	1024	1000	23,9	24	1024,5	1,52E-07	10,7	0,597	0,009	0,013	0,008	76,577	0,008
60	1023,2	1000	24	23,2	1023,7	1,52E-07	10,95	0,427	0,009	0,013	0,006	74,025	0,006
120	1022,2	1000	24	22,2	1022,7	1,52E-07	11,2	0,306	0,009	0,013	0,004	70,834	0,004
180	1021,8	1000	24	21,8	1022,3	1,52E-07	11,3	0,251	0,009	0,013	0,003	69,558	0,004
241	1021,4	1000	24	21,4	1021,9	1,52E-07	11,4	0,217	0,009	0,013	0,003	68,282	0,003
300	1021,4	1000	24	21,4	1021,4	1,52E-07	11,4	0,195	0,009	0,013	0,003	68,282	0,003
1440	1019,4	1000	23,6	19,4	1019,9	1,52E-07	11,76	0,090	0,009	0,013	0,001	61,900	0,001

Tablo 4.8 'de yeralan simgelerin birimleri sırası ile; RH', μm ; RH'w, μm ; T, derece C; RH-RH'w, μm ; RH with meniscus, μm ; n, gr/cm^2 ; L, cm; D, μm ; P ise % olarak simgelenmiştir.



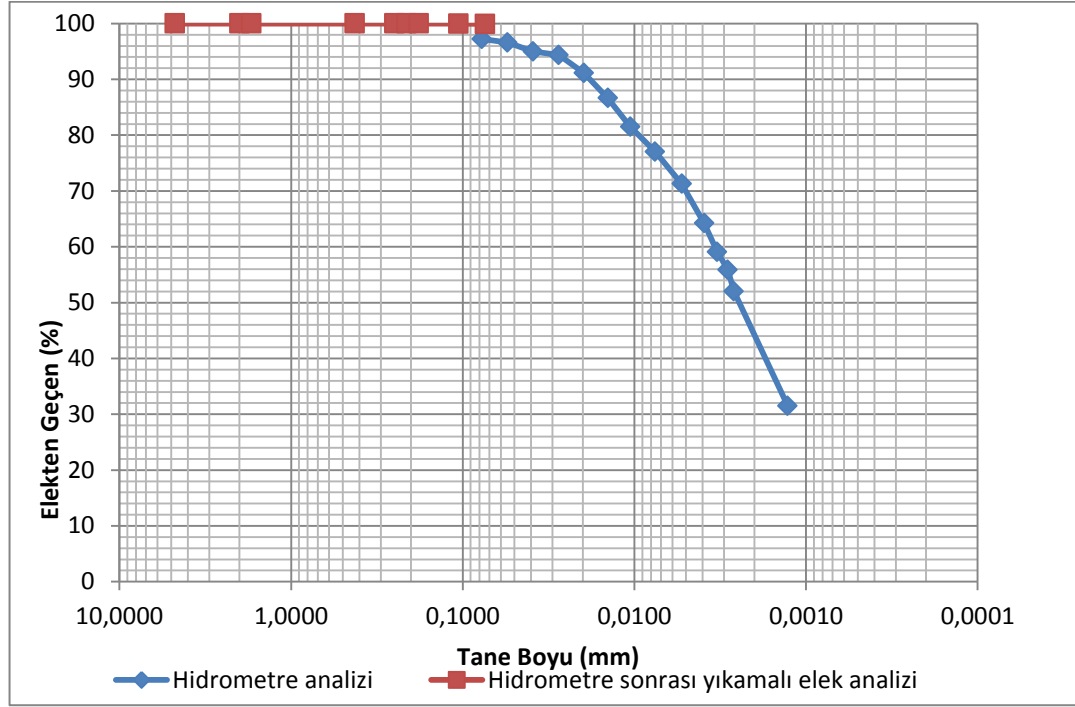
Şekil 4.6 Tablo 4.8 'de ki hidrometre deney verilerinin Şekil olarak gösterimi(yıkamalı elek analizi sonucu şekil üzerinde en üstte görülmektedir.)

Kuş-atak kiline ait no 40 altı ve no 10 altı kil tanelerinin hidrometre karşılaştırma Şekilleri Ek 3'de sunulmuştur.

Tablo 4.9 Kaoline 143 Kiline ait olan 10 no'lu elek altı Hidrometre HIZ4-ea no'lu deneye ait işlem tablosu

Time (min)	RH'	RH'w	T	RH- RH'w	RH with Meniscus	n g da/cm2	L	(L/t) ^{0,5}	n poise		D	P	D $\kappa^*(L/t)^{0,5}$
0,25	1032,1	1000	24,5	32,1	1032,6	1,521E-07	8,9	5,967	0,009	0,013	0,080	99,918	0,084
0,5	1031,9	1000	24,5	31,9	1032,4	1,521E-07	8,92	4,224	0,009	0,013	0,057	99,260	0,059
1	1031,4	1000	24,5	31,4	1031,9	1,521E-07	9	3,000	0,009	0,013	0,040	97,615	0,042
2	1031,2	1000	24,5	31,2	1031,7	1,521E-07	9,02	2,124	0,009	0,013	0,029	96,957	0,030
4	1030,2	1000	24,5	30,2	1030,7	1,521E-07	9,18	1,515	0,009	0,013	0,020	93,667	0,021
8	1028,8	1000	24,5	28,8	1029,3	1,521E-07	9,65	1,098	0,009	0,013	0,015	89,060	0,015
15	1027,2	1000	24,5	27,2	1027,7	1,521E-07	9,9	0,812	0,009	0,013	0,011	83,796	0,011
30	1025,8	1000	24,5	25,8	1026,3	1,521E-07	10,2	0,583	0,009	0,013	0,008	79,190	0,008
64	1024	1000	24,8	24	1024,5	1,521E-07	10,7	0,409	0,009	0,013	0,005	73,267	0,006
123	1021,8	1000	25	21,8	1022,3	1,521E-07	11,3	0,303	0,009	0,013	0,004	66,028	0,004
180	1020,2	1000	25	20,2	1020,7	1,521E-07	11,7	0,255	0,009	0,013	0,003	60,764	0,004
240	1019,2	1000	25	19,2	1019,7	1,521E-07	11,74	0,221	0,009	0,013	0,003	57,474	0,003
300	1018	1000	24,5	18	1018,5	1,521E-07	12,3	0,202	0,009	0,013	0,003	53,525	0,003
1441	1011,6	1000	24,5	11,6	1012,1	1,521E-07	14	0,099	0,009	0,013	0,001	32,467	0,001

Tablo 4.9 'da yeralan simgelerin birimleri sırası ile; RH', μm ; RH'w, μm ; T, derece C; RH-RH'w, μm ; RH with meniscus, μm ; n, gr/cm^2 ; L, cm; D, μm ; P ise % olarak simgelenmiştir.



Şekil 4.7 Tablo 4.9 'da ki hidrometre deney verilerinin Şekil olarak gösterimi(yıkamalı elek analizi sonucu şekil üzerinde en üstte görülmektedir.)

Kaolen 143 kiline ait no 200 altı ve no 10 altı kil tanelerinin hidrometre karşılaştırma şekilleri EK 4' de sunulmuştur.

4.4 Kıvam Limitleri Tayini Deneyleri

Tez çalışmamızın temelini oluşturan konu olan kıvam limitleri İsveçli bilim insanı Kurt Magnus ATTERBERG tarafından ortaya atılmıştır. Kıvam limitleri Atterberg tarafından 1911 yılında önerilmiş ve toprakları sınıflamada kullanmıştır. (Orhan, Özer ve Işık, 2006) Atterberg sınıflamasında; zeminin plastik limit (PL), likit limit (LL) ve rötre limit (RI) olarak sınıflandırmıştır. Bu tez çalışmasında Plastik ve Likit Limit çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

4.4.1 Plastik Limit Tayini Deneyi

Zeminin plastik bir malzemeden katı bir malzemeye dönüştüğü andaki su içeriği bize plastik limiti vermektedir. Plastik limit, zeminin plastik kıvamda olduğu andaki en düşük su içeriğidir (Orhan, Özer ve Işık, 2013). Cam veya plastikten yapılmış düz bir yüzey üzerinde el ayası veya parmaklarla muntazam bir şekilde yuvarlanan zemin örneği, 3 mm çapında ve yaklaşık 8 mm uzunluğundaki bir silindir şeklini kazandığında, su içeriğindeki azalmadan dolayı kırılıp çatlamların meydana geldiği andaki su içeriği, zeminin plastik limiti olarak değerlendirilir. Plastik limit deneyi, likit limit deneyi ile bağlantılı olarak yürütülür. Aşağıda sunulan deney yönteminde büyük ölçüde ASTM D-4318 (2000), BS 1377-2 part 2 (1990) ve Ts 1900-1 de belirtilen hususlar dikkate alınarak yapılmıştır.

a) Araç ve Gereç

- Cam Plaka (en az 10 mm kalınlığında yüzeyleri temiz, çiziksiz ve düz olan, 300 cm²)
- Metal veya cam çubuk (3 mm çapında ve 10 cm boyunda)
- Karıştırma kabı (porselen veya melaminden yapılmış olmalıdır)
- Karıştırma spatulası (10 cm boyunda ve 2 cm eninde)
- Etüv (110 artı eksi 5 derece C de sabit kalabilen termostat kontrollü ve hava dolaşımli)
- Terazı (0,01 gr duyarlılıklılı)

- Su içeriği belirlemek için kullanılacak korozyona dayanıklı metal örnek kapları

b) Deneyin yapılışı

Plastik limit deneyi, No 40 (0,425 mm) elek altında kalan killere uygulanan bir deneydir. Plastik Limit deneyi, likit limit deneyi ile bağlantılı olarak yürütüleceğinden dolayı deney örneği, likit limit deneyi için hazırlanan örnekten yaklaşık 20-30 gr civarında ayrılarak elde edilir. Numuneye deneye ayırmadan önce likit limitte malzeme hazırlama işlemi yapılır ve ayrılan malzeme üzerinden malzeme alındığı için kuru olarak bu deneye başlanır (Orhan, Özer ve Işık, 2013).

Kuru malzeme karıştırma kabı içerisine aktarılır sonrasında ise plastik limit kıvamı olarak bilinen yarı sert bir kıvama gelinceye kadar saf su katılarak karıştırma spatulası ile karıştırılır. Zemin, yaklaşık olarak plastik limit kıvamına geldiğinde iki el arasında yuvarlanarak top şekline getirilir ve iki parçaya bölünür. Parçalardan birisi daha fazla nem kaybetmemesi için desikatörde bekletilir. Diğer parça yine iki el arasında yuvarlanarak bir silindir şekline getirilir. Daha sonra cam plaka üzerine yerleştirilerek el ayası veya parmaklar ile belli bir miktar basınç uygulanarak yuvarlanmak sureti ile bir çubuk haline getirilir. Parmaklar veya el ayası ile zemine uygulanması gereken basınç zemin tipine göre değişmektedir. Örneğin yüksek plastisiteli killer, plastik kıvamda iken oldukça sert olurlar. Ancak buna karşın, kil oranı daha az olan ve bir miktar silt içeren zeminler ise, nispeten yumuşak olmaktadır. Bu nedenle killi zeminleri yuvarlamak için yüksek basınç gerekirken, siltli-killi zeminler için daha düşük basınç yeterli olmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, uygulanan basıncın daima sabit tutulmaya gayret edilmesi olacaktır. Az önce bahsedildiği şekilde yuvarlanan zemin örneğinin çapı 3 mm'ye ulaştığında yüzeylerinde çatlaklar ve yer yer kopmalar meydana geliyor ise, plastik limit kıvamında demektir ve kırılan parçalar toplanarak su içeriğini belirlemek üzere ağırlığı ve kap numarası önceden deney formuna kaydedilmiş olan su içeriği kabına konarak kap ile birlikte tartılır ($W_{\text{kap+yaş}}$ örnek ağırlığı). Ancak su içeriğini belirlemek için kullanılacak örneğin ağırlığı 6 gramdan az olmamalıdır. Zeminin 3 mm çapına

geldiğini anlamak için 3 mm çapındaki kıyaslama çubuğu (cam veya metal) kullanılmalıdır. Eğer zemin örneği 3 mm çapına geldiği halde, hala çatlamlar ve kopmalar meydana gelmiyor ve zemin daha da incelebiliyor ise su içeriği plastik limitten daha yüksek demektir. Bu durumda örnek toplanarak tekrar iki el arasında veya tek el ile bir süre sıkılarak yuvarlanır. Bu şekilde, vücut sıcaklığından dolayı örnek bir miktar nem kaybedecektir. Bu işleme yeterli sürede devam edildikten sonra zeminin uygun kıvama geldiğine kanaat getirilirse tekrar deneme yapılır. Eğer zemin örneği 3 mm çapına gelmeden önce, örneğin 4-5 mm çapında iken, çatlaklar oluşup kırılıyor ve kopuyor ise, su içeriği plastik limitten daha az demektir. Başka bir deyişle örnek fazla kurumuştur. Bu durumda zemine bir miktar su kazandırmak gerekir. Ancak ilave edilecek olan su ve deneyde kullanılan zemin miktarı çok az olduğundan dolayı, likit limit deneyinde olduğu gibi su ilave edip karıştırma kabında spatula ile karıştırma imkanı yoktur. Böyle bir durumda zemin örneği elde yuvarlanarak bir küre haline getirildikten sonra ıslak bir süngerin üzerinde bastırılarak gezdirilmek sureti ile az bir miktar su emmesi sağlanabilir. Fakat zemin tarafından emilen suyun absorbe edilip, bünyesinde her tarafa eşit dağılarak homojen bir kıvam oluşturması zaman alacaktır. Bunun için en iyi yol, su emdirilen zeminin bir süre nem kaybında bekletilmesi veya zeminin ıslak sünger üzerine yerleştirilip sünger ile birlikte nem kabına konması olacaktır. Ancak bu durumda da, sık sık kontrol edilerek zeminin fazla su emmesine izin verilmemelidir. Zeminin ilk parçası üzerinde plastik limit deneyi tamamlandıktan sonra, başlangıçta ayrılan ikinci parçasına da aynı işlemler uygulanarak deney yapılır ve plastik limit için ayrılan kil örneği yüzeylerinde çatlaklar ve kopması oluştuğundan sonra, yine kap numarası ve kap ağırlığı önceden deney formuna kaydedilmiş olan ayrı bir su içeriği kabına konarak kapla birlikteki ağırlığı tartılıp deney föyüne işlenir. Bu örnekte de su içeriği belirlemek için alınan yaş örneğin ağırlığı 6 gramdan az olmamalıdır. Böylece aynı zemin örneğine iki kere plastik limit deneyi uygulanmış olmaktadır (Orhan, Özer ve Işık, 2013).

c) Hesaplamalar ve Sonuçlar

Tablo 4.10 Kuş-Atak kiline ait olan Plastik limit sonuçları

PLASTİK LİMİT						
	1	2	3	4	5	6
Can No	K105	K101	K57	K67	K27	K22
W_{kap}+yas	10,67	11,68	10,7	10,84	10,75	10,78
W_{kap}+kuru	10,34	11,17	10,41	10,52	10,45	10,48
W_{kap}	9,19	9,28	9,23	9,22	9,24	9,26
W_{su}	0,33	0,51	0,29	0,32	0,3	0,3
W_{kuru}	1,15	1,89	1,18	1,3	1,21	1,22
W(%)	28,70	26,98	24,58	24,62	24,79	24,59
Ortalama	% 25,71					
Standart Sapma	1,587					

Tablo 4.11 Kaolen 143 kiline ait olan Plastik limit sonuçları

PLASTİK LİMİT						
	1	2	3	4	5	6
Can No	ke102	k95	k12	k5	k26	k31
W_{kap}+yas	10,89	11,03	15,05	16,07	14,3	11,9
W_{kap}+kuru	10,614	10,717	14,062	14,793	13,356	11,407
W_{kap}	9,22	9,16	9,11	9,24	9,05	9,17
W_{su}	0,276	0,313	0,988	1,277	0,943	0,492
W_{kuru}	1,394	1,557	4,952	5,553	4,306	2,237
W(%)	19,8	20,1	19,95	23	21,9	22
Ortalama	% 21,125					
Standart Sapma	1,229					

4.4.2 Likit Limit Tayini Deneyi

Kohezyonlu bir zemine aşırı miktarda su ilave edilirse, zemin akışkan bir sıvı gibi davranarak kendi ağırlığı altında kolayca akabilecek duruma gelir. Atterberg'in tarım topraklarını sınıflamak amacı ile ortaya koyduğu kıvam limitleri Casagrande (1932) tarafından mühendislik amaçlarına uygun olarak daha kesin bir biçimde ifade edilmiştir. Bu amaçla Casagrande (1958) tarafından likit limitin deneysel olarak belirlenebilmesi için bir cihaz geliştirilmiş olup günümüzde halen kullanılmakta ve literatürde "Casagrande Likit Limit Cihazı" olarak bilinmektedir (Head, 1992).

Sonraki yıllarda ise İngilizler tarafından likit limitin belirlenmesi için tamamen farklı prensiplere sahip olan başka bir cihaz “Koni Batma Cihazı” geliştirilmiştir. Koni yöntemi İngiliz Standartlarına (BS 1377) geçerek İngiltere’nin yanı sıra bazı Avrupa ülkelerinin standartlarında da birinci yöntem olarak yer almaktadır (Head, 1992). Koni batma yöntemi TS 1900’ de de birinci yöntem olarak yer almaktadır (Orhan, Özer ve Işık, 2013).

Koni batma likit limit deneyi, İngiltere Devlet Kara Yolları Kurumu (TRRL) tarafından geliştirilmiş olup (Head, 1992), standart ölçülere sahip metalik bir koninin kendi ağırlığı altında 5 saniye sürede zemin örneğinin içerisine batmasından hareketle likit limitin belirlenmesi esasına dayanır. Bu deneyde 20 mm ‘lik batmaya karşılık gelen su içeriği zeminin likit limit değeri olarak alınır. Koni batma deneyinin Casagrande likit limit deneyine göre en büyük avantajı; kişisel hataları en aza indirmesi ve siltli zeminlerin likit limitini çok daha başarılı bir şekilde belirleyebilmesidir. Dezavantajı ise, deney için daha fazla zemin örneğine ihtiyaç duyulması, zemin alıcı ve daha zahmetli olmasıdır. Koni batma likit limit yöntemi, İngiltere’nin yanı sıra bazı Avrupa ülkelerinde de birinci yöntem olarak standartlarda yer almıştır (Orhan, Özer ve Işık, 2013).

4.4.2.1 Likit Limit Düşen Koni Yöntemi Deneyi

Tez çalışmamız da Casagrande yöntemi kullanılarak likit limit tayini ve çalışma konumuz olan koni batma yöntemi uygulanmıştır, koni batma yöntemi BS 1377: part 2’ de belirtilen hususlar dikkate alınarak bu tez çalışması gerçekleştirilmiştir.

a) Araç – Gereç

- Koni Batma Likit Limit Cihazı (temel özellikleri BS : 2000 : part 49 ‘da belirtilen batma miktarını 0.1 mm duyarlılıklaölçebilen)
- Koni batma kabı (pirinçten yapılmış veya alüminyum alaşımlı, 55 mm çapında, 40 mm derinliğinde metal kap)

- Batma konisi (paslanmaz çelik veya sert alüminyumdan yapılmış pürüzsüz ve parlak bir yüzeye sahip, uzunluğu yaklaşık 35 mm, koni açısı 30 artı eksi 1 derece, koninin şaft çubuğu ile ağırlığı 80 artı eksi 0,1 gr olmalıdır.)
- Koni ucunun sivriliğini kontrol etmek için ortasında 1,5 artı eksi 0,02 mm çapında bir delik olan 1,75 artı eksi 0,1 mm kalınlığında metal plaka
- Karıştırma spatulası ve tarama spatulası (10 cm boyunda ve 2 cm genişliğinde)
- Karıştırma kapları (porselen olması önerilir ancak melaminde kullanılabilir.)
- Etüv (60 derece C ve 110 artı eksi 5 derece C 'de sabit kalabilen termostat kontrollü ve hava dolaşımli)
- Terazı (0,01 gr duyarlılıklı)
- Su içeriğı tayini için korozyona dayanıklı malzemeden yapılmış metal örnek kapları
- Desikatör
- Fırından örnek çıkartmak için kullanılan ısıya dayanıklı eldiven
- No 40 (0,425 mm) elek
- Piset (plastik su kabı)

b) Deneyin Yapılışı

Likit limit deneyinin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle zemin örneğinin hazırlanması gerekmektedir. Zemin örneğı No 40 (0,425 mm) elek ile elenmeden önce etüvde veya laboratuar ortamında kurutulur daha sonrasında ise zemin örneğı 0,425 mm 'lik elek ile elenerek altta kalan malzeme deneye tabi tutulmak üzere ayrılır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli nokta eleme işlemi sırasında malzeme ortam nemini alabileceğidir. Bu sebeplerden dolayı numune eleme işleminden sonra tekrardan etüvde kurutularak deneye tabi tutmak gerekmektedir. Ayrıca eğer malzeme organik içeriğıne sahip ise malzemeyi etüvde en fazla 60 derece C sıcaklıkta kurutmak doğru olacaktır.

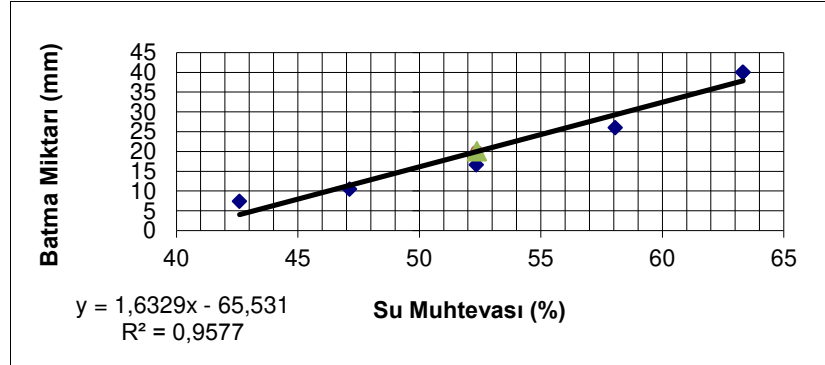
Kurutulan deney numunesinden 350 gr kadar alınır ve malzemenin deneye tabi tutulabilmesi için belli bir ıslak kıvama getirilmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle melamin veya porselen kap içerisinde malzeme ile saf su karıştırma spatulası vasıtası yardımıyla belli bir kıvama gelinceye kadar karıştırılır. Bu işlem tamamlandıktan sonra malzemenin içerisinde bulunan su miktarının malzeme içerisinde homojen dağılması için desikatörde 24 saat bekletilmesi gerekmektedir. Bekleme işlemi tamamlandıktan sonra malzeme 10 dakika kadar karıştırılır. Karıştırma işlemi bittikten sonra malzeme koni batma kabı içerisine yerleştirilir ve standartlarda belirtilen 15-25 mm arasındaki batmalar Koni batma cihazı göstergesinde gözlemlenmeye çalışılır. Koni batma kabı içerisine yerleştirilen malzemenin üst yüzeyi pürüzsüz olacak şekilde tarama spatulası vasıtası ile pürüzsüz hale getirildikten sonra koni batma kabı, koni katma cihazı üzerinde gösterilen yuvaya yerleştirilerek konik ucun malzemenin üst kısmına değmesi sağlanır, burada dikkat edilecek husus ise konik ucun koni batma kabının tam orta noktasına gelmesi sağlanır. Koni batma ucu 5 saniye süre ile serbest bırakılabilmesi için ölçme düzeneğinin ortasında yer alan vidayı hareket ettiren kola basılarak koninin malzeme içerisine batması sağlanır. Batma miktarı eğer 15 mm'nin altında gelirse, ölçme çubuğu yukarı çekilerek koninin malzeme içerisinden çıkarılması sağlandıktan sonra malzeme kabı yuvadan alınarak, kap içerisinde bulunan malzeme karıştırma kabı içerisine aktarılır ve koni batma kabı içerisi düzgünce kürenerek malzeme kalmaması sağlanır. Konik uç ise düzgünce temizlenerek bir sonraki deneye hazır hale getirilir. Malzemeye saf su ilave edilir ve karıştırma spatulası ile karıştırıldıktan sonra tekrar üstte belirttiğimiz kap içerisine malzeme aktarılarak işlem tekrar edilir. Konik ucun malzeme içerisinde ki batma miktarı 15 – 25 mm arasında oluncaya kadar bu işlem tekrar edilir. 15 – 25 mm arasında alınacak dört nokta deney föyüne işlenir. 15 – 25 mm arasında alınacak olan dört nokta föy üzerine işlenirken her nokta için en az 30 gr kadar nokta daha önceden ağırlığı deney föyüne işlenmiş ve numaralandırılmış su içeriği ölçme kaplarına aktarılarak, hassas terazide ölçülür ve deney föyüne yazılır (W_{kap}+yaş). Dört nokta için bu işlem tekrar edilir ve deney sonucunda 20 mm 'ye karşılık gelen su içeriği olan likit limitin hesaplanabilmesi için su içeriği kapları etüve atılarak yaş numunelerin 24 saat süre ile kurutulması sağlanır. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra su içeriği kapları etüvden çıkarılarak desikatöre aktarılır ve

soğuması sağlanır. Soğuyan numuneler hassas terazide kapları ile beraber tartılır ($W_{\text{kap+kuru}}$) ve sonuçları deney föyüne yazılır.

c) Hesaplamalar ve Sonuçlar

Tablo 4.12 Kuş-Atak kiline ait likit limit deney sonuçları ve konik penetrasyon – su içeriği grafiği BS 1377 ‘ye göre

Likit Limit Tayini	1	2	3	4	5
Kap No	K29	K7	K39	K70	K1
Kap +Yaş Numune Ağırlığı (g)	26,20	21,33	22,16	22,27	22,20
Kap+Kuru Numune Ağırlığı (g)	21,13	17,45	17,72	17,45	17,21
Su Ağırlığı (gr)	5,07	3,88	4,44	4,82	4,99
Kap Ağırlığı (g)	9,23	9,22	9,24	9,15	9,33
Kuru Numune Ağırlığı (g)	11,90	8,23	8,48	8,30	7,88
Su içeriği w (%)	42,61	47,14	52,36	58,07	63,32
İlk okuma (mm)	15,20	21,50	23,00	20,70	16,00
Son okuma (mm)	22,60	32,00	39,60	46,70	
Batma Miktarı (P) (mm)	7,40	10,50	16,60	26,00	40,00



Likit Limit	52,3798
-------------	---------

Tablo 4.13 Kaolen 143 kiline ait likit limit deney sonuçları ve konik penetrasyon – su içeriği grafiği

Likit Limit Deneyi						
Laboratuvar	İnş. Müh. Zem. Mek. Lab.			Tarih	16.0.4.2013	
Deney No	Jea-K143-1-S-1			Den. Yap.	Emre ALTINTAŞ	
	1	2	3	4	5	6
kap no	K96	k95	k25	k74	k11	
Wkap (gr)	9,160	9,090	9,270	9,190	9,150	
Wkap+yas (gr)	24,210	31,030	37,170	34,300	34,370	
Wkap+kuru (gr)	20,380	25,170	29,300	26,900	26,540	
Wsu (gr)	3,830	5,860	7,870	7,400	7,830	
Wkuru (gr)	11,220	16,080	20,030	17,710	17,390	
Su içeriği (%)	34,135	36,443	39,291	41,784	45,026	
ilk okuma (mm)	0,000	0,000	-0,050	0,050	-0,050	
son okuma (mm)	11,500	15,000	20,350	25,050	31,500	
P (mm)	11,500	15,000	20,400	25,000	31,550	
	Likit Limit		% 38,96			

Likit Limit Deneyi	
Batma Miktarı (mm)	40,00
	35,00
30,00	25,00
	20,00
15,00	10,00
	5,00
0,00	0,00
	50,00
Su Muhtevası (%)	

4.4.2.2 Likit Limit Casagrande Yöntemi Deneyi

Bu deney, Casagrande cihazı kullanılarak zeminlerin likit limitinin belirlenmesi amacı ile yapılır. Zemin örneği, Casagrande cihazının kabına yerleştirilerek oluk açma bıçağı ile iki parçaya bölündükten sonra, çevirme kolu saniyede iki düşüş yapacak şekilde çevrilir. Açılan oluğun tabandan itibaren 13 mm boyunda kapandığı andaki düşüş sayıları ile buna karşılık gelen su içerikleri kullanılarak çizilen grafikler üzerinden 25 düşüşe karşılık gelen su içeriği likit limit olarak belirlenir.

a) Araç – Gereç :

- Sert plastik tabanlı standart likit limit deney aleti
- Standart oluk açma bıçağı
- Yarı logaritmik grafik kağıdı
- Spatula
- Karıştırma kapları
- Etüv (60 derece C ve 110 artı eksi 5 derece C ‘de sabit kalabilen termostat kontrollü ve hava dolaşımli)
- Terazı (0,01 gr duyarlılıklılı)
- Su içeriğı tayini için ısıya dayanıklı metal örnek kapları
- Desikatör
- No 40 (0,425 mm) elek
- Piset (plastik su kabı)

b) Deneyin Yapılışı

Likit limit deneyinin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle zemin örneğinin hazırlanması gerekmektedir. Zemin örneğı No 40 (0,425 mm) elek ile elenmeden önce etüvde veya laboratuar ortamında kurutulur daha sonrasında ise zemin örneğı 0,425 mm ‘lik elek ile elenerek altta kalan malzeme deneye tabi tutulmak üzere ayrılır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli nokta eleme işlemi sırasında malzeme ortam nemini alabileceğidir. Bu sebeplerden dolayı numune eleme işleminden sonra tekrardan etüvde kurutularak deneye tabi tutmak gerekmektedir. Ayrıca eğer malzeme organik içeriğe sahip ise malzemeyi etüvde en fazla 60 derece C sıcaklıkta kurutmak doğru olacaktır.

Kurutulan deney numunesinden 350 gr kadar alınır ve malzemenin deneye tabi tutulabilmesi için belli bir ıslak kıvama getirilmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle melamin veya porselen kap içerisinde malzeme ile saf su karıştırma spatulası vasıtası yardımıyla belli bir kıvama gelinceye kadar karıştırılır. Bu işlem tamamlandıktan sonra malzemenin içerisinde bulunan su miktarının malzeme

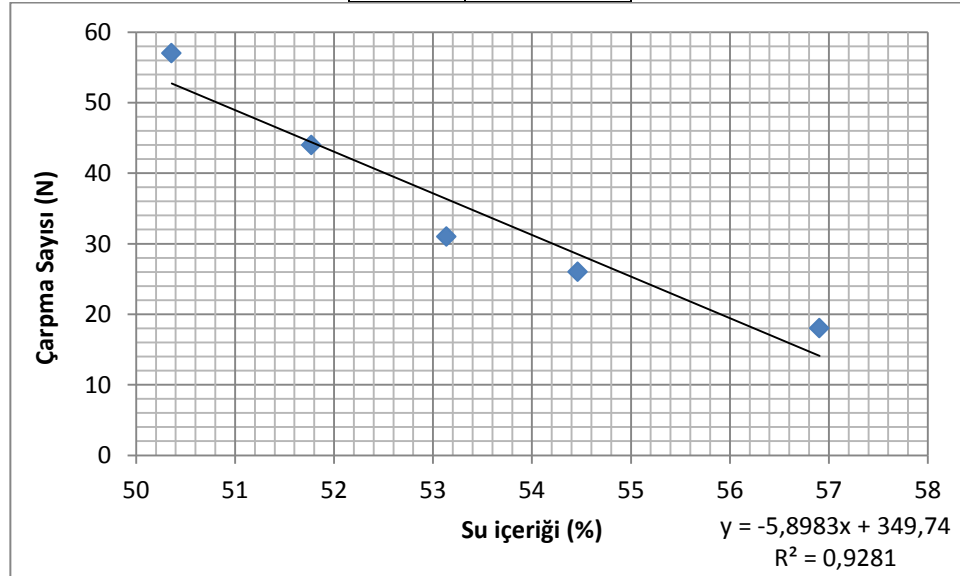
içerisinde homojen dağılması için desikatörde 24 saat bekletilmesi gerekmektedir. Bekleme işlemi tamamlandıktan sonra malzeme 10 dakika kadar karıştırılır. Deneye başlamadan önce Casagrande aletini kontrol ederek deney için müsait olduğu görülmelidir. Örneğin içerisine numune konulacak olan tasın sert plastiğine düşüş yüksekliğinin 1 cm olup olmadığı kontrol edilmelidir. Aletin deney öncesinde iyice temizlenmesi gereklidir. Casagrande aletinin tası sert plastiğe oturtularak içine hazır durumdaki numuneden spatula ile bir miktar alınarak tasın içerisine yerleştirilir. Yerleştirme sırasında numunenin içinde hava kabarcıkları kalmamasına özen gösterilir. Tas içerisine yerleştirilen numunenin yüzeyi yatay olacak şekilde düzeltilir. Tas içine yerleştirilen numunenin en kalın kısmı yaklaşık olarak 1 cm olmalıdır. Tas içerisine yerleştirilen numunenin ortasından standart oluk açma bıçağı ile bir yarık açılır. Numune pastasının ortasından içerisinde yarık açılırken özen gösterilmeli ve yarığın gayet düzgün olması sağlanmalıdır. Bu işlem oldukça çabuk yapılmalı ve numune pastasının kurummasına müsaade edilmemelidir. Aletin elle çalıştırılan bir türden olması halinde kolu saniyede iki düşüş yapacak şekilde çevirmeli ve düşüşler sayılmalıdır. Bu sırada numune pastasının açılmış olan yarığın tabanındaki kapanma dikkatle izlenmeli ve kapanmanın yaklaşık 1 cm olması durumunda çevirme işlemi durdurulmalıdır. Bu işlemin elektrikli aletle yapılması durumunda düşüşlerdeki zaman aralığı ve düşüş sayısı (N) otomatik olarak alet tarafından yapılacağı için sadece yarığın tabanındaki kapanma izlenmeli ve kapanmanın 1 cm olması durumunda alet durdurulmalıdır. Alet durduktan sonra kuru ve temiz bir spatula kullanılarak 1 cm'lik kapanmanın olduğu bölgeden bir miktar numune pastası alınarak ağırlığı daha önceden bilinen metal örnek kabı içerisine yerleştirilerek, terazide tartılarak kaydedilir ve su muhtevasının belirlenmesi için etüve konulur. Aletin tasına kalan numune tamamen alınarak önceki kabına konulur. Tas tamamen temizlenir ve kurularak bir sonraki deneye hazır hale getirilir. Kapta kalan numuneye bir miktar damıtık su ilave edilerek iyice karıştırılır ve bir önceki işlem tekrardan uygulanır. Deneyler en az dört kez tekrarlanarak dört tane düşüş sayısı ve bunlara karşılık gelen su içeriği elde edilmelidir. Bu değerlendirmenin gerçekleştirilebilmesi için alınan sonuçların iki tanesi 25 düşüşden küçük, iki tanesinde 25 düşüşden büyük olması gerekmektedir. Deneylerde su içeriği sürekli arttırılarak yapılmalıdır. Fazla damıtık su ilave edildiği durumlarda su muhtevasının

azaltılması için zemine kuru numune eklenmemelidir. Bu durumda yapılacak işlem numunenin bir süre ortam sıcaklığında açık halde bekletilmesi işlemidir.

c) Hesaplamalar ve Sonuçlar

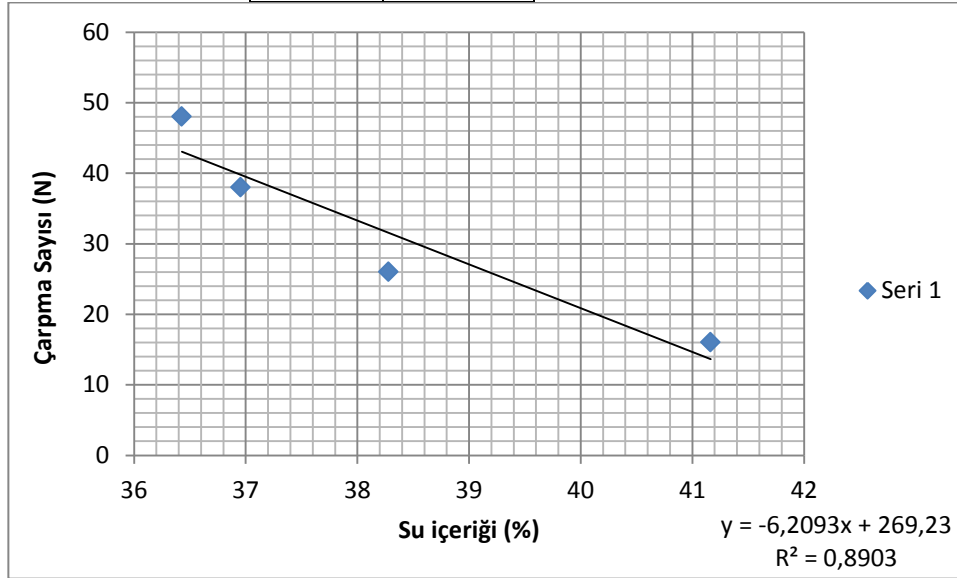
Tablo 4.14 Kuş-Atak kiline ait Casagrande deney yöntemi sonuçları

Casagrande Yöntemi İle Likit Limit Tayini						
Deney No	C-KA1			Tarih		
	1	2	3	4	5	6
Kap No	k42	k28	k53	k75	k65	
W _{kap} (gr)	9,26	9,23	9,17	9,22	9,18	
W _{kap+yas} (gr)	21,8	22,51	20,64	21,33	20,54	
W _{kap+kuru} (gr)	17,6	17,98	16,66	17,06	16,42	
W _{su} (gr)	4,2	4,53	3,98	4,27	4,12	
W _{kuru} (gr)	8,34	8,75	7,49	7,84	7,24	
Su içeriği (%)	50,36	51,77	53,14	54,46	56,91	
Çarpma Sayısı (N)	57	44	31	26	18	
	LL (%)	55,0565				



Tablo 4.15 Kaolen 143 kiline ait Casagrande deney yöntemi sonuçları

Casagrande Yöntemi İle Likit Limit Tayini						
Deney No	C-K1431					
	1	2	3	4	5	6
Kap No	k21	k20	k61	k102		
Wkap (gr)	9,03	9,11	9,05	9,28		
Wkap+yas (gr)	20,64	20,71	20,14	22,62		
Wkap+kuru (gr)	17,54	17,58	17,07	18,73		
Wsu (gr)	3,1	3,13	3,07	3,89		
Wkuru(gr)	8,51	8,47	8,02	9,45		
Su içeriği (%)	36,43	36,95	38,28	41,16		
Çarpma Sayısı (N)	48	38	26	16		
	LL (%)	39,3329				



4.5 Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına Göre Malzemenin Sınıflandırılması

Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi ilk kez Arthur Casagrande tarafından 1942 yılında hava alanı yapımında kullanılacak olan zeminleri sınıflandırmak amacı ile geliştirilmiştir (Das, 1998). Daha sonraki yıllarda zemin mühendisleri tarafından geliştirilerek bugün ki şeklini almış ve 1985 yılında ASTM tarafından zeminleri sınıflandırmak için standart yöntem olarak kabul edilerek ASTM D2487 (2000) numarası ile yayınlanmıştır. Günümüzde dünyanın birçok yerinde zemin mühendisleri tarafından kullanılan bu sisteme göre zeminler, iri taneli, ince taneli ve

organik olmak üzere 3 ana gruba ayrılır, bu ana gruplar, kendi aralarında ayrıca 15 alt sınıfa ayrılarak, her bir sınıf iki harfin yan yana gelmesiyle oluşan sembollerle ifade edilmiştir (örneğin GW gibi). Bazen de zemin sınıfları çift sembol kullanılarak ifade edilir (örneğin SC-SM gibi). Sembolleri oluşturan harfler ve ifade ettikleri anlamlar tablo 4.16 'da verilmiştir.

Tablo 4.16 USCS' DE Kullanılan Birinci ve ikinci harfler ve ifade ettikleri anlamlar

Birinci harf	Zemin tipi	İkinci harf	Zemin tipi
G	Çakıl (Gravel)	W	İyi derecelenmiş
S	Kum (Sand)	P	Kötü Derecelenmiş
M	Silt (Silt)	M	Plastik olmayan İnce Taneli
C	Kil (Clay)	C	Plastik ince taneli - Killi
O	Organik (Organik)	L	Düşük Plastisiteli
Pt	Bataklık – Turba (Peat)	H	Yüksek Plastisiteli

Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi ile zeminleri sınıflandırmak için; söz konusu zeminin tane dağılım analizi, likit limiti ve plastisite indisi değerleri bilinmelidir (Orhan, Özer ve Işık, 2013).

4.5.1 Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması Sisteminin Uygulanması

Sınıflamada 0,074 mm çaplı elek üstünde kalan (bu elek delik çapından daha büyük çaplı taneler iri taneli zemin, bundan daha küçük çaplı zeminler ise ince taneli zemin olarak adlanırlar) iri taneli zemin çakıl (G) ve kum (S) olarak iki alt sınıfa ayrılmaktadır. Burada boyutu 4 numaralı elek (4,76 mm) üstündeki taneler çakıl(G), bundan küçük ancak 0,074 mm'den büyük tanelerde kum (S) olarak değerlendirilmektedir. İyi derecelenmiş kum ve çakıllar için W simgesi, kötü derecelenmişler için P simgesi kullanılmaktadır. GP kötü derecelenmiş çakılı SW ise iyi derecelenmiş kumu göstermektedir. İnce taneli zeminler silt (M) ve kilden (C) oluşmaktadır. Bunların ayrımında ise Casagrande plastisite grafiği kullanılmaktadır. Bu sınıflama şu şekilde yapılmaktadır;

a) Öncelikle 0,074 mm ‘den daha büyük tanelerin yüzdesine bakılır eğer bu oran %50’den fazla ise o zaman zemin iri taneli zeminler sınıfına girmektedir. Aksi takdirde zemin ince taneli zeminler sınıfına girer.

b) İri taneli zemin içinde 4,76 mm’ den büyük olanların yüzdesi iri taneli zeminin yarısından fazla ise zemin çakıl (G) aksi takdirde zemin kumdur(S).

c) Eğer zemin iri taneli ise (ince tanelerin oranı % 50 ‘den az ise) ve ince tane oranı % 5’den az ise zemin çakıl veya temiz kum olarak adlanır. İri taneli malzeme içindeki zeminin % 50’den fazlası 4,76 mm’ den büyükse zemin çakıl, aksi takdirde zemin kumdur. Zemin çakılsa zemin sınıfı GW veya GP, kumsa zemin sınıfı SW veya SP dir. Çakılda zeminin GW olması için $C_u > 4$ ve $C_r = 1 - 3$ olması gerekir. Aksi takdirde zemin sınıfı GP’ dir. Zemin kum ise zeminin SW olması için $C_u > 6$ ve $C_r = 1 - 3$ olması gerekir aksi takdirde zemin sınıfı SP’ dir.

d) Zemin iri taneli ise ve zemin içinde 0,074 mm elek açıklığına sahip eleğin altındakilerin oranı % 12 ‘den fazla ise zeminin sınıfı; GC, GM, SC veya SM dir. Bu tür zeminler kirli çakıl veya kirli kum olarak da bilinir. İnce tanelerin oranı % 12’den fazla ise zemin sınıfını netleştirmek için plastisite kartı kullanılır. Plastisite kartı likit limiti ve plasitisite indisine göre düzenlenmiş bir Şekil olup üzerinde A hattı ve U hattı olarak bilinen 2 doğru bulunmaktadır. Plastisite kartı üzerine likit limit ile plastisite indisini temsil eden nokta işaretlendikten sonra, ince taneli zemin grupları bu hattın altında – üstünde ve/veya likit limit %50 düşey çizgisinin sağında – solunda olması durumuna göre adlanmaktadır. Plastisite kartı üzerine işaretlenen zeminin temsil eden likit limit – plastisite indisi noktası, kart üzerinde A hattının üstünde ise zeminde kil (C) bileşeni fazla ve sınıflamada kullanılacak ikinci simge C, bu nokta eğer A hattının altında ise zeminde silt bileşeni fazla ve sınıflamada kullanılacak ikinci simge M’ dir. Dolayısıyla likit limit – plastisite indisi noktası A hattı üstünde ise ve zemin çakılsa zemin sınıfı GC, kum ise zemin sınıfı SC’ dir. Likit limit – Plastisite indisi noktası, plastisite kartı üzerinde A hattı altındaysa ve zemin çakılsa, zemin sınıfı GM, kumsa zemin sınıfı SM’ dir.

e) İri taneli zeminde ince tanelerin oranı % 5 -12 arasında ise zemin sınıfı her biri iki harften oluşan 2 grup harfle ifade edilir (zemin dört harften oluşan çift sembolle ifade edilir). Zemin çakılsa, zeminin sınıfını gösteren ilk iki harf GW yada GP diğer simgeler ise GC yada GM' dir. Bunlardan GW veya GP den hangisi olduğu yukarıdaki gibi belirlenir. İkinci sembol GC mi yoksa GM mi olduğu ise yine yukarıda verildiği gibi plastisite kartı vasıtası ile belirlenir. Zemin çakılsa zeminin sınıfı; GW-GM, GW-GC, GP-GC veya GP-GM, zemin kumsa zeminin sınıfı; SW-SM, SW-SC, SP-SM veya SP-SC' dir.

f) İnce taneli zeminlerde ise ayırım likit limitin % 50'den küçük veya büyük olmasına göre yapılmaktadır. Likit limit % 50'den küçük ise ve zemini temsil eden likit limit- plastisite indisi noktası A hattının üstünde olması durumunda zemin sınıfı; CL, A hattının altında olması durumunda ise zemin sınıfı ML veya OL' dir. Likit limit % 50'den fazla ise zemin sınıfı MH, CH veya OH, likit limit % 50'den fazla ve plastisite kartındaki likit limit – plastisite indisi noktası A hattının üzerinde ise zemin sınıfı CH, altında ise MH veya OH' tır. Eğer zemin organik maddece zenginse ve likit limit % 50'den fazla ise zemin sınıfı OH, likit limit % 50 den düşük ise zemin sınıfı OL' dir. (Özdemir, 2008)

Tablo 4.17 USCS sınıflama sistemi tablosu

Ana Gruplar			Grup Sembolü	Zemin Cinsi	Laboratuvar Sınıflandırma Kriterleri	
İri Daneli Zeminler (No.200 Elekten Geçen <50)	Çakıllar (İri kısmın No.4 Elekten geçen % si <50)	Temiz çakıllar (No.200 Elek altı <5)	GW	İyi derecelenmiş temiz çakıllar ve çakıl-kum karışımları	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ ve $C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{10})(D_{60})} = 1-3$	
			GP	Kötü derecelenmiş temiz çakıllar ve çakıl-kum karışımları	$C_u \leq 4$ veya $C_c \neq 1-3$	
		Siltli ve killi çakıllar (No.200 Elek altı >12)	GM	Siltli çakıllar, çakıl-kum-silt karışımları	A hattının altında veya $I_p < 4$	A hattının üstünde ve $4 < I_p < 7$ çift sembol
			GC	Killi çakıllar, çakıl-kum-killi karışımları	A hattının üzerinde ve $I_p > 7$	
	Kumlar (İri kısmın No.4 Elekten geçen % si >50)	Temiz kumlar (No.200 Elek altı <5)	SW	İyi derecelenmiş temiz kumlar, çakıllı kumlar	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ ve $C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{10})(D_{60})} = 1-3$	
			SP	Kötü derecelenmiş temiz kumlar, çakıllı kumlar	$C_u \leq 6$ veya $C_c \neq 1-3$	
		Siltli ve killi kumlar (No.200 Elek altı >12)	SM	Siltli kumlar	A hattının altında veya $I_p < 4$	A hattının üstünde ve $4 < I_p < 7$ çift sembol
			SC	Killi kumlar	A hattının üzerinde ve $I_p > 7$	
İnce Daneli Zeminler (No.200 Elekten Geçen >50)	Siltler ve Killer	Düşük plastisiteli siltler ve killer ($w_L < 50$)	ML	Düşük plastisiteli inorganik siltler ve killi siltler		
			CL	Düşük plastisiteli inorganik killler ve siltli killler		
			OL	Düşük plastisiteli organik siltler ve killi siltler		
		Yüksek plastisiteli siltler ve killer ($w_L > 50$)	MH	Yüksek plastisiteli inorganik siltler ve killi siltler		
			CH	Yüksek plastisiteli inorganik killler ve siltli killler		
			OH	Yüksek plastisiteli organik killler ve siltler		
		Organik Zeminler				

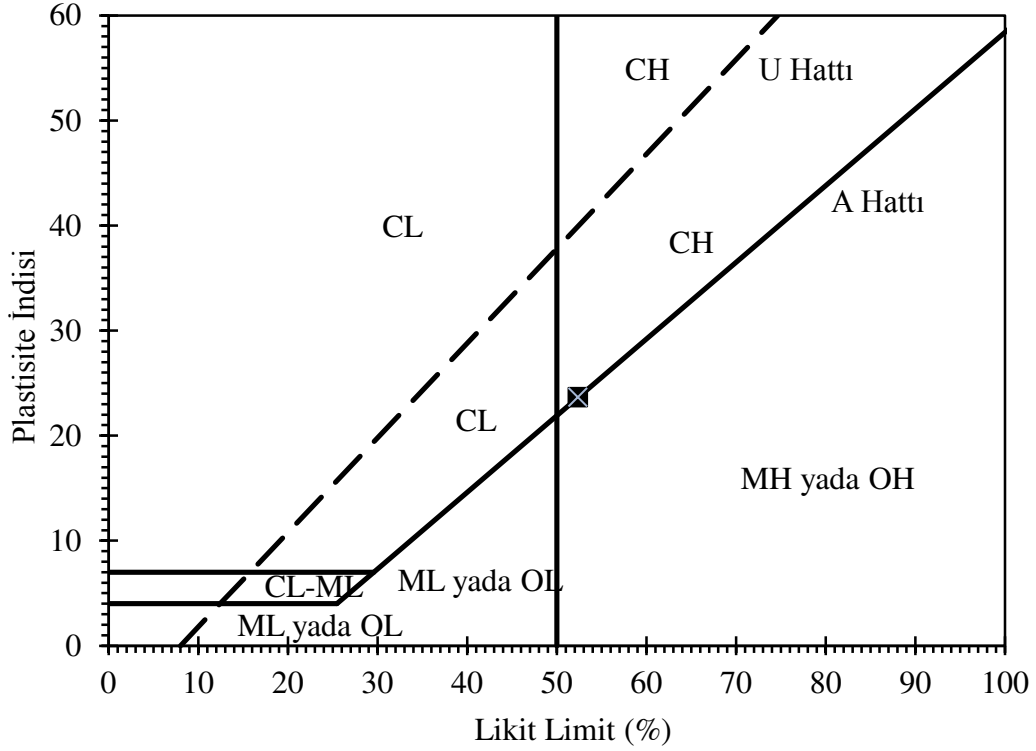
Tez çalışmamızda kullanlandığımız malzemeleri USCS sınıflama sistemine göre sınıflaması aşağıdaki gibidir;

Kuş-Atak Kili için yapılan deneyler sonucunda yıkamalı elek analizi deneyinde 200 (0,075 mm elek açıklığına sahip elek) no'lu elek altına geçen malzeme miktarı % 90'dan fazladır. Bu sebeple tablo 4.17 de görülen Plastisite abağı üzerinden malzeme türü belirlenmeye çalışılmıştır. Plastik limit : % 25,71 ve Likit Limiti : % 52,38 olarak belirlenmiştir. Buna göre Plastisite indisi = 26,67 dir. Malzemenin abak üzerinde PI – LL nokta kontrolü sağlanabilmesi için A ve U hatları olarak belirtilen iki farklı sınır çizginin kontrollerinin formüller vasıtası ile yapılması gerekmektedir.

$$\text{A hattı için} \quad PI=0,73*(LL-20) \quad \rightarrow \quad PI = 23,64 \quad (4.5)$$

$$\text{U hattı için} \quad PI=0,9*(LL-8) \quad \rightarrow \quad PI=39,94 \quad (4.6)$$

Değerleri elde edilmektedir. Deney sonuçlarına göre abak üzerine PI – LL değerine ait olan nokta kesiştirildiğinde A hattının üstünde yer almıştır, PI değeri A-hattı değeri için kontrol amacı için hesaplanan 23,64 değeri tekrardan kesiştirilmiştir.



Şekil 4.8 Malzeme Türünün Plastisite abağı üzerinde belirlenmesi (Kuş-Atak kili)

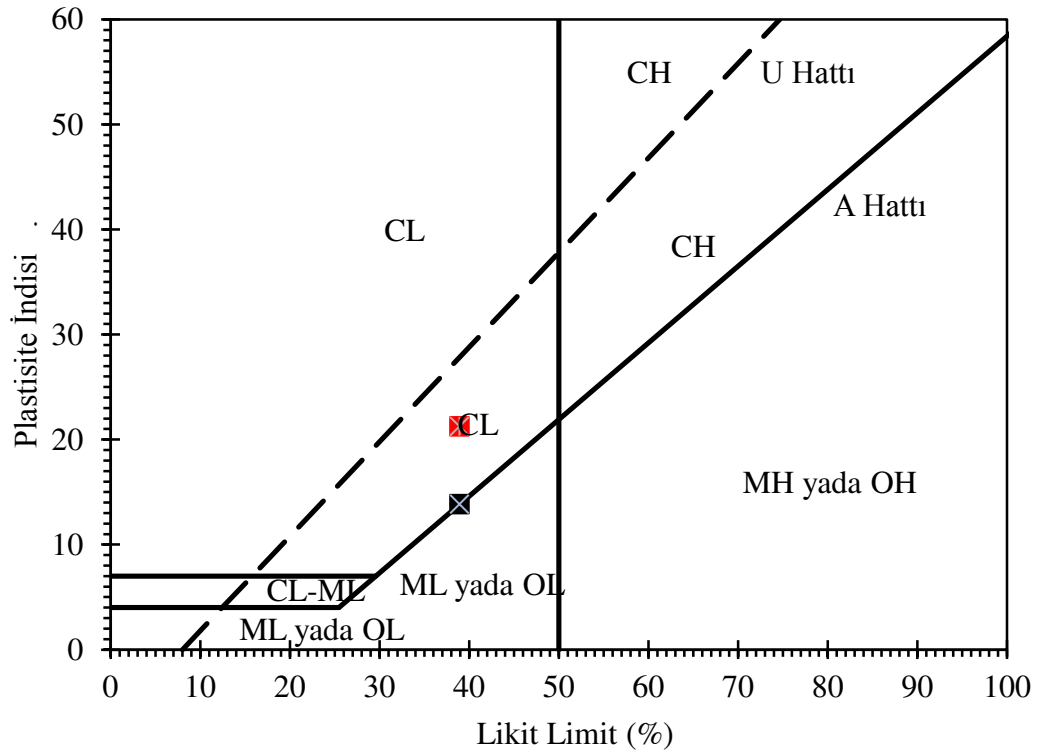
Şekil 4.8 ‘den de görüleceği üzere malzeme türünün kesiştirme noktası A hattının üstüne dek gelmiştir. Malzeme CH, MH ve OH türü malzeme olabileceği düşünülmektedir.

Kaolen 143 Kili için yapılan deneyler sonucunda yıkamalı elek analizi deneyinde 200 (0,075 mm elek açıklığına sahip elek) no’lu elek altına geçen malzeme miktarı % 90’dan fazladır. Bu sebeple tablo 4.17 de görülen Plastisite abağı üzerinden malzeme türü belirlenmeye çalışılmıştır. Plastik limit : % 21,25 ve Likit Limiti : % 38,96 olarak belirlenmiştir. Buna göre Plastisite indisi = 17,71’dir. Malzemenin abak üzerinde PI – LL nokta kontrolü sağlanabilmesi için A ve U hatları olarak belirtilen iki farklı sınır çizginin kontrollerinin formüller vasıtası ile yapılması gerekmektedir.

$$\text{A hattı için } PI=0,73*(LL-20) \quad \rightarrow \quad PI = 13,84 \quad (4.7)$$

$$\text{U hattı için } PI=0,9*(LL-8) \rightarrow PI=27,864 \quad (4.8)$$

Değerleri elde edilmektedir. Deney sonuçlarına göre abak üzerine PI – LL değerine ait olan nokta kesiştirildiğinde A hattının üstünde yer almıştır ve sonuç olarak CL türü malzeme olduğu belirlenmiştir, PI değer A-hattı değeri için kontrol amacı için hesaplanan 13,84 değeri tekrardan kesiştirilmiştir.



Şekil 4.9 Malzeme Türünün Plastisite abağı üzerinde belirlenmesi (Kaolen 143 kili)

Şekil 4.9 ‘dan da görüleceği üzere malzeme türünün kesiştirme noktası A hattının üstüne dek gelmiştir. Malzeme CL türü malzeme olabileceği düşünülmektedir.

BÖLÜM BEŞ

DENEYSEL BULGULAR

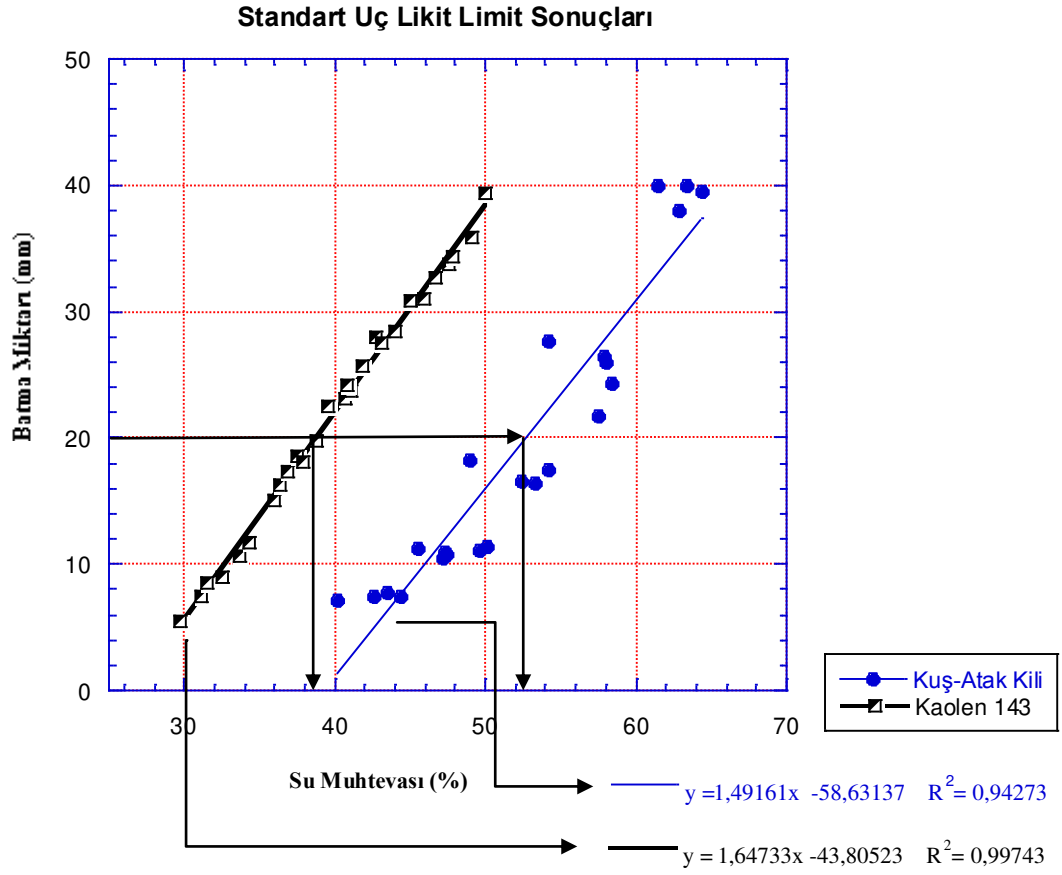
Bu bölümde tez çalışması kapsamında gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları sunulmaktadır. Bu bölümde deneylerin nasıl yapıldığı anlatılmayacak, farklı uçlar kullanılarak elde edilen likit limit deney sonuçları sunulmuş ve farklı uçlar kullanılarak elde edilen sonuçlar arasındaki bağlantılar ortaya konulacaktır. Tez çalışmasında kullandığımız konik uçlar çeşitli gruplara ayırmıştır. Bu kapsamda her grup kendi içerisinde ayrı değerlendirilmiştir. Çalışmanın asıl amacı olan korelasyonların belirlenebilmesi için su içeriği değerleri 0 – 40 mm gibi geniş bir aralıkta tutulmuştur, Microsoft Excel 2007 ve KaleidaGraph 4.0 bilgisayar programlarından faydalanılarak şekiller ve korelasyonlar ortaya konulmuştur. Her konik uç grafiğinde görüleceği üzere standartlarda belirtilen 30 artı eksi1derece, 80 artı eksi 0,1 gr'lık konik uç ile karşılaştırma yapılmıştır. Gruplandırma uç şekli, açısı ve ağırlığı göz önünde bulundurulmuştur. Uçların özelliklerine ait tanıtım üçüncü bölümde yapılmıştır.

5.1 Deneyler

5.1.1 Konik Uçlar

5.1.1.1 Standart Uç'a Ait Deney Sonuçları

Bu konik ucun uç açısı 30 derece ve uç ağırlığı 80 gramdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.1).

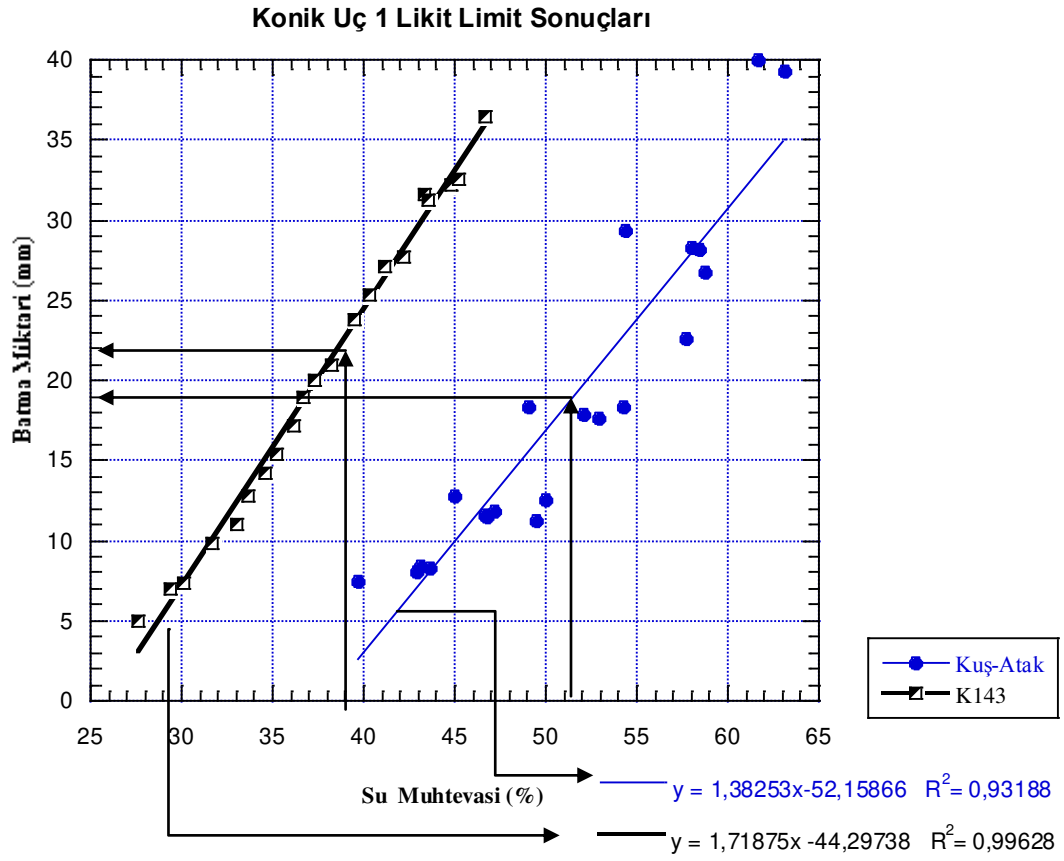


Şekil 5.1 Standart uç için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonuçlarına göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin 20 mm penetrasyonlarına karşıt gelen Likit limit değerleri $LL_{\text{kuşatak}} = \% 52,736$ ve $LL_{\text{k143}} = \%38,737$ bulunmuştur.

5.1.1.2 Konik Uç 1'e Ait Deney Sonuçları

Bu konik ucun uç açısı 30 derece ve uç ağırlığı 90 gramdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.2).

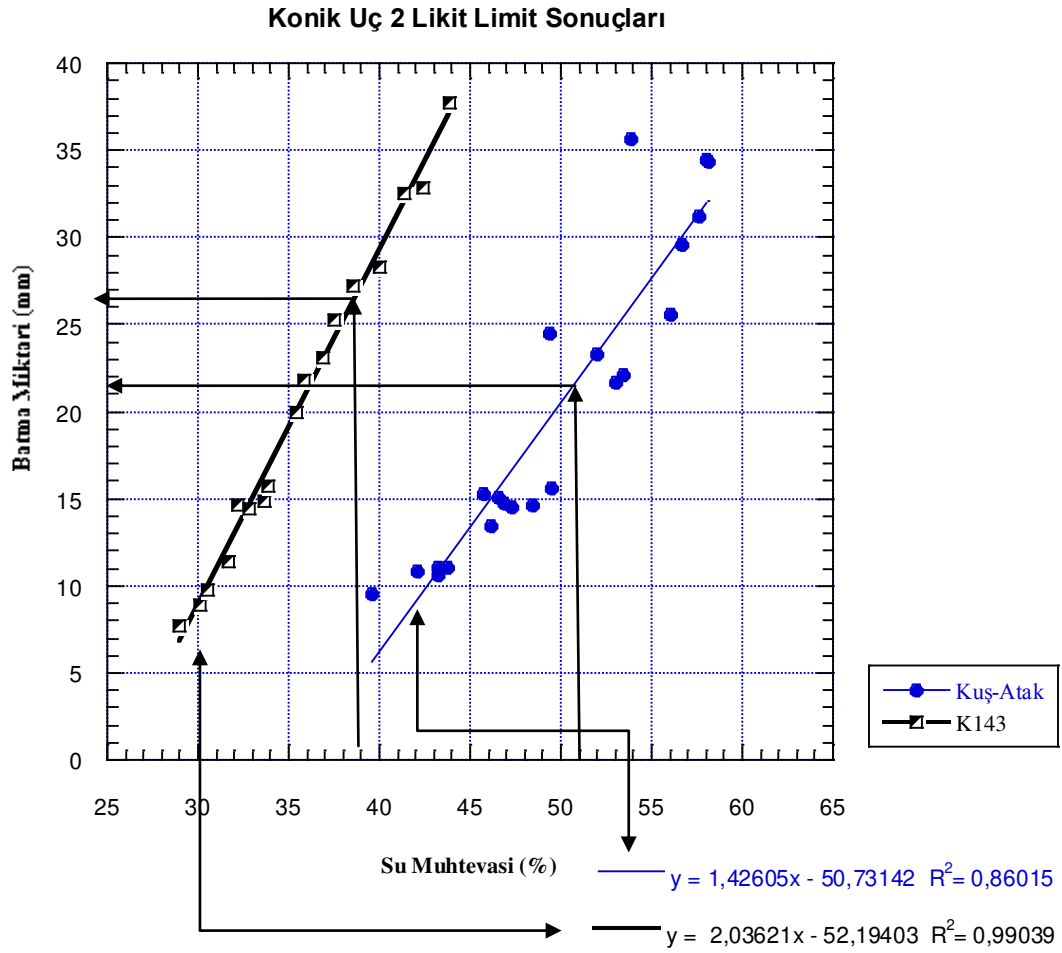


Şekil 5.2 Konik Uç 1 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,74$ ve $LL_{k143} = \%38,74$ için konik uç 1 'de karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 20,73$ mm ve $P_{k143} = 22,26$ mm bulunmuştur.

5.1.1.3 Konik Uç 2'ye Ait Deney Sonuçları

Bu konik ucun uç açısı 30 derece ve uç ağırlığı 130 gramdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.3).

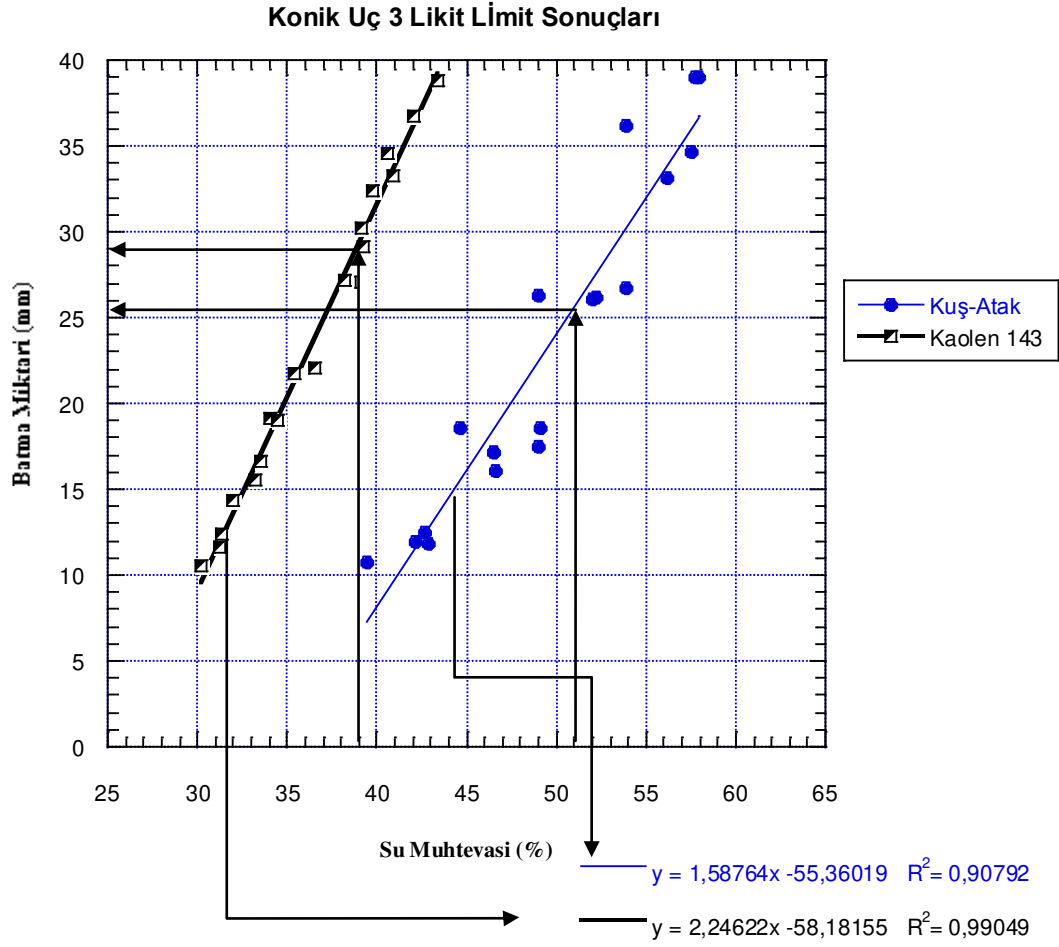


Şekil 5.3 Konik Uç 2 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,74$ ve $LL_{k143} = \%38,74$ için konik uç 2 'de karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 24,47$ mm ve $P_{k143} = 26,68$ mm bulunmuştur.

5.1.1.4 Konik Uç 3'e Ait Deney Sonuçları

Bu konik ucun uç açısı 30 derece ve uç ağırlığı 170 gramdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.4).

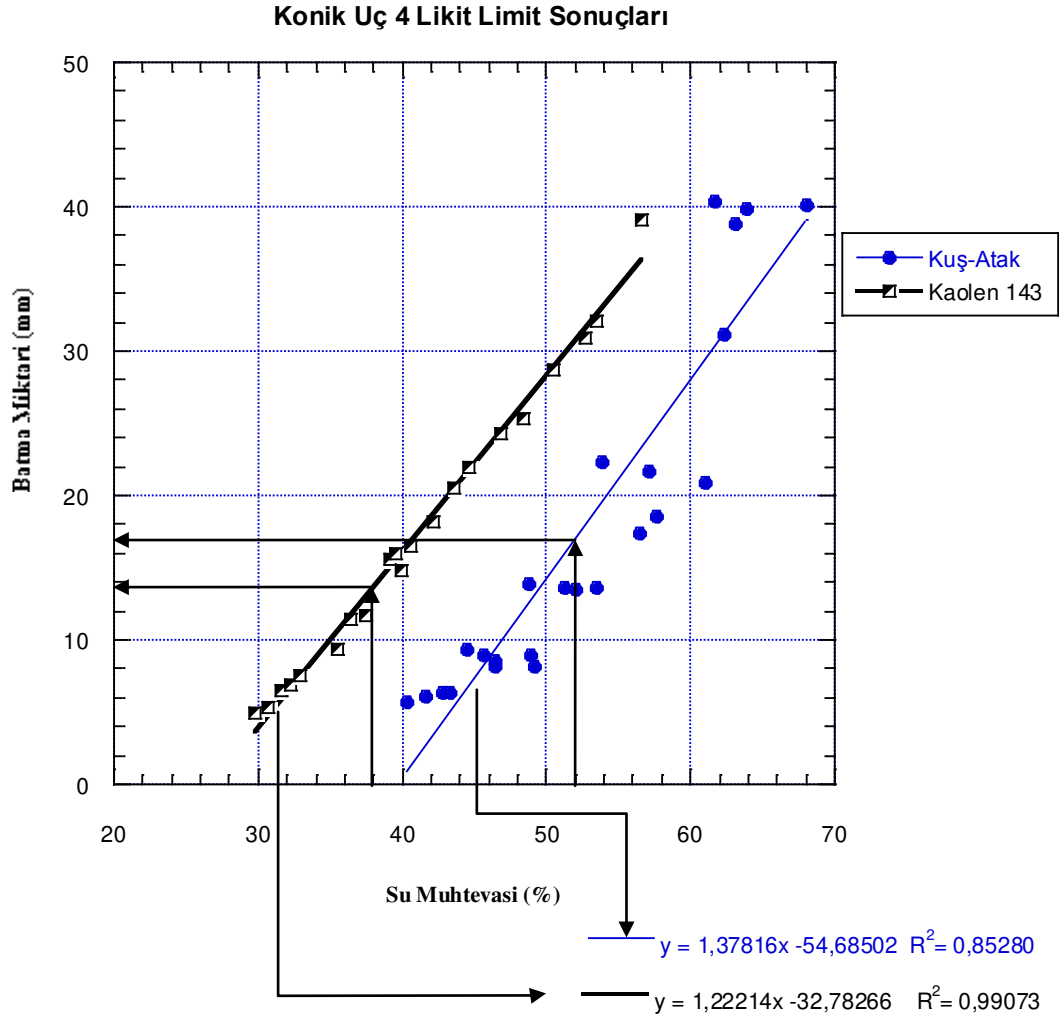


Şekil 5.4 Konik Uç 3 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,74$ ve $LL_{k143} = \%38,74$ için konik uç 3'de karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 28,333$ mm ve $P_{k143} = 28,823$ mm bulunmuştur.

5.1.1.5 Konik Uç 4'e Ait Deney Sonuçları

Bu konik ucun uç açısı 45 derece ve uç ağırlığı 90 gramdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.5).

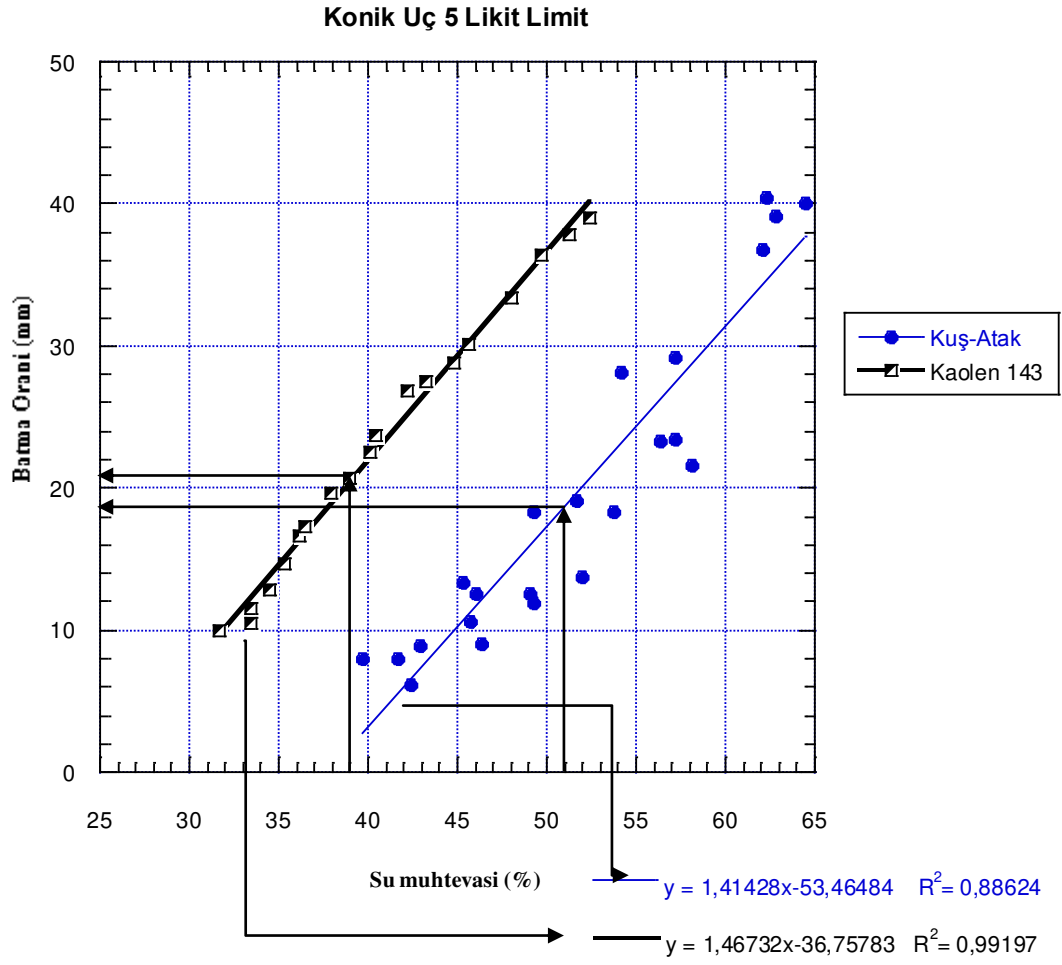


Şekil 5.5 Konik Uç 4 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,736$ ve $LL_{k143} = \%38,737$ için konik uç 4' e karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 17,991$ mm ve $P_{k143} = 14,556$ mm bulunmuştur.

5.1.1.6 Konik Uç 5'e Ait Deney Sonuçları

Bu konik ucun uç açısı 45 derece ve uç ağırlığı 170 gramdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.6).

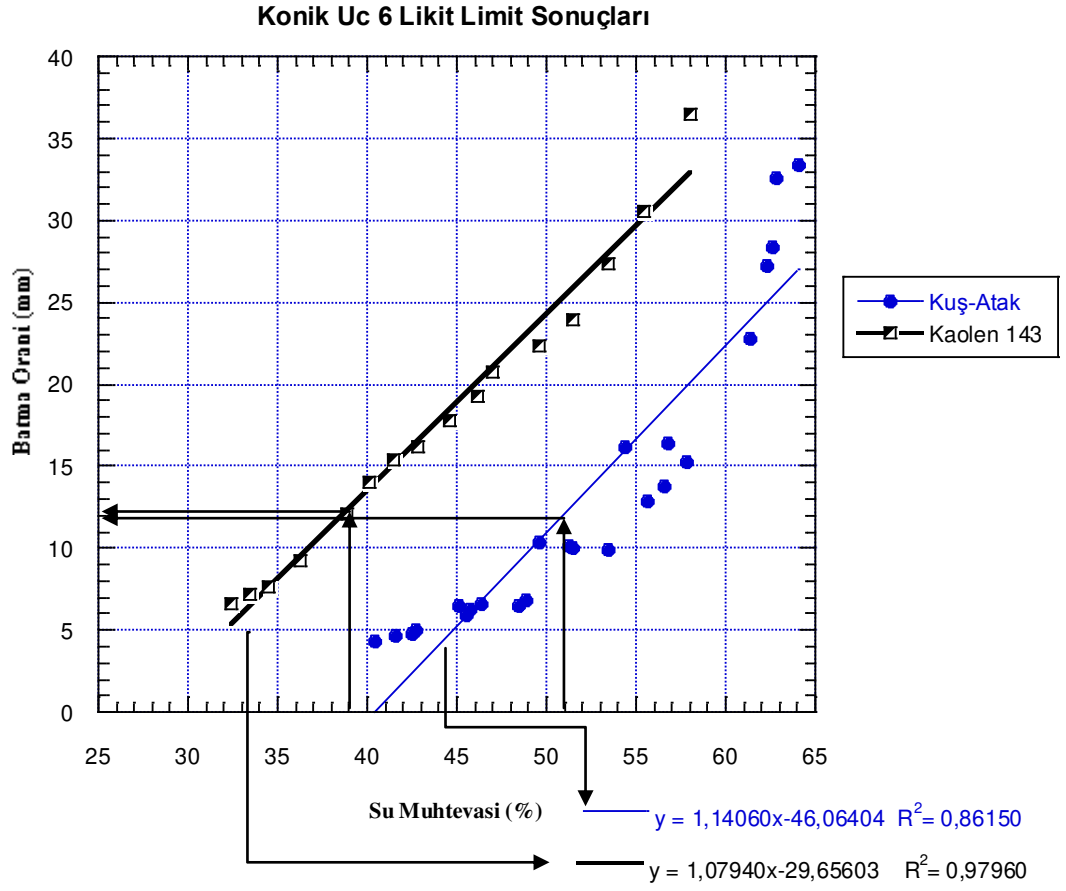


Şekil 5.6 Konik Uç 5 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,736$ ve $LL_{k143} = \%38,737$ için konik uç 5 'e karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 21,11$ mm ve $P_{k143} = 20,077$ mm bulunmuştur.

5.1.1.7 Konik Uç 6'ya Ait Deney Sonuçları

Bu konik ucun uç açısı 60 derece ve uç ağırlığı 90 gramdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.7).

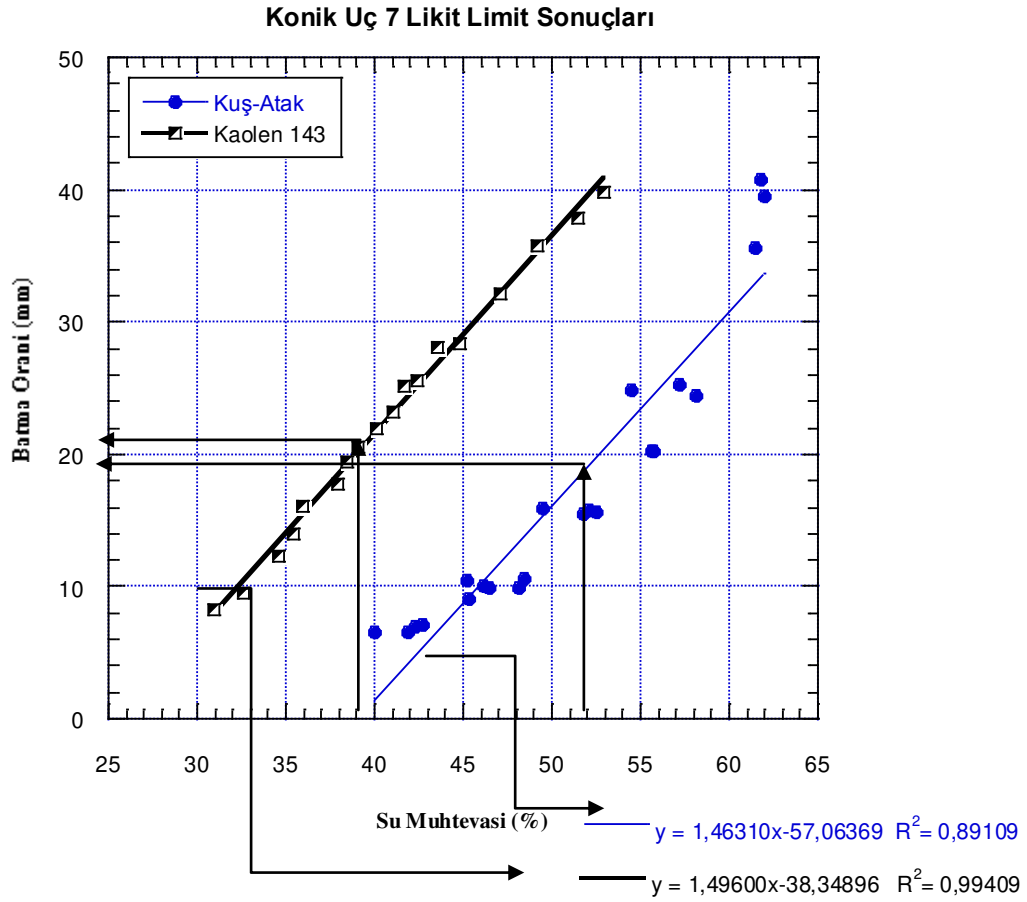


Şekil 5.7 Konik Uç 6 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,736$ ve $LL_{k143} = \%38,737$ için konik uç 6 'ya karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 14,66$ mm ve $P_{k143} = 12,125$ mm bulunmuştur.

5.1.1.8 Konik Uç 7'ye Ait Deney Sonuçları

Bu ucun, uç açısı 30 derece ve uç ağırlığı 90 gram ve şekil olarak kare piramittir. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.8).

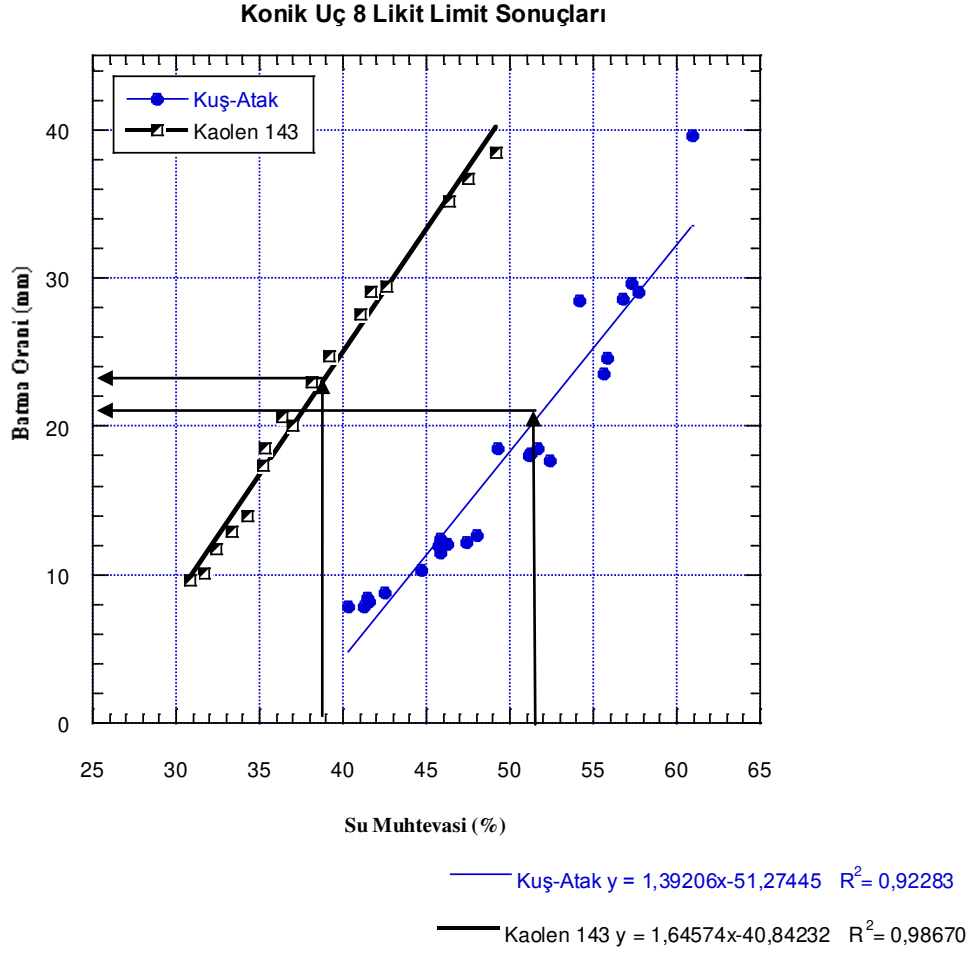


Şekil 5.8 Konik Uç 7 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,74$ ve $LL_{k143} = \%38,74$ için konik uç 7 'de karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 20,1$ mm ve $P_{k143} = 19,6$ mm bulunmuştur.

5.1.1.9 Konik Uç 8'e Ait Deney Sonuçları

Bu ucun, uç açısı 30 derece ve uç ağırlığı 130 gram ve şekil olarak kare piramittir. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.9).

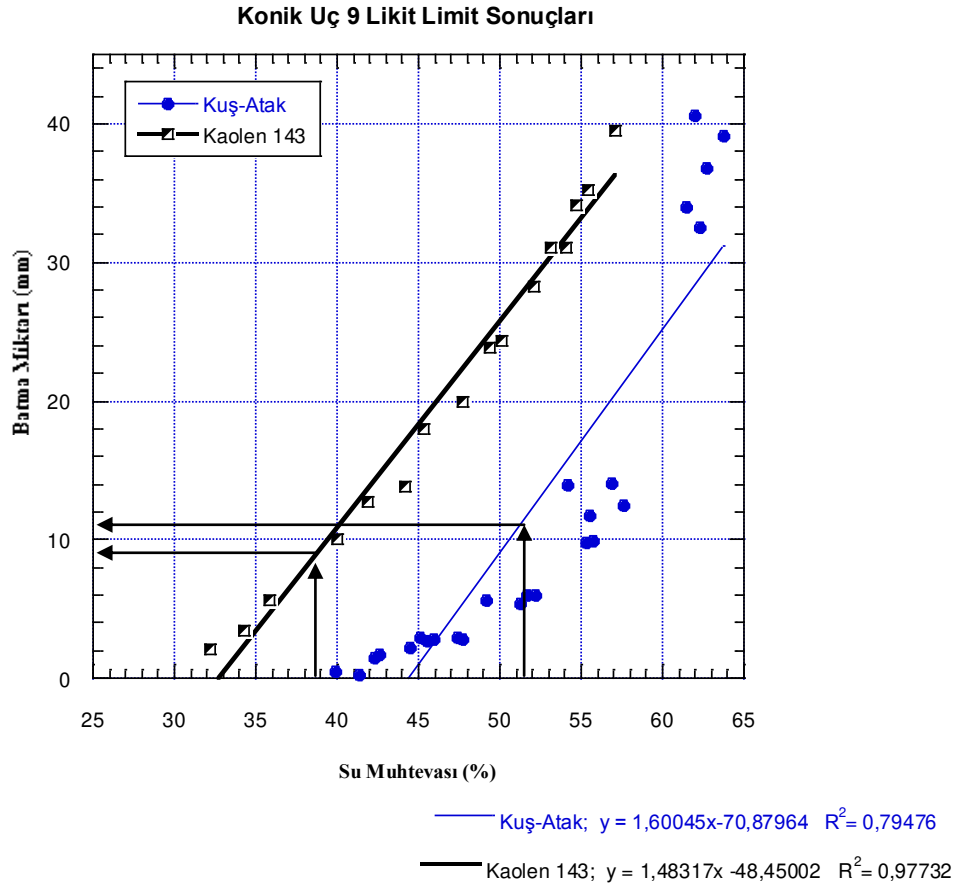


Şekil 5.9 Konik Uç 8 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,736$ ve $LL_{k143} = \%38,737$ için konik uç 8 'de karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 22,139$ mm ve $P_{k143} = 22,883$ mm bulunmuştur.

5.1.1.10 Konik Uç 9'a Ait Deney Sonuçları

Bu ucun, uç açısı 30 derece ve uç ağırlığı 90 gram ve şekil olarak dikdörtgen tabanlı V ağızdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.10).

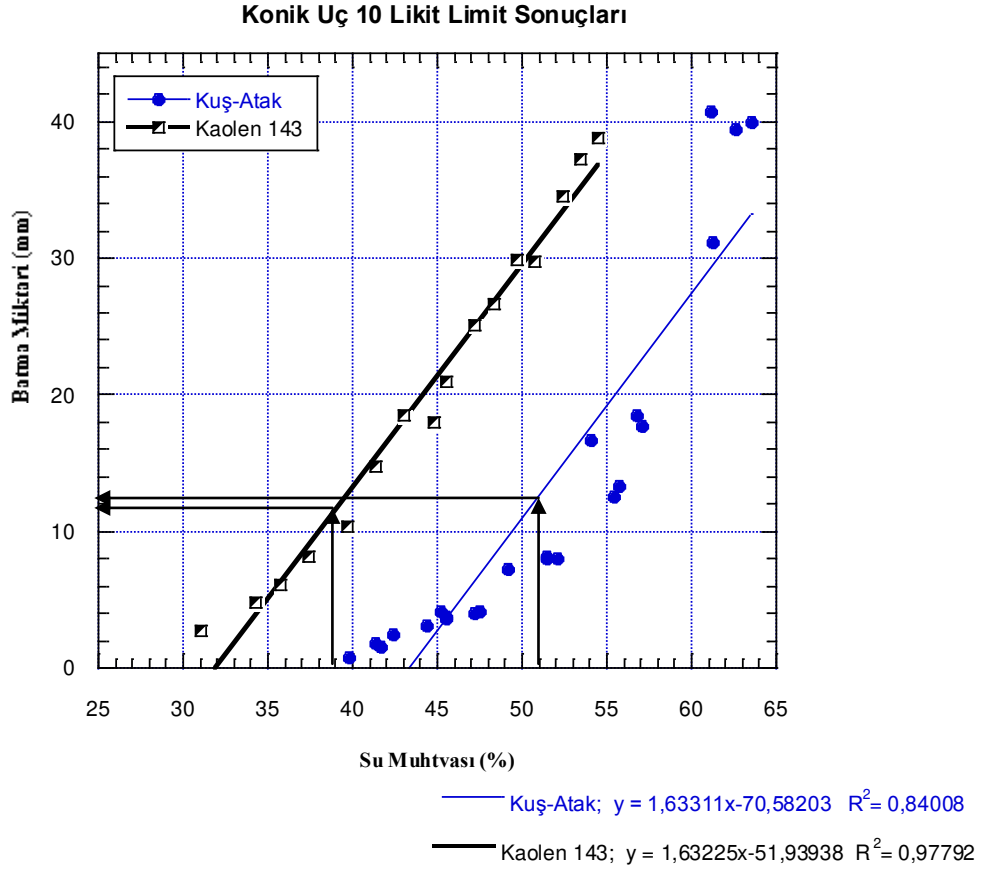


Şekil 5.10 Konik Uç 9 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,736$ ve $LL_{k143} = \%38,737$ için konik uç 9 'da karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 13,498$ mm ve $P_{k143} = 8,997$ mm bulunmuştur.

5.1.1.11 Konik Uç 10'a Ait Deney Sonuçları

Bu ucun, uç açısı 30 derece ve uç ağırlığı 170 gram ve şekil olarak dikdörtgen tabanlı V ağızdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.11).

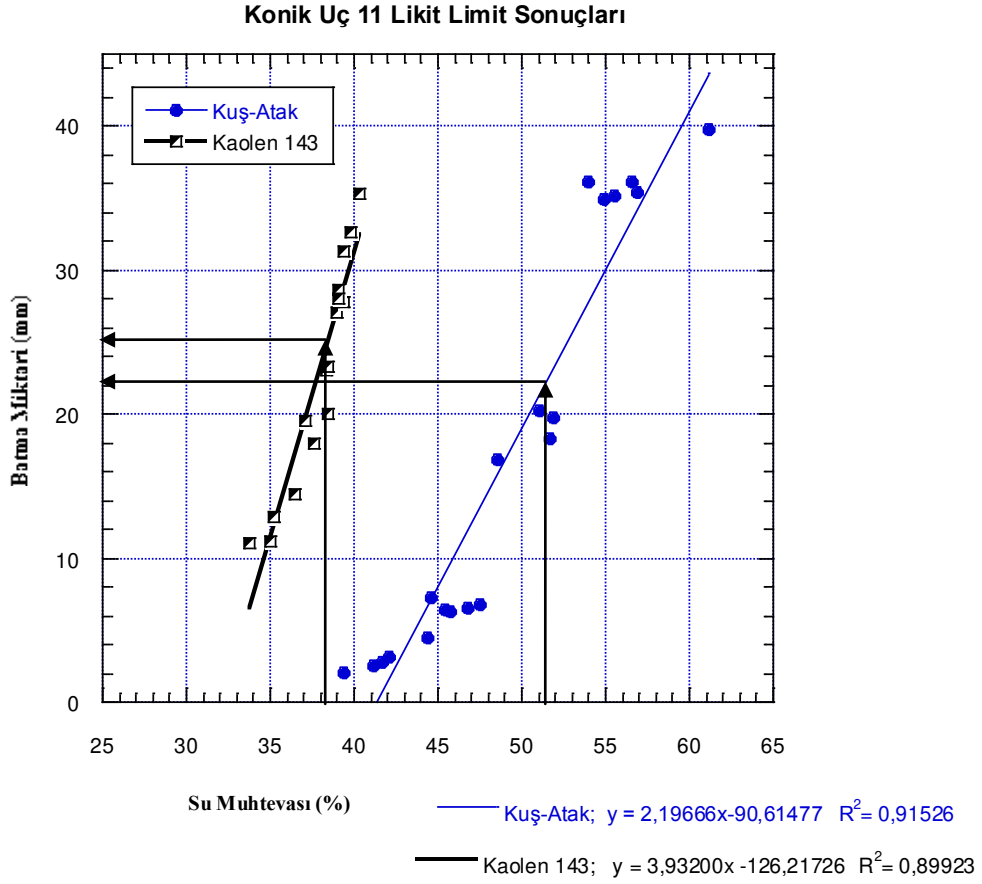


Şekil 5.11 Konik Uç 10 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,736$ ve $LL_{k143} = \%38,737$ için konik uç 10 'da karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 15,538$ mm ve $P_{k143} = 11,288$ mm bulunmuştur.

5.1.1.12 Konik Uç 11'e Ait Deney Sonuçları

Bu ucun uç açısı 30 derece ve uç ağırlığı 120 gram ve şekil olarak 10 X 1,5 mm V ağızdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.12).

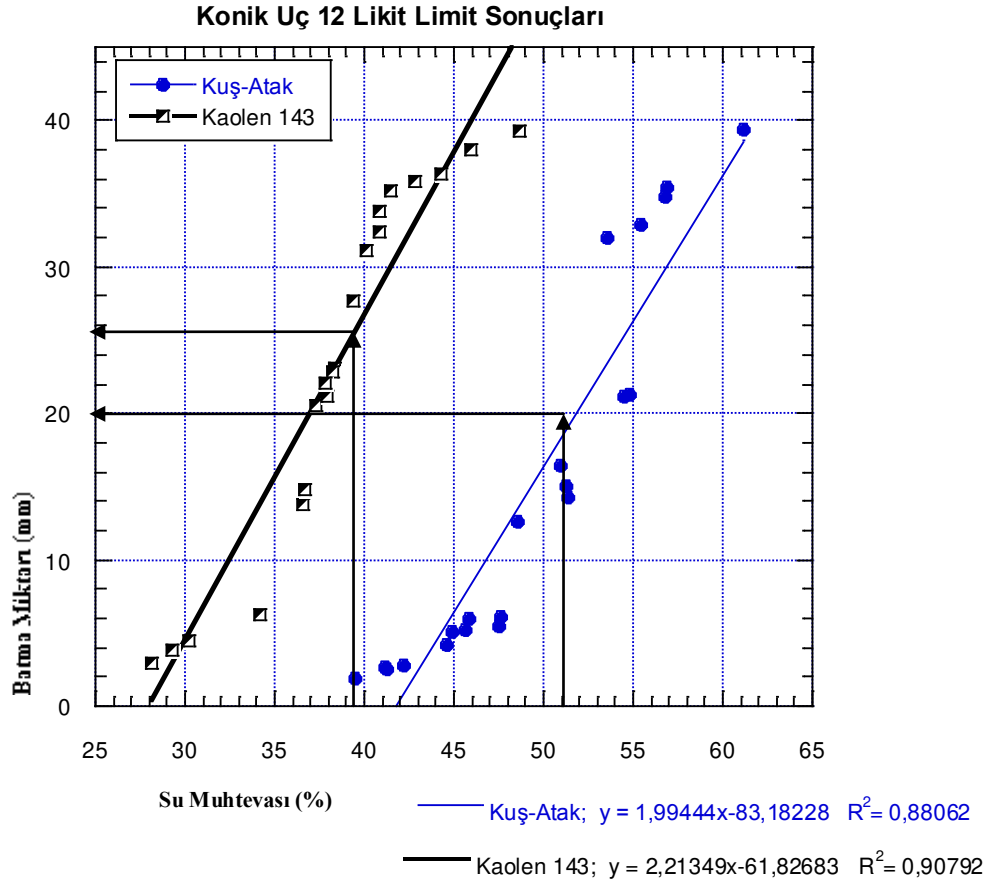


Şekil 5.12 Konik Uç 11 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,736$ ve $LL_{k143} = \%38,737$ için konik uç 11 'de karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 25,231$ mm ve $P_{k143} = 26,094$ mm bulunmuştur.

5.1.1.13 Konik Uç 12'ye Ait Deney Sonuçları

Bu ucun uç açısı 30 derece ve uç ağırlığı 120 gram ve şekil olarak 10 X 2,0 mm V ağızdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.13).

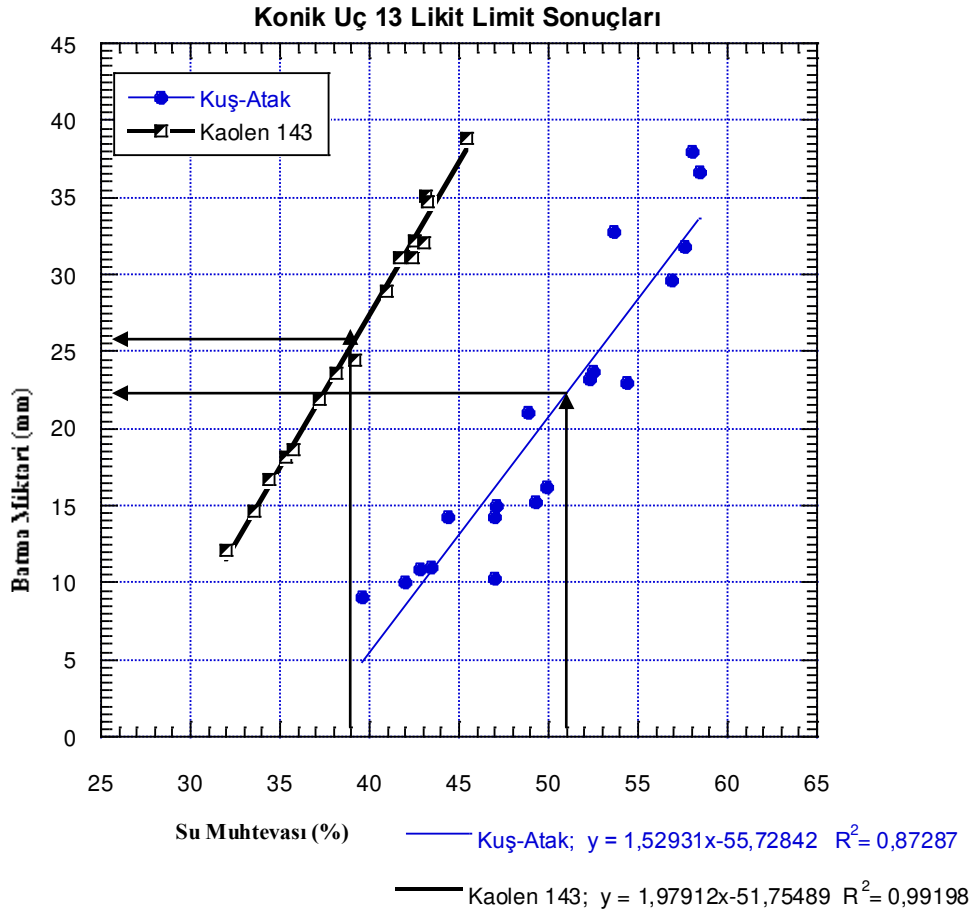


Şekil 5.13 Konik Uç 12 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,736$ ve $LL_{k143} = \%38,737$ için konik uç 12 'de karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 21,995$ mm ve $P_{k143} = 23,917$ mm bulunmuştur.

5.1.1.14 Konik Uç 13'e Ait Deney Sonuçları

Bu konik ucun uç açısı 30 derece ve uç ağırlığı 160 gramdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.14).

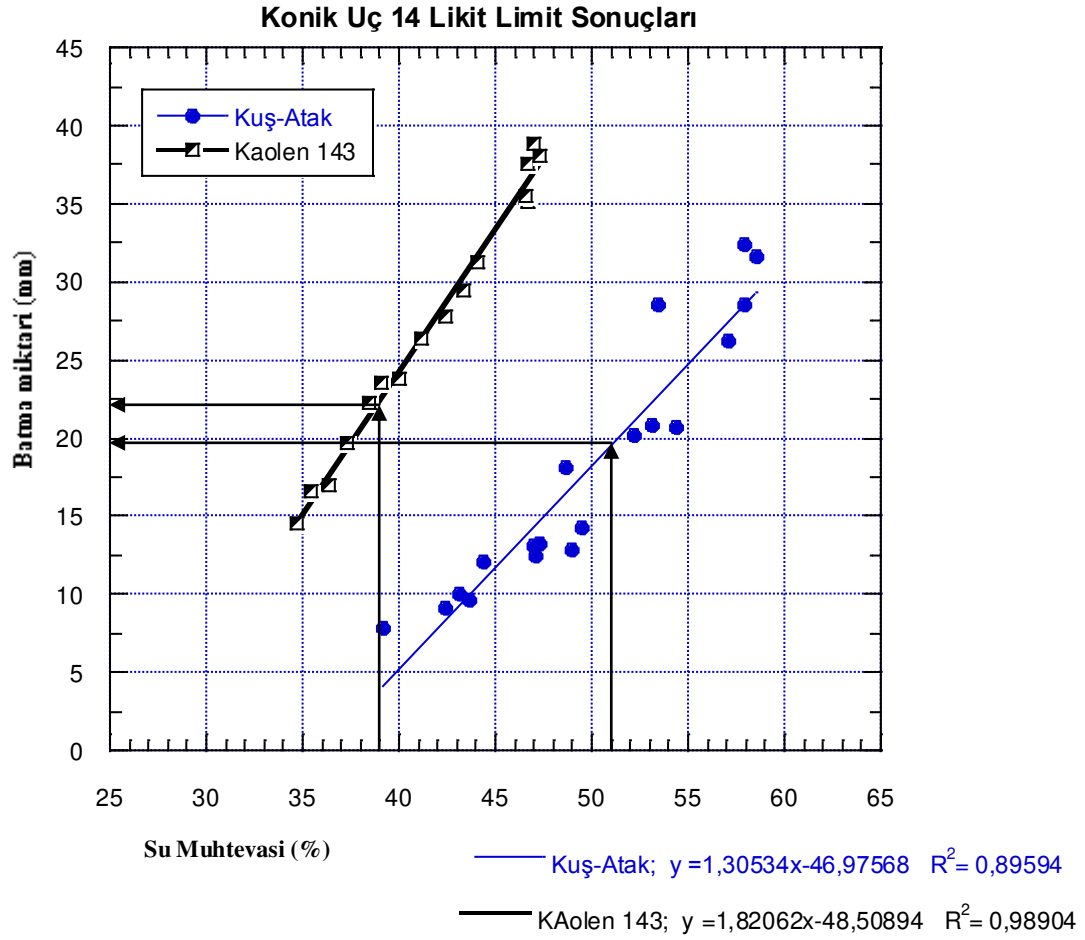


Şekil 5.14 Konik Uç 13 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,736$ ve $LL_{k143} = \%38,737$ için konik uç 13 'de karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 24,914$ mm ve $P_{k143} = 24,91$ mm bulunmuştur.

5.1.1.15 Konik Uç 14'e Ait Deney Sonuçları

Bu konik ucun uç açısı 30 derece ve uç ağırlığı 120 gramdır. Bu uç kullanılarak farklı su içeriğinde olan Kuş-Atak ve K143 kiline ait konik penetrasyon- su içeriği deney sonuçları aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.15).



Şekil 5.15 Konik Uç 14 için gerçekleştirdiğimiz deney sonuçları

Bu deney sonucuna göre Kuş-Atak ve K143 no'lu kilin penetrasyonlarının standart uçta karşılık geldikleri su içeriğinin $LL_{kuşatak} = \% 52,736$ ve $LL_{k143} = \%38,737$ için konik uç 14 'de karşıt gelen penetrasyon değerleri $P_{kuşatak} = 21,851$ mm ve $P_{k143} = 22,001$ mm bulunmuştur.

5.2 Koni Şekline Sahip Uçların Değerlendirilmesi

Tez çalışmamız kapsamında kullandığımız koni şekline sahip toplamda 9 uç bulunmaktadır. Burada karşılaştırması yapılacak olan 9 uç sırası ile; standart uç, Konik uç 1, Konik uç 2, Konik uç 3, Konik uç 4, Konik uç 5, Konik uç 6, Konik uç 13 ve Konik uç 14'tür. Bu bölümde de uçların tek şekil halinde sunulması durumunda şekil üzerinde anlaşılması yetersizliği sebebi ile açılı ve ağırlığa bağlı

olarak alt başlıklar halinde gruplandırılarak detaylandırılmıştır. Koni şekilli uçların bir arada sunulduğu Şekil Ek 5 ve Ek 6’da sunulmuştur. Ek 5 de yer alan Şekil Kuş-Atak kilinin sonuçlarını içeren şekildir ve Ek 6’da ise Kaolen 143 isimli kilin deney sonuçlarını içeren şekildir.

Gerçekleştirdiğimiz çalışma sonrasında sonuçlar şekillere aktarıldığında $y=ax+b$ şeklinde her grafiğe ait formüller programlar vasıtası ile oluşturularak aşağıda sunulan tablo elde edilmiştir (Tablo 5.1). Tabloda görüleceği üzere her grafiğin formülü vasıtası ile standartta belirtilen uca ait likit limit sonucu hesaplanmış daha sonra her uca ait formüldeki karşılık gelen batma miktarı tabloda sunulmuştur. Tablo 5.1 ‘de P simgesi ile ifade edilen sütun batma miktarını mm olarak göstermektedir. Bundan sonraki alt başlıklarda da aynı kısaltılmış ifadeler kullanılarak anlatıma devam edilecektir.

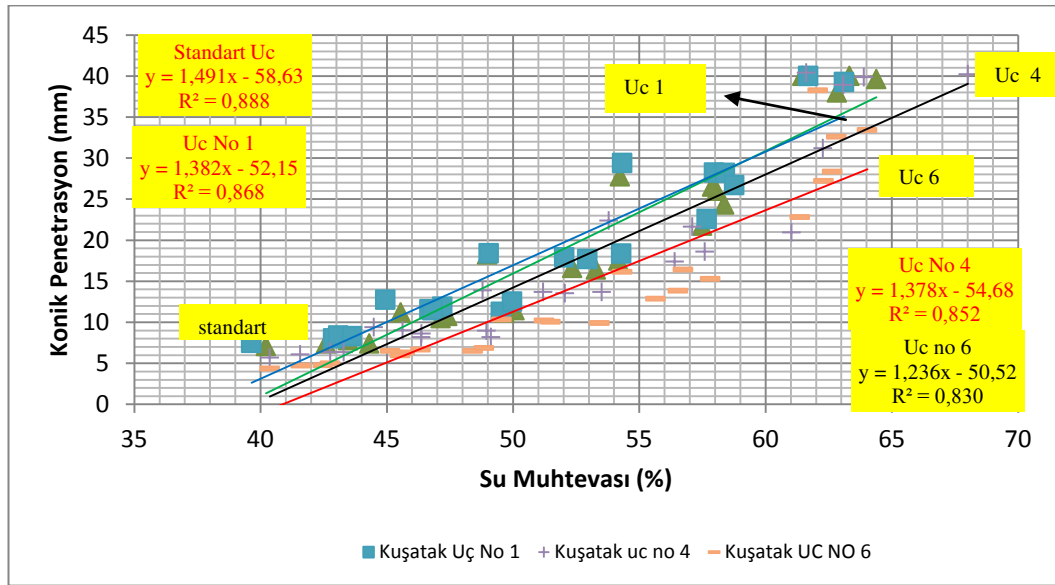
Tablo 5.1 Koni şekline sahip penetrasyon uçların belirlenen likit limitte ki karşılıklarını gösteren tablodur.

gr	KUŞATAK KİLİ					KAOLEN 143				
		A	B	P (mm)	LL (%)		A	B	P (mm)	LL (%)
80	STANDART UC	1,491	58,63	20	52,736	STANDART UC	1,647	43,8	20	38,7371
90	UC 1	1,382	52,15	20,732	52,736	UC 1	1,718	44,29	22,260	38,737
130	UC 2	1,426	50,73	24,472	52,736	UC 2	2,036	52,19	26,679	38,737
17	UC 3	1,587	55,36	28,333	52,736	UC 3	2,246	58,18	28,824	38,737
90	UC 4	1,378	54,68	17,991	52,736	UC 4	1,222	32,78	14,557	38,737
170	UC 5	1,414	53,46	21,109	52,736	UC 5	1,467	36,75	20,077	38,737
90	UC 6	1,236	50,52	14,662	52,736	UC 6	1,081	29,75	12,125	38,737
159	UC 13	1,529	55,72	24,914	52,736	UC 13	1,979	51,75	24,911	38,737
120	UC 14	1,305	46,97	21,851	52,736	UC 14	1,82	48,5	22,002	38,737

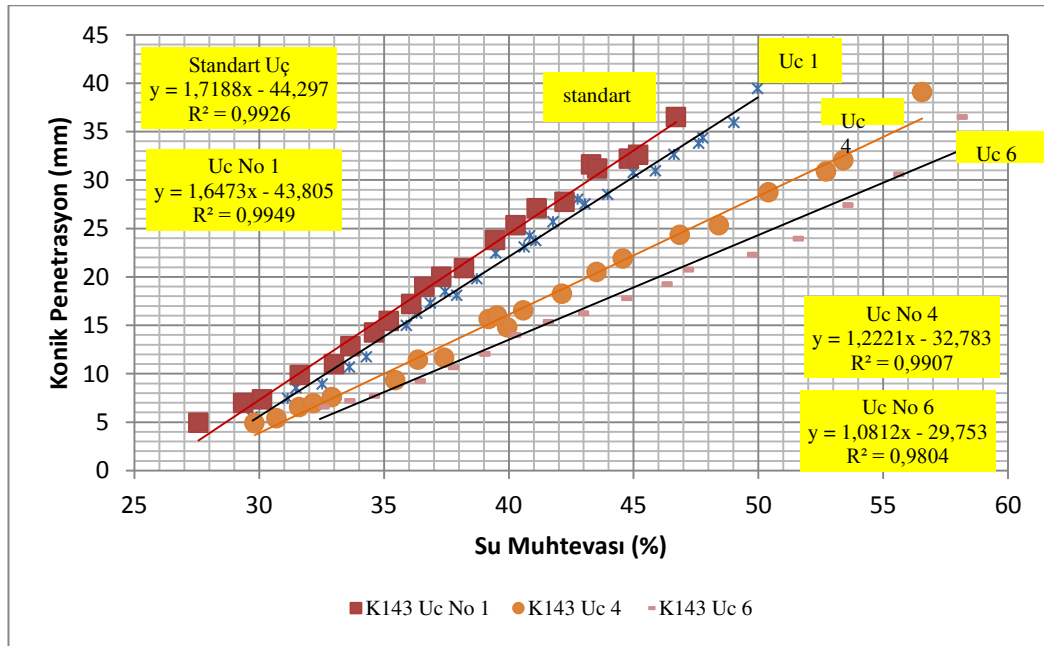
5.2.1 Koni Şekilli 90 gr Olan Farklı Açılara Sahip Uçların Değerlendirilmesi

Bu başlık altında aynı şekilde (koni) ve aynı ağırlıkta (90 gr) olan ancak şekili oluşturan açı değişimi sonucunda farklılıklar değişimi açıklanmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda 3 farklı açıya sahip uç, standart ucun değerleri de ilave edilerek değerlendirilmeye çalışılmıştır. Değerlendirmeye alınan uçların açıl değerleri sıra ile Standart uç (30 derece), Uç no 1 (30 derece), Uç no 4 (45 derece) ve Uç no 6 (60 derece) ‘dır. Öncelikle belirtmek gerekir ki açı artışı gerçekleştiğinde killerde

beklenen batma miktarındaki azalma gerçekleşmiş ve malzemenin kil içeriğindeki artışta göz önüne alındığında bu fark giderek azalmaya sebep olduğu gözlenmiştir. Deney sonuçları şekil olarak gösterildiğinde her grafiğe ait olan formüller bir önceki bölümde bahsi geçen $y=ax+b$ şeklinde gösterilmiş ve yapılan çalışmanın daha anlamlı olması amacı ile tablo haline getirilmiştir. Aşağıda gösterilen şekillere ait formüller Tablo 5.2’de sunulmuştur.



Şekil 5.16 Kuş-Atak kiline ait deney sonuçları



Şekil 5.17 Kaolen 143 kiline ait deney sonuçları

Tablo 5.2 Aynı ağırlığa sahip koni şekilli 30, 45 ve 60 derece uçlara ait sonuçlar

KUŞATAK KİLİ						KAOLEN 143				
GR		A	B	P (mm)	LL (%)		A	B	P (mm)	LL (%)
80	STANDART	1,49	58,63	20	52,74	STANDART UC	1,647	43,80	20	38,737
90	UC 1	1,38	52,15	20,73	52,74	UC 1	1,718	44,29	22,2603	38,737
90	UC 4	1,38	54,68	17,99	52,74	UC 4	1,222	32,78	14,5567	38,737
90	UC 6	1,24	50,52	14,66	52,74	UC 6	1,081	29,75	12,1248	38,737

Tablo 5.2 ‘den de görüleceği üzere likit limit değeri standart uçtaki değer baz alınmış ve her grafiğin formülü vasıtası ile karşılık gelen likit limitleri belirlenmiştir. Konilerde meydana gelen açısal artışta koninin malzeme üzerindeki batma miktarı (P) arttığı ortadadır. Ayrıca kil içeriğinde meydana gelen azalmaya bağlı olarak da P (mm) değerinin arttığı ortadadır. Kuş-Atak kiline ait sonuçlar dikkatli olarak incelendiğinde kil miktarı daha az olan Kaolen 143 isimli malzemeye nazaran daha az batma gerçekleştirdikleri ortadadır. Burada çıkarılan sonuç ise malzeme içerisindeki iri malzeme miktarı malzemede drenajsız kayma dayanımını düşürerek malzemenin daha kolay yenildiğini göstermektedir. Çünkü malzemeyi meydana getiren taneler arasındaki boşluklar artmakta ve bunun sonucunda malzeme suyunda etkisi ile daha dayanıksız hale gelmektedir. Buradan da anlaşılabacağı üzere açıda ki artışa bağlı olan batma miktarı malzeme içeriğinden etkilenmektedir.

5.2.2 Koni Şekilli 30 derece Açıya Sahip Farklı Ağırlıklı Uçların Değerlendirilmesi

Koni şekline sahip 30 derece olan toplam 6 adet uç bulunmaktadır. Uçlar sırası ile standart uç, Konik uç no 1, Konik uç no 2, Konik uç no 3, Konik uç no 13 ve Konik uç no 14’tür. Şekli ve açısı değişmeyen uçlar ağırlıklarında meydana gelen değişime bağlı olarak batma miktarlarında görünür bir değişim meydana gelmektedir. Açısal değişime nazaran ağırlık değişimi batma miktarında ters bir etki yaratarak ağırlık artışına bağlı olarak batma miktarında beklenen artış gerçekleşmiştir. Kuş-Atak kiline ait Şekiller Ek 7’de ve Kaolen 143 kiline ait olan Şekiller Ek 8’de sunulmuştur. Ek 7 ve Ek 8 ‘deki Şekillerden anlaşılabacağı üzere ağırlık Şekillerin doğrusal eğrilerinde paralellik söz konusudur. Deney sonuçlarına ait eşitlikler $y=ax+b$ şeklinde Tablo 5.3’de sunulmuştur.

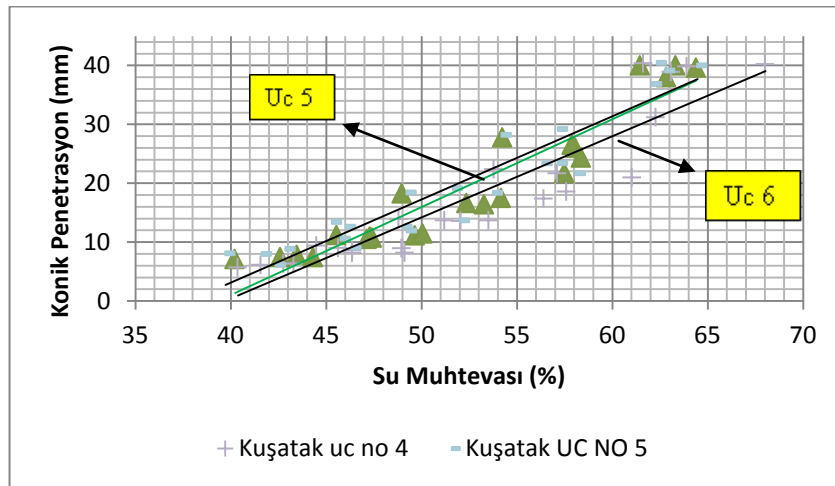
Tablo 5.3 Koni şekilli 30 derece olan uçlara ait eşlenikler

gr		KUŞATAK KİLİ					KAOLEN 143			
		A	B	P (mm)	LL (%)		A	B	P (mm)	LL (%)
80	STANDART UC	1,491	58,63	20	52,736	STANDART UC	1,647	43,8	20	38,737
90	UC 1	1,382	52,15	20,732	52,736	UC 1	1,718	44,29	22,260	38,737
130	UC 2	1,426	50,73	24,472	52,736	UC 2	2,036	52,19	26,679	38,737
170	UC 3	1,587	55,36	28,333	52,736	UC 3	2,246	58,18	28,824	38,737
160	UC 13	1,529	55,72	24,914	52,736	UC 13	1,979	51,75	24,911	38,737
120	UC 14	1,305	46,97	21,851	52,736	UC 14	1,82	48,5	22,002	38,737

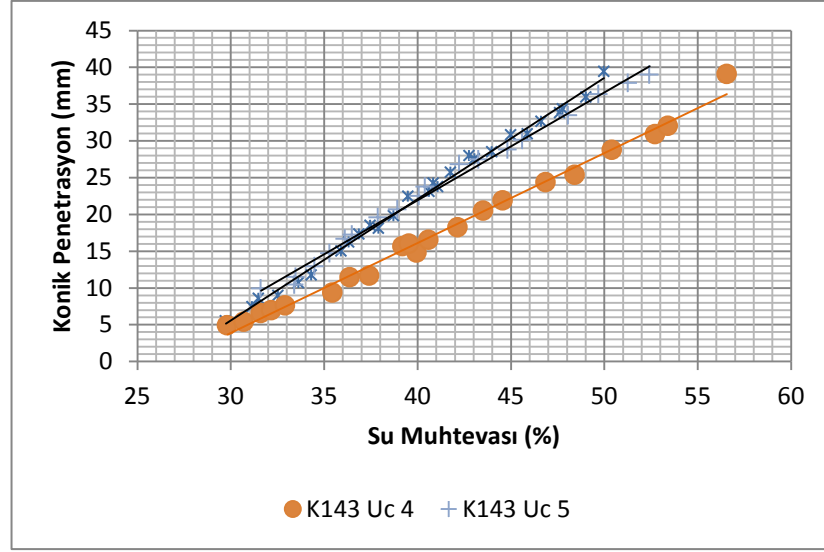
Yukarıdaki tabloda görüleceği üzere sonuçlar $y=ax+b$ olacak şekilde tablo haline getirilmiştir. Uçlar arasındaki bağlantılar standart uca ait olan likit limit değerinin karşılık geldiği her batma değeri P (mm) sütununda ortaya konulmuştur.

5.2.3 Koni şekilli 45 Derece Açıya Sahip Farklı Ağırlıklı Uçların Değerlendirilmesi

Koni şekline sahip 45 derece olan toplam 2 adet uç bulunmaktadır. Uçlar sırası ile konik uç no 4 ve konik uç no 5'tir. Şekli ve açısı değişmeyen uçlar standart uç ile karşılaştırılmıştır ve ağırlıklarında meydana gelen değişime bağlı olarak batma miktarlarında görünür bir değişim meydana gelmektedir. Açısal değişime nazaran ağırlık değişimi batma miktarında ters bir etki yaratarak ağırlık artışına bağlı olarak batma miktarında beklenen artış gerçekleşmiştir



Şekil 5.18 Kuş-Atak kilinde gerçekleştirilen koni no 4 ve 5 'e ait deneylerin şekilleri



Şekil 5.19 Kaolen 143 kilinde gerçekleştirilen koni no 4 ve 5 'e ait deneylerin şekilleri

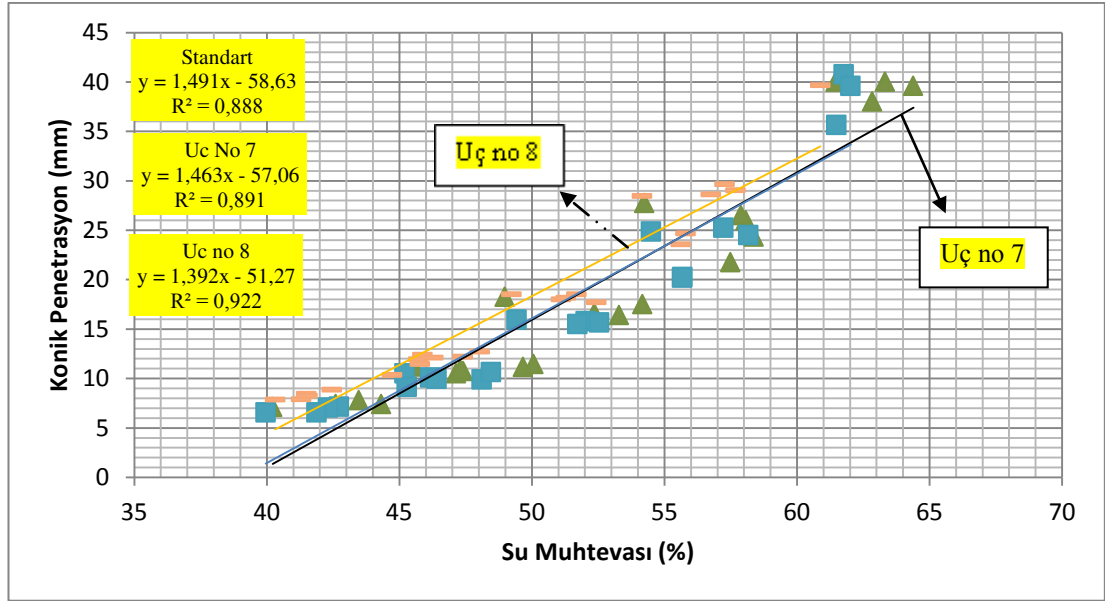
Tablo 5.4 Koni şekilli 45 derece olan uçlara ait eşlenikler

		KUŞATAK KİLİ					KAOLEN 143			
gr		a	b	P (mm)	LL (%)		A	B	P (mm)	LL (%)
80	STANDART UC	1,491	58,63	20	52,74	STANDART UC	1,647	43,8	20	38,737
90	UC 4	1,378	54,68	17,99	52,74	UC 4	1,222	32,78	14,5567	38,737
170	UC 5	1,414	53,46	21,11	52,74	UC 5	1,467	36,75	20,0773	38,737

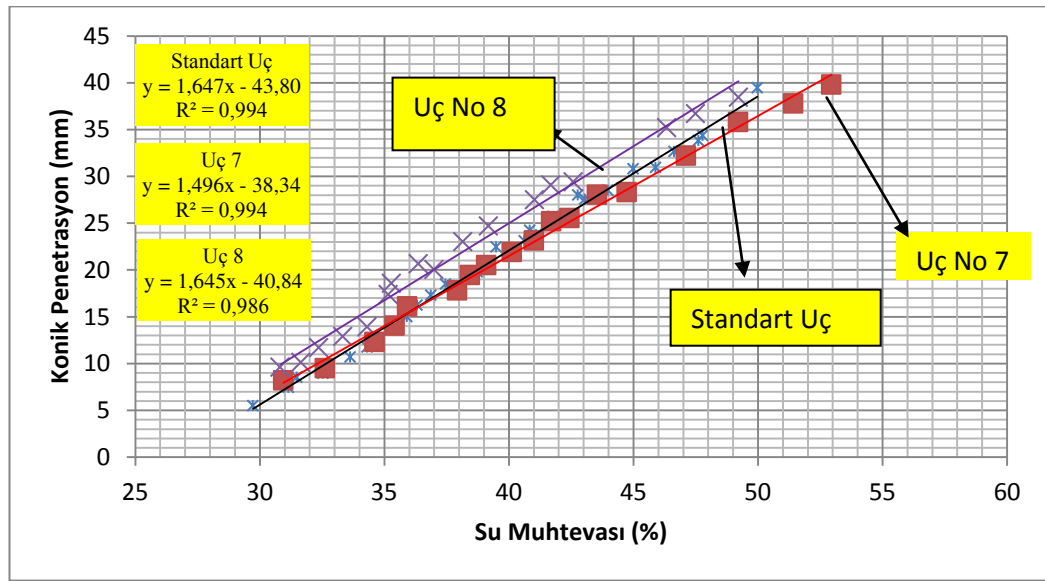
Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere $y=ax+b$ şeklindeki eşleniğe uygun sonuçlar tablolar haline getirilmiştir. Kil içeriğindeki artışa bağlı olarak batma miktarı açısal değişiklik ve ağırlık artışından etkilenerek farklı bir davranış sergilemektedir. Kil içeriğindeki artış uçların gerçekleştirmiş olduğu penetrasyonu da artırmıştır.

5.2.4 Kare Pramit Şekilli 30 Derece Farklı Ağırlıklı Uçların Değerlendirilmesi

Kare pramit şekline sahip uçların 30 derece ve ağırlıkları farklı olan toplam 2 adet uç bulunmaktadır. Uçlar sırası ile konik uç no 7 ve konik uç no 8'tir. Şekli ve açısı değişmeyen uçların standart uç ile karşılaştırılmıştır. Ağırlıklarında meydana gelen değişime bağlı olarak batma miktarlarında görünür bir değişim meydana gelmektedir.



Şekil 5.20 Kuş-Atak kiline ait sonuçların şekil ile gösterilmesi



Şekil 5.21 Kaolen 143 kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi

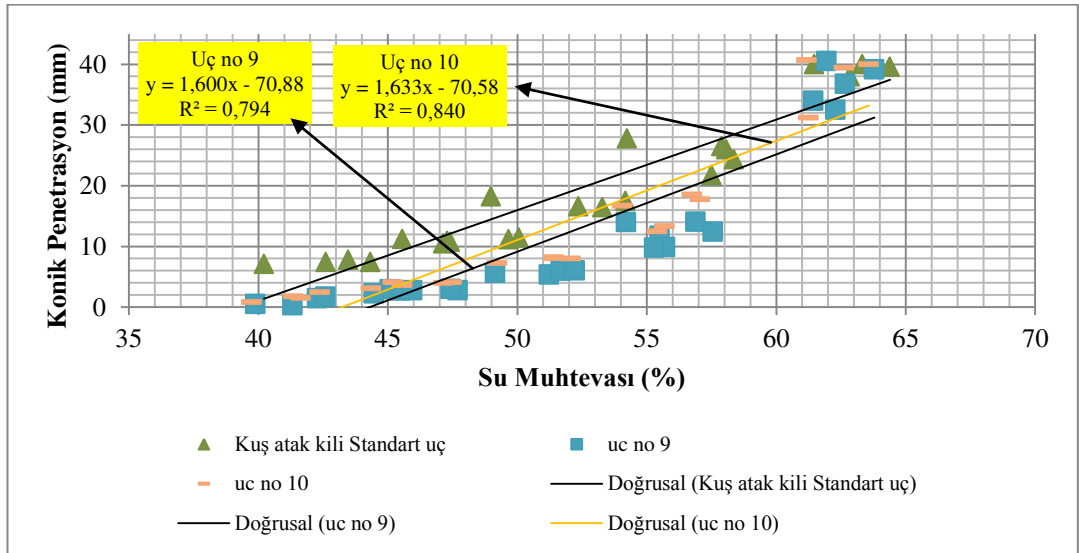
Tablo 5.5 Kare pramit şekilli uçlar arasındaki bağlantının tablo olarak gösterilmesi

gr	KUŞATAK KİLİ						KAOLEN 143			
		a	b	P (mm)	LL (%)		a	b	P (mm)	LL (%)
80	STANDART UC	1,491	58,63	20	52,736	STANDART UC	1,647	43,8	20	38,737
90	UC 7	1,463	57,06	20,093	52,736	UC 7	1,496	38,34	19,611	38,737
130	UC 8	1,392	51,27	22,139	52,736	UC 8	1,645	40,84	22,883	38,737

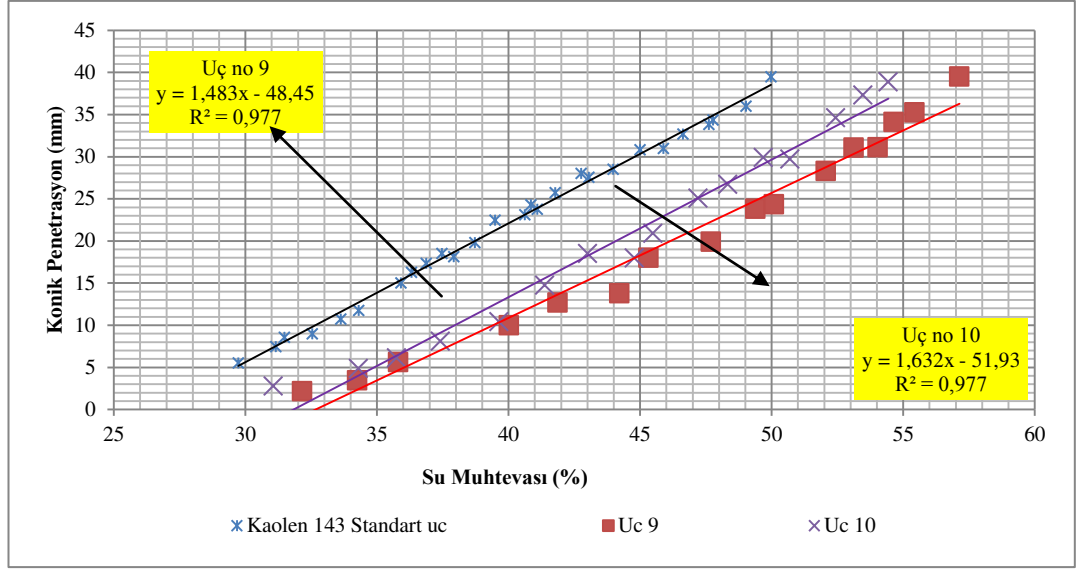
Şekiller dikkatli incelendiğinde Kuş-Atak kiline ait Şekil 5.20 ‘de uç no 7 ile standart uç sonuçlarına ait doğrusal eğri üst üste çakışmıştır. Şekil değişiminin ağırlıkla olan ilişkisinde ise paralel deney sonuçları ağırlık artışına bağlı olarak penetrasyon miktarlarında paralellik göstermektedir. Daha önceden bahsettiğimiz malzeme içerisinde ki kil oranına bağlı değişim burada da gerçekleşmiştir. Şekil değişikliğini kontrol eden faktörün malzeme içeriği değişimine bağlı olduğu düşünülmektedir.

5.2.5 Dikdörtgen Tabanlı V Ağız Şekilli 30 Derece, Farklı Ağırlıklı Uçların Değerlendirilmesi

Dikdörtgen Tabanlı V ağız şekilli şekle sahip 30 derece ağırlıkları farklı olan toplam 2 adet uç bulunmaktadır. Uçlar sırası ile konik uç no 9 ve konik uç no 10’dur. Şekli ve açısı değişmeyen uçlar standart uç ile karşılaştırılmıştır. Ağırlıklarında meydana gelen değişime bağlı olarak batma miktarlarında görünür bir değişim meydana gelmektedir.



Şekil 5.22 Kuş-Atak kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi



Şekil 5.23 Kaolen 143 kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi

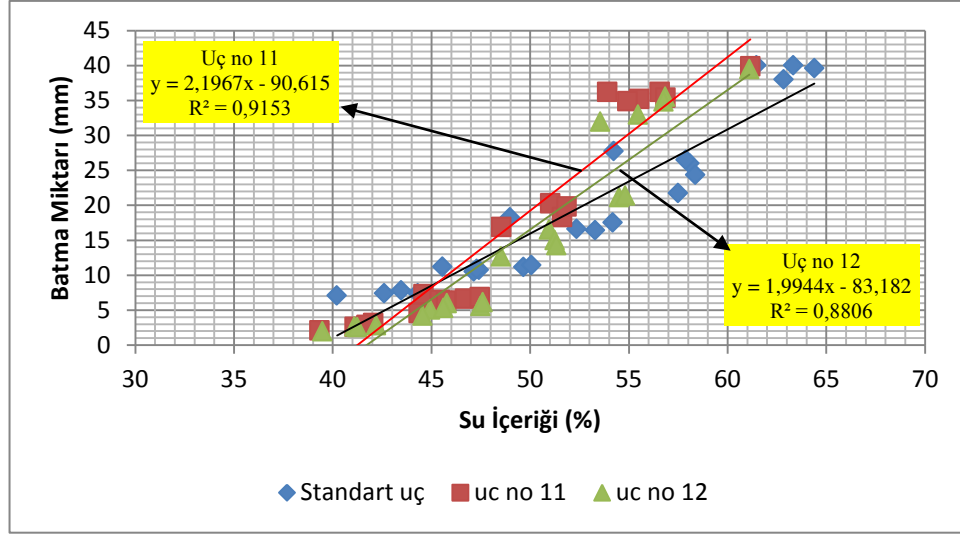
Tablo 5.6 Dikdörtgen Tabanlı V ağız şekilli uçlar arasındaki bağlantının tablo olarak gösterilmesi

		KUŞATAK KİLİ					KAOLEN 143			
gr		a	b	P (mm)	LL (%)		a	b	P (mm)	LL (%)
80,008	STANDART	1,491	58,63	20	52,736	STANDART	1,647	43,8	20	38,737
90	UC 9	1,6	70,88	13,498	52,736	UC 9	1,483	48,45	8,997	38,737
170	UC 10	1,633	70,58	15,539	52,736	UC 10	1,632	51,93	11,289	38,737

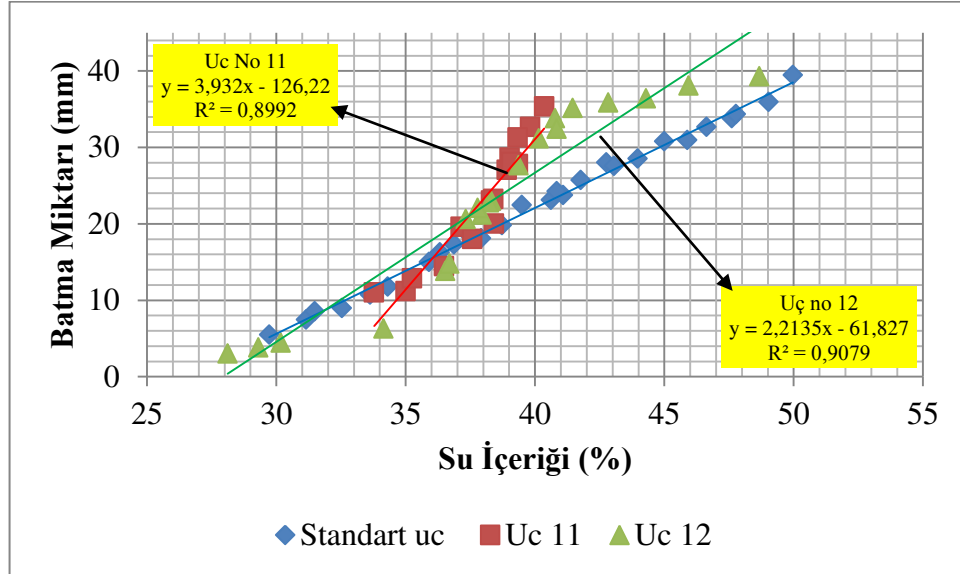
Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere kil içeriğine bağlı olarak beklenen azalma ağırlığın ve uç boyutunun etkisi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermiş anlamlı bir ilişki kurulamamıştır.

5.2.6 Farklı Kalınlığa Sahip V Ağız Şekilli 30 Derece, Aynı Ağırlıklı Uçların Değerlendirilmesi

Farklı kalınlığa sahip V ağız şekilli 30 derece ağırlıkları farklı olan toplam 2 adet uç bulunmaktadır. Uçlar sırası ile konik uç no 11 ve konik uç no 12'dir. Şekli ve açısı değişmeyen sadece et kalınlıkları değişen uçlar standart uç ile karşılaştırılmıştır ve ağırlıklarında meydana gelen değişime bağlı olarak batma miktarlarında görünür bir değişim meydana gelmektedir.



Şekil 5.24 Kuş-Atak kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi



Şekil 5.25 Kaolen 143 kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi

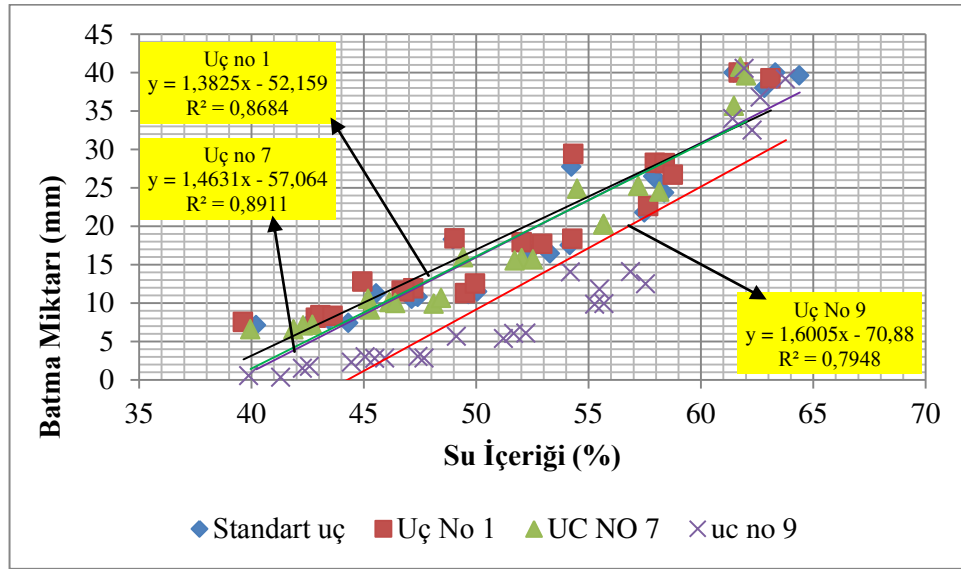
Tablo 5.7 Farklı kalınlığa sahip V ağız şekilli uçlar arasındaki bağlantının tablo olarak gösterilmesi

		KUŞATAK KİLİ					KAOLEN 143			
gr		a	b	P (mm)	LL (%)		a	b	P (mm)	LL (%)
80	STANDART	1,491	58,63	20	52,736	STANDART	1,647	43,8	20	38,737
90	UC 11	2,1967	90,615	25,231	52,736	UC 11	3,932	126,22	26,094	38,737
170	UC 12	1,9944	83,182	21,996	52,736	UC 12	2,2135	61,827	23,918	38,737

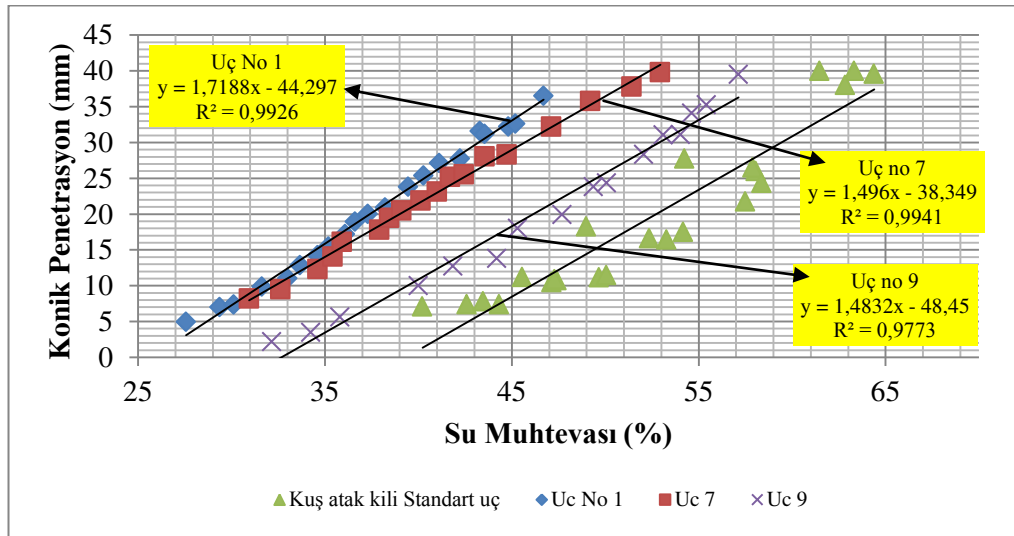
Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere kil içeriğine bağlı olarak beklenen azalma ağırlığın ve uç boyutunun etkisi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermiş anlamlı bir ilişki kurulamamıştır.

5.2.7 Farklı Şekle Sahip Aynı Ağırlıklı (90 gr) Uç Açt Açıklığı 30 Derece Olan Uçların Değerlendirilmesi

Bu başlık altında koni, kare piramit şekilli ve dikdörtgen tabanlı V ağız uçların penetrasyon üzerindeki şekil etkisi değerlendirilecektir. Bu kapsamda sırası ile standart uç, Uç no 1, Uç no 7 ve uç no 9 arasındaki korelatif ilişki belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 5.26 Kuş-Atak kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi



Şekil 5.27 Kaolen 143 kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi

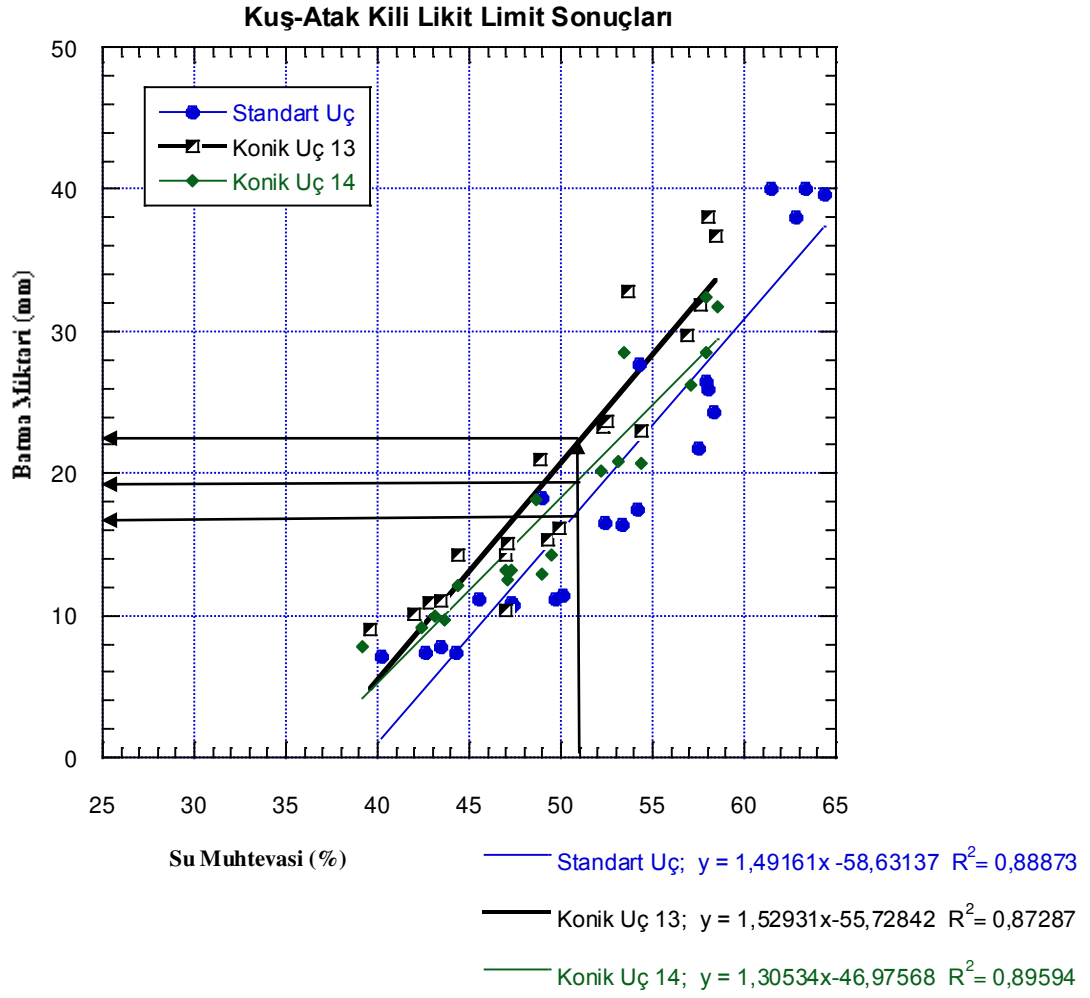
Tablo 5.8 Farklı Şekle sahip aynı ağırlıklı 30 derece uçlar arasındaki bağlantının tablo olarak gösterilmesi

		KUŞATAK KİLİ					KAOLEN 143			
gr		a	b	P (mm)	LL (%)		a	b	P (mm)	LL (%)
80	STANDART	1,491	58,63	20	52,736	STANDART	1,647	43,8	20	38,737
90	UC 1	1,382	52,15	20,732	52,736	UC 1	1,7188	44,297	22,284	38,737
90	UC 7	1,463	57,06	20,093	52,736	UC 7	1,496	38,349	19,602	38,737
90	Uc 9	1,6	70,88	13,498	52,736	Uc 9	1,4832	48,45	9,005	38,737

Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere koni şeklinde meydana gelen geometrik değişim sonucunda geometrik şekle bağlı olarak penetrasyon miktarlarının değişimi ortadadır. Koninin malzemeye değdiği yüzeyin büyüklüğünden penetrasyon miktarı etkilenmektedir. Yüzey büyümesi malzemenin uca olan direncini arttırarak penetrasyonu düşürmüştür. Diğer başlıklarda da bahsi geçen kil içeriğinin etkisi de iki kil için gösterilmiştir.

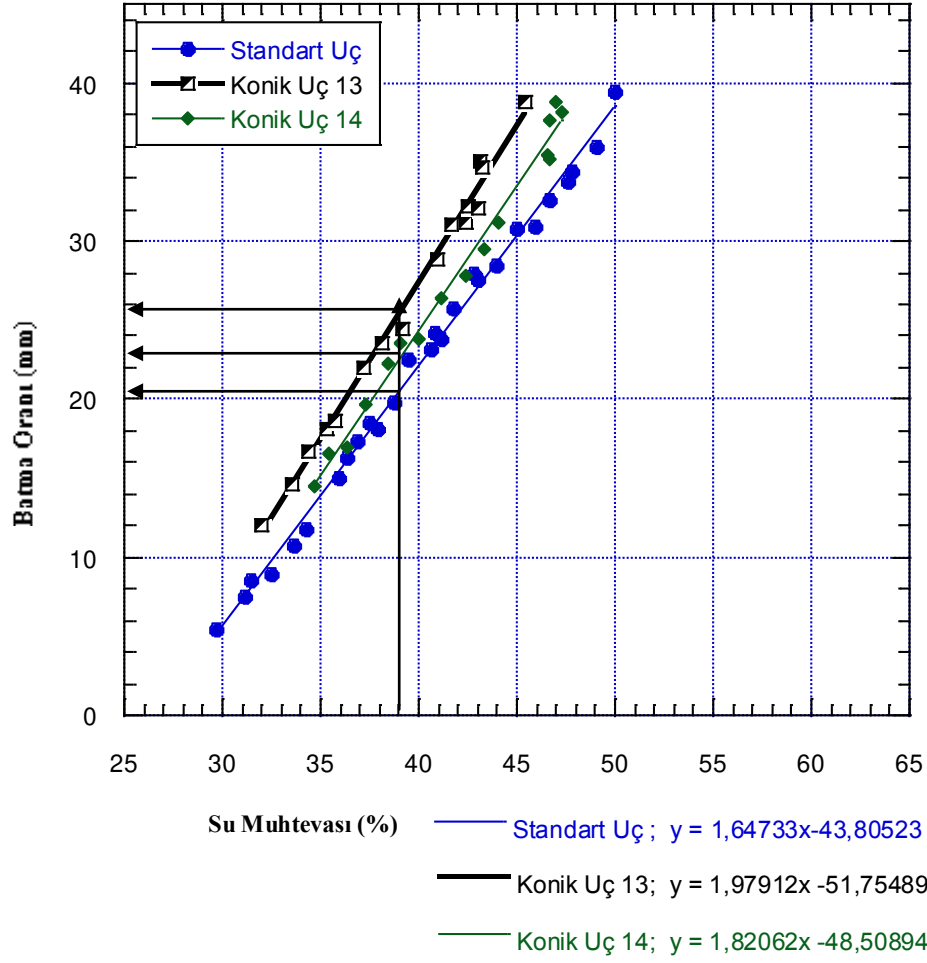
5.2.8 Koni Şekilli 30 Derece Açıya Sahip Uçların Sabit Ağırlık Artışında Değerlendirilmesi

Tez çalışmamız kapsamında kullandığımız koni şekle sahip karşılaştırması yapılacak olan 3 uç sırası ile; standart uç, Konik uç 13 ve Konik uç 14'tür. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada uç ağırlığındaki artış miktarını uç ağırlığının yarısı kadar arttırarak (40 gr) meydana gelen değişim Şekillere aktarıldığında $y=ax+b$ şeklinde her grafiğe ait formüller programlar vasıtası ile oluşturularak aşağıda sunulan tablo elde edilmiştir (Tablo 5.9). Tabloda görüleceği üzere her grafiğin formülü vasıtası ile standartta belirtilen uca ait likit limit sonucu hesaplanmış daha sonra her uca ait formüldeki karşılık gelen batma miktarı tabloda sunulmuştur. Tablo 5.9 'da P simgesi ile ifade edilen sütun batma miktarını mm olarak göstermektedir. Bundan sonraki alt başlıklarda da aynı kısaltılmış ifadeler kullanılarak anlatıma devam edilecektir.



Şekil 5.28 Kuş-Atak kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi

Kaolen 143 Likit Limit Sonuçları



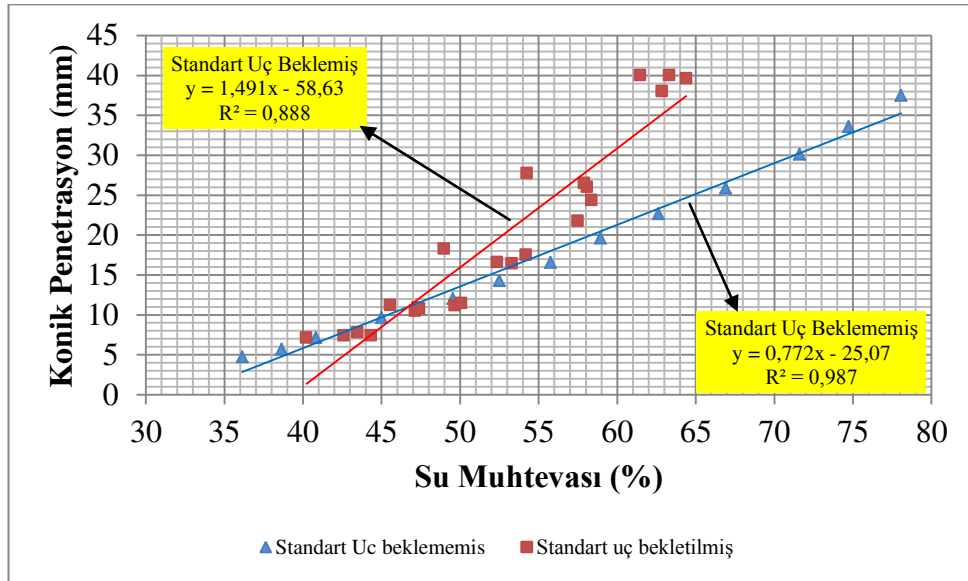
Şekil 5.29 Kaolen 143 kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi

Tablo 5.9 Koni şekle sahip penetrasyon uçların belirlenen likit limitte ki karşılıklarını gösteren tablodur.

KUŞATAK KİLİ						KAOLEN 143				
gr		A	B	P (mm)	LL (%)		A	B	P (mm)	LL (%)
80	STANDART UC	1,491	58,63	20	52,736	STANDART UC	1,647	43,8	20	38,737
159	UC 13	1,529	55,72	24,914	52,736	UC 13	1,979	51,75	24,911	38,737
120	UC 14	1,305	46,97	21,851	52,736	UC 14	1,82	48,5	22,002	38,737

5.2.9 Beklemeye Bağlı Penetrasyon Özelliğinin Değerlendirilmesi

Bu başlık altında tartışma konusu olan kür haline getirilen malzeme için seri ve beklemeli penetrasyon sonuçları incelenecektir. Tez çalışmamız kapsamında Kuş-Atak kiline uygulamış olduğumuz malzeme kür haline geldikten sonraki aşama olan malzemenin likit limitinin belirlenmesi aşamasında çalışmayı etkileyen bir özellik ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışma kapsamında 5 farklı malzeme hazırlanmış ve malzemeler yarıya bölünerek 10 adet 4 noktalı seri ve beklemeli deneyler gerçekleştirilmiştir. Burada bahse konu olan bekleme durumu malzemeye her penetrasyondan sonra su ilave edilerek bir gün boyunca desikatör içerisinde bekletilmiş ve sonrasında tekrar aynı işlem uygulanarak malzemenin 4 noktalı deneyi gerçekleştirilmiştir. Zaman olarak deneyin uzun sürmesi dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonuçlar % 10 oranında bir değişiklik saptanmıştır. Bekletilerek deneyi gerçekleştirilen malzemenin Likit limit sonuçlarının daha doğru olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.30 Kuş-Atak kiline ait deney sonuçlarının şekiller yardımı ile gösterilmesi

Şekil 5.30 ‘dan da görüleceği üzere numunenin bekletilerek yapılması durumunda malzeme içerisinde bulunan suyun daha homojen hale geldiği ve sonuçlara olan etkisi Şekil 5.30 ‘da görülmektedir. Kür hale getirilen ancak sürekli olarak su

eklemesi yapılarak gerçekleştirilen ve her penetrasyondan sonra bekleme yapılmadan gerçekleştirilmiş olduğumuz deney sonuçları da Şekil 5.30 ‘da sunulmuştur.

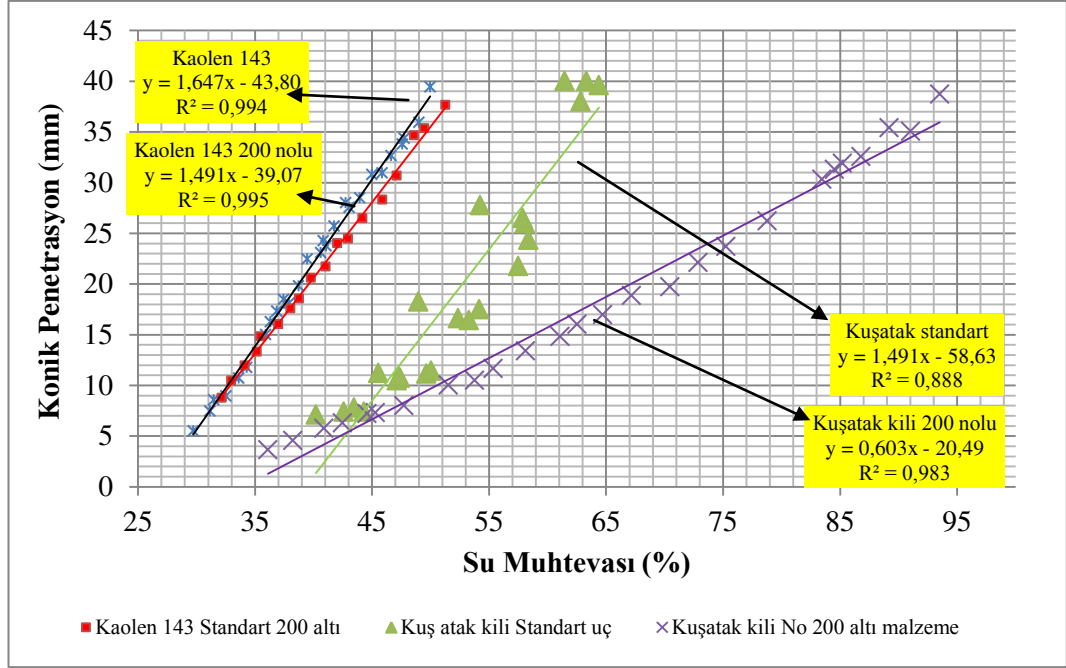
Tablo 5.10 Kuş-Atak kiline ait no 40 altı malzemenin farklı kür özelliklerindeki likit limit sonuçlarının tablo olarak gösterilmesi

	a	b	P	LL
Beklemiş	1,491	58,63	20	52,736
Beklememiş	0,772	25,07	20	58,381
	Likit limit sonuçlarının farkı			5,644
	% oranı			10,703

Yukarıdaki tablodan görüleceği üzere iki farklı çalışmada ki likit limit sonuçları değerlendirildiğinde bekletilmeden gerçekleştirilen malzeme bekletilerek gerçekleştirilen numuneden likit limit sonuçları % 10,7031 daha fazla bulunmuştur.

5.2.10 İki Farklı Tane Çapının (No 40 altı ve No 200 altı) Likit Limit Sonuçları Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirdiğimiz Topçu ve Kayabalı (2011)’ de gerçekleştirdikleri çalışmada ince taneli zeminlerin tane çaplarına bağlı değişimini inceleyerek 200 numaralı elek altı malzeme kullanılarak elde edilen limit su içeriklerinin 40 numaralı elek altı malzeme kullanılarak elde edilenlerden % 30’a varan oranlarda daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Bizde aynı yöntemden faydalanarak malzemeyi iki farklı tane boyutuna getirdikten sonra Kuş-Atak kili ve Kaolen 143 malzemeleri için değerlendirdik.



Şekil 5.31 Farklı tane boylarına bağlı değişimin Şekil halinde gösterilmesi

Tablo 5.11 Farklı tane boylarının likit limit değişimlerini gösteren tablo

	a	b	P (mm)	Karşılık gelen likit limit		
k143 standart 40	1,647	43,8	20	38,73709775		
K143 standart 200	1,491	39,07	18,687	39,61770624	0,88061	2,27329
kuşatak standart 40	1,491	58,63	20	52,73641851		
kuşatak standart 200	0,603	20,49	11,3101	67,14759536	14,4112	27,3268

Tablodan görüleceği üzere malzemenin dana çapı değişimine bağlı olarak Topçu ve Kayabalı'nın gerçekleştirdikleri çalışma sonuçlarına benzer bir sonuç elde edilmiş ve likit limit içeriğinde gerçekleşen artışın malzemenin tane boyu değişiminden etkilendiğini göstermiştir.

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre; kullanılan uçların batma miktarlarının 8,99 mm–28,82 mm değer aralığında değiştiği gözlenmiştir. Gerçekleştirdiğimiz tez çalışmasının sonuçlarına göre kullandığımız killerden Kuş-Atak kilinin CH, MH ve OH türü, Kaolen 143 kilinin ise CL türü bir kil olabileceği düşünülmektedir.

Uçların birbirleri ile olan farklı korelasyonları değerlendirmeye alındığında sabit bir ağırlık altında açıcı artışı gerçekleştirdiğimizde batma miktarında beklenen azalma gözlemlenmiş ve kil içeriğinde ki artış batma miktarında bir azalmaya sebep olmuştur.

Açısal bir değişim meydana getirmeden sadece ağırlığın artışı düşünüldüğünde batma miktarında ters bir etki yaratarak ağırlık artışı ile batma miktarı arasında paralel bir artış gözlenmiştir.

Şekil değişiminin ağırlıkla olan ilişkisinde ise paralel deney sonuçları ağırlık artışına bağlı olarak penetrasyon miktarlarında paralellik göstermiş ve şekil değişikliğini kontrol eden faktörün malzeme içeriği olduğu düşünülmektedir.

Farklı tane boyutlarında ki (No 40 ve No 200 elek altı) killerin likit limit sonuçları Topçu ve Kayabalı (2011) ‘nın gerçekleştirdikleri çalışma sonuçlarına benzer bir sonuç elde edilmiş ve likit limit içeriğinde gerçekleşen artışın malzemenin tane boyu değişiminden etkilendiğini göstermiştir.

Deney sonuçları dikkatli incelenirse EK 9, EK 11 ve EK 12’ de görüleceği üzere uç açısı değişimi gerçekleşmeden ağırlıkta meydana gelen değişimi gösterilmiş ve ağırlık artışı ile penetrasyon artışının paralel olduğu ortaya konulmuştur.

Sonuçların tekrar irdelenmesi gerekirse; EK 10’ da grafiği sunulan standart uca alternatif olarak konik uç 13 ve konik uç 14 ‘ün alternatif uç olarak kullanılabileceği ancak bu iki farklı uç üzerinde daha geniş araştırmalar yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akkuş, M.F. (1962). Kütahya-Gediz arasındaki sahanın jeolojisi, *MTA Dergisi*, 58, 21-30.
- Allen, H. (1942). Classification of soils and control procedures used in construction of embankments. *Public Roads*, 22, 263 – 282
- Andersson-Sköld, Y., Torrance, J. K., Lind, B., Odén, K., Stevens R. L. ve Rankka K.(2005). Quick clay—A case study of chemical perspective in Southwest Sweden. 82, 2, 12 Aralık 2005, 107–118. 21 Eylül, 2012, Science Direct Veritabanı.
- Azadi, M. R. E. ve Monfared, S. R. (2012). Fall cone test parameters and their effects on the liquid and plastic limits of homogeneous and non- homogeneous soil samples. 17, 1615 – 1646, 21 Eylül 2012; Elektronik Journal of Geotechnical Science Veritabanı.
- Aytekin, M. (2000). *Deneysel zemin mekaniği* (1. Cilt), Rize: Akademi Yayınevi
- Bauer, E. E. (1960). History and development of the Atterberg limits tests. *ASTM STP No. 254*, 160-167
- Becher, H.H., Breuer, J. ve Klingler, B. (1997). An index value for characterizing hardsetting soils by fall-cone penetration, *Science Direct*, 10, 1, Ocak 1997, 47–56; Science Direct Veritabanı.
- Brown, P. J. ve Downing, M. C. (2001). Discussion: Fall-cone penetration and water content relationships of clays. *ICE, Géotechnique*, 50, 2, 1 Nisan 2000 , 181 –187, ICE Veritabanı.

Budhu, M. (1985). The effect of clay content on liquid limit from a fall cone and the british cup device,. *ASTM*; 8, 2 Haziran 1985, ASTM Veritabanı.

Casagrande, A. (1958). Notes on the design of the liquid limit device. *ICE; Géotechnique*, 8, 2, 1 Haziran 1958, 84 –91, ICE Veritabanı.

Cevikbilen, G. ve Budhu, M. (2012). Shear viscosity of clays in the fall cone test. *ASTM*; 34, 6 Kasım 2011, ASTM Veritabanı.

Claveau-Mallet, D., Duhaime, F. ve Chapuis, R.(2012). Practical considerations when using the swedish fall cone. *ASTM*; 35, 4 Temmuz 2012, ASTM Veritabanı.

Clayton, C. R. I. ve Jukes A. W. (1979). *A one point cone penetrometer liquid limit test?*. *ICE; Géotechnique*, 28, (4), 469-472,ICE Veritabanı.

Clayton, C. R. I., Steinhagen, M., Steinhagen, H. M., Powrie, W., Terzaghi K. ve Skempton, A. W. (1995). Skempton. Ice; *Proceedings of the ICE - Geotechnical Engineering*, 113, 4, 01 October 1995, 191 –205, ICE Veritabanı.

Çağlayan, M. A., Öztürk , Z. ,Sav, H. , ve Akat , U. (1980). Menderes Masifi güneyine ait bulgular ve yapısal yorum. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* , 9 , 1 – 17.

Çalışkan, F. (2005). *Çanakkale kaolen kil mineralinin teknoloji seramiğine dönüşüm potansiyelinin incelenmesi*, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Dipova, N. (2011). Zeminlerin likit limitinin tek nokta koni batma yöntemiyle belirlenmesi. Jeoloji Mühendisleri Odası, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 35 (1), 2011

- Dolinar, B. ve Trauner, L. (2005). Impact of soil composition on fall cone test results. *ASCE; Journal of Geotechnical Geoenvironmental Engineering*, 131(1), 126–130. ASCE Veritabanı.
- Eden, W. J. (1960). *Use of a one – point liquid limit prodecure*, NRC 5599, National Research Council, Canada, Division Of Building Research.
- Elmacı, M. (1989). *Balıkesir ili-Sındırgı ilçesi-Düvertepe nahiyesi güneyi ve Çıkrıkçı kuzeyi 1930 no'lu MTA alüminyum (kaolen) sahasına ait maden jeolojisi raporu*, MTA Raporu, No. 2889.
- Ercan, T. ve Günay, E. (1981). Söke bölgesindeki Tersiyer volkanizması ve Bölgesel yayılımı. *Jeomorfoloji Dergisi*, 10, 117 – 137.
- Federico, A. (b.t.). *Relationships (cu-w) and (cu-d) for remoulded clayey soils at high water content*, 20 Ekim 2012
http://www.associazionegeotecnica.it/sites/default/files/rig/RIG_1983_1_38.pdf
- Feng, T. W. (2000). Fall-cone penetration and water content relationship of clays; *Géotechnique*, 50(2), 181-187, 1/2000, ICE Veritabanı.
- Feng, T. W. (2001). A linear log d - log w model for the determination of consistency limits of soils; *Canadian Geotechnical Journal*, 38(6), 1335-1342, 10.1139/t01-061, NRC Veritabanı.
- Feng, T. (2006). Using a small ring and a fall-cone to determine the plastic limit. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 132(2), 278–278. ASCE Veritabanı.
- Filiz, Ş. ve Tarcan, G. (1992). Kuşadası Türkiye Denizcilik İşletmeleri yeni limanı hidrojeolojik etüd raporu . İzmir. (Yayınlanmamış).

- Filiz, Ş. ve Tarcan, G. (1993). Kuşadası dolaylarında aşırı yeraltısuyu çekiminin Hidrojeolojik değerlendirilmesi. *Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 7, 175 – 198.
- Filiz, Ş. ve Tarcan, G. (1995). Kuşadası çevresinin hidrojeolojisi. *Kıyı Sorunları ve Çevre Sempozyumu* . 60 – 70, Kuşadası.
- Gardiner, E. O. (1982). *Part II Project report*, Cambridge University Engineering Department.
- Genç, D. (2008). *Zemin mekaniği ve temeller* (1. Baskı). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın No: 100, ISBN: 978-9944-89-555-2.
- Grim, R. E. (1962). *Applied clay mineralogy*. New York: McGraw-Hill.
- Grønbech, G. L., Nielsen, B. N. ve Ibsen, L. B.(2000); Comparison of plasticity index of søvind marl found by use of Casagrande cup, fall cone apparatus and loss on ignition. Aalborg University. *Géotechnique*, 51, 8 Eylül 2001, 701 – 712, Science Direct Veritabanı.
- Hajjaji, W.,Hachani, M., Moussi, B., Jeridi, K., Medhioub, M., López-Galindo, A. , Rocha, F. , Labrincha, J.A. ve Jamoussi, F.(2000). Mineralogy and plasticity in clay sediments from north-east Tunisia. *Géotechnique*, 50, 2 Nisan 2000, 181 – 187, Science Direct Veritabanı.
- Hansbo, S. (1957). A new approach to the determination of the shear strength of clay by the fall-cone test, *Proceedings of The National Swedish Geotechnical Institute*, No. 14
- Harison, J. A. (1990). Discussion: Using the bs cone penetrometer for the determination of the plastic limit of soils. *Géotechnique*, 49, 6 Aralık 1999, 727 – 739, Science Direct Veritabanı.

- Harison, J. A. (1988). Using the bs cone penetrometer for the determination of the plastic limit of soils. *Géotechnique*, 35, 1 Mart 1985, 64 – 68, Science Direct Veritabanı.
- Hazell, E. (2008). Numerical and experimental studies of shallow cone penetration in clay. *Géotechnique*, 36, 4 Aralık 1986, 609 – 610, Science Direct Veritabanı.
- Houlsby, G. T. (1982). Theoretical analysis of the fall cone test. *Géotechnique*, 59, 6 Ağustos 2009, 539 – 543, Science Direct Veritabanı.
- Houlsby, G.T. ve Wroth, C.P.(1991). Direct solution of plasticity problems in soils by the method of characteristics. *Géotechnique*, 41, 1 Mart 1991, 17 – 34, Science Direct Veritabanı.
- Houlsby, G. T. ve Wroth, C. P.(1982). The sheare strength of a soil at the liquid limit. *Géotechnique*, 32, 2 Haziran 1982, 152 – 157, Science Direct Veritabanı.
- Hyodd, M., Hyde, A. F. L. ve Aramaki, N. (1998). Liquefaction of crushable soils. *Géotechnique*, 62, 8 Ağustos 2012, 707 – 719, ICE Veritabanı.
- Işık, İ. ve Savaşçın, M.Y. (1987). Düvertepe nahiyesi (Sındırgı –Balıkesir) çevresinin jeolojisi ve kaolinize tuf yataklarının incelenmesi, *Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 3, 105- 114.
- Kalafatçıoğlu, A. (1964). Balıkesir Kütahya arasındaki bölgenin jeolojisi, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 9, 46-62.
- Karlsson, R. (1983). Consistency limits. *Géotechnique*, 33, 1 Mart 1983, 76 – 80 Science Direct Veritabanı.

- Kayabali, K. (2011). Assessment of shear strength at consistency limits - A reappraisal. Ankara Üniversitesi, *Géotechnique*, 42, 3 Eylül 1992, 529 – 532, Science Direct Veritabanı.
- Kayabali, K. ve Tufenkci, O. (2012). Determination of plastic and liquid limits using the reverse extrusion technique. *ASTM. Géotechnique*, 28, 4 Aralık 1978, 469 – 472, ASTM Veritabanı.
- Koçbaş, S. (1987). *Kuşadası – Davutlar – Güzelçamlı (Aydın) çevresinin jeolojisi*. Bitirme Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova (Yayınlanmamış).
- Kodikara, J., Seneviratne, H. ve Wijayakulasooriya, C. (2006). Discussion of “using a small ring and a fall-cone to determine the plastic limit”. *Géotechnique*, 20, 2 Haziran 1970, 203 – 208, ASCE Veritabanı.
- Koester, J. (1998). The influence of test procedure on correlation of atterberg limits with liquefaction in fine-grained soils. *Géotechnique*, 38, 3 Eylül 1988, 433 – 438, ASTM Veritabanı.
- Koumoto, T. ve Houlsby, G. T.(2001). Theory and practice of the fall cone test. *ICE. Géotechnique*, 59, 10 Aralık 2009, 813 – 823, ICE Veritabanı.
- Kumar, G. V. ve Wood, D. M.(1999). Fall cone and compression tests on clay gravel mixtures. *Géotechnique*, 49, 6, 1 Aralık 1999, 727 –739, from ICE Veritabanı.
- Lee, H. J. (2010). State of the art: laboratory determination of the strength of marine soils. *Géotechnique*, 61, 1 Ocak 2011, 88 – 92, ASTM Veritabanı.
- Lee, L. ve Freeman, R. (2009). Dual-weight fall cone method for simultaneous liquid and plastic limit determination. *Géotechnique*, 52, 9 Kasım 2002, 693 – 696, ASCE Veritabanı.

- Leroueil, S. ve Bihan, J. L. (1996). Liquid limits and fall cones. *Géotechnique*, 10, 1 Mart 1960, 1 – 18, ICE Veritabanı.
- Leroueil, S. ve Bihan, J. L. (1998), Liquid limits and fall cones: Reply. *Géotechnique*, 41, 1 Mart 1991, 135 – 138, ICE Veritabanı.
- Locat, J. ve Demers, D. (1988). Viscosity, yield stress, remolded strength, and liquidity index relationships for sensitive clays. *Magazine of Concrete Research*, 24, 78, Mart 1972, 37 – 42, ICE Veritabanı.
- Mahajan, S. P. ve Budhu, M. (2009). Shear viscosity of clays using the fall cone test. *ICE. Géotechnique*, 47, 2 Nisan 1997, 255 – 272, ICE Veritabanı.
- Mahajan, S. P. ve Budhu, M. (2009). Shear viscosity of clays using the fall cone test, *Proceedings of the ICE - Geotechnical Engineering*, 159, 2 Nisan 2006, ICE Veritabanı.
- Maio, C. D., Santoli, L. ve Schiavone, P. (2004). Volume change behaviour of clays: the influence of mineral composition, pore fluid composition and stress state. *Géotechnique*, 43, 3 Eylül 1993, 351 – 451, Science Direct Veritabanı.
- Matteo, L. D. (2012). Liquid limit of low- to medium-plasticity soils: comparison between Casagrande cup and cone penetrometer test. *Géotechnique*, 8, 2 Haziran 1958, 84 – 91, Springer Veritabanı.
- Mendoza, M. ve Orozco, M. (1999). Quick and reliable procedure for liquid limit determination of fine-grained soils. *Proceedings of the ICE - Geotechnical Engineering*, 143, 3 Temmuz 2000, ASTM Veritabanı.

- Mishra, A. K., Ohtsubo, M. ve Li, L. Y. (2012), Influence of various factors on the difference in the liquid limit values determined by Casagrande's and fall cone method. *Géotechnique*, 31, 3 Eylül 1981, 413 – 425, Springer Veritabanı.
- Morley, C. T. (2008). When plasticity?. *Géotechnique*, 20, 2 Haziran 1970, 203 – 208, Science Direct Veritabanı.
- Muhunthan, B. (1991). Liquid limit and surface area of clays. *Géotechnique*, 26, 3 Eylül 1976, 539 – 539, ICE Veritabanı.
- Muntohar, A. S. ve Hashim, R. (1992). Determination of plastic limits of soils cone penetrometer: re-appraisal using. *Géotechnique*, 45, 1 Mart 1995, 155 – 158, ICE Veritabanı.
- Nagaraj, H. B., Sridharan, A. ve Mallikarjuna, H. M. (2012). Re-examination of undrained strength at atterberg limits water contents. *Géotechnique*, 55, 7 Eylül 2005, 569 – 573, Springer Veritabanı.
- Nagaraj, T. S. ve Jayadeva, M.S. (2001). Critical reappraisal of plasticity index of soils. *Géotechnique*, 53, 7 Eylül 2003, 669 – 672, ASCE Veritabanı.
- Nagaraj, T. S. ve Jayadeva, M. S. (1984). Critical reappraisal of plasticity index of soils. *Géotechnique*, 54, 7 Eylül 2004, 503 – 504, ASCE Veritabanı.
- Nini, R. (1952). Effect of the silt and clay fractions on the liquid limit measurements by atterberg cup and fall cone penetrometer. *Géotechnique*, 3, 1 Mart 1952, 30 – 53, Science Direct Veritabanı.
- Norman, L. E. J. (1959). The one-point method of determining the value of the liquid limit of a soil, *Geotechnique*, 9, (1), 1-8

- Norman, L. E. J. (2009). The one-point method of determining the value of the liquid limit of a soil. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* (2009), ICE Veritabanı.
- Norman, L. E. J. (2012). The one-point method of determining the value of the liquid limit of a soil. *Environmental Earth Sciences* (2012). ICE Veritabanı.
- Olmstead, F. R. ve Johnston, C. M. (1955). Rapid methods for determining liquid limits of soils, *Bulletin*, 90, 27, Highway Research Board, Washington.
- Orhan, M., Özer, M. ve Işık, N.S. (2004). *Zemin mekaniği laboratuvar deneyleri*. (1. Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi. ISBN : 978-975-8640-935.
- Orhan, M., Özer, M. ve Işık, N. S. (2006). Doğal zeminlerin likit limitinin belirlenmesinde casagrande ve koni batma yöntemlerinin karşılaştırılması. Gazi Üniversitesi, *Proceedings of the ICE - Geotechnical Engineering*, 113, 4, 1 Ekim 1995 , 191 –205 , ICE Veritabanı.
- Özaydın, K. (2008), *Zemin mekaniği* (2.Baskı). İstanbul: Birsen Yayınevi. ISBN: 978-975-511-145-X
- Özdemir, A. (2008). *Zemin mekaniği ve zemin mühendisliğine giriş* (1. Baskı), Konya: Selçuk Üniversitesi. ISBN: 978-9944-0953-0-3
- Özer, M. (2009). *Comparison of liquid limit values determined using the hard and soft base Casagrande apparatus and the cone penetrometer*. *Magazine of Concrete Research*, 2008, 60, No. 8, 561–568, Springer Veritabanı.
- Özüdoğru, K., Tan, O. ve Aksoy, İ. H. (2001). *Çözümlü problemlerle zemin mekaniği* (1. Baskı). İstanbul: Birsen Yayınevi, ISBN: 975-511-150-6.

- Prakash, K. ve Sridharan, A. (2002). Determination of liquid limit from equilibrium sediment volume. ISBN 978-0-615-42857-4, ICE Veritabanı.
- Puvvadi, V. S. ve Sridharan, A. (1985). Liquid limit of soil mixtures. *ASTM*, 8, 3 Eylül 1985, ASTM Veritabanı.
- Rajasekaran, G. ve Rao, S.N. (2000). Falling cone method to measure the strength of marine clays. *Géotechnique*, 35, 1, 1 Mart 1985, 64 –68, Science Direct Veritabanı.
- Seed, H. B., Woodward, R. J. ve Lundgren, R. (1964). Fundamental aspects of the Atterberg limits. *Journal of Soil Mechanic Foundation, ASCE* 90, No. SM6, 75-105.
- Sherwood, P. T. ve Ryley, M. D. (1958). An investigation of a cone-penetrometer method for the determination of the liquid limit. *Géotechnique*, 20, 2, 1 Temmuz 1970, 203 –208, ICE Veritabanı.
- Sherwood, P. T. ve Ryley, M. D. (2000). An investigation of a cone-penetrometer method for the determination of the liquid limit. *Geotechnique*, 30, 4 Temmuz 2007, ICE Veritabanı.
- Skempton, A. W. ve Northey, R. D. (1998). The sensitivity of clays. *Engineering Geology*, 49, 2, 6 Mart 1998, 95–109, ICE Veritabanı.
- Skempton, A. W. ve Northey, R. D. (1952). The sensitivity of clays. *Géotechnique*, 3, 1, 1 Mart 1952, 30 –53, ASCE Veritabanı.
- Sowers, G. F. (1959). Symposium on Atterberg limits. *Géotechnique*, 9, 1, 1 Mart 1959, 1 –8 , ASTM Veritabanı.

- Sridharan, A., Rae, S. M. ve Murthy, N. S. (1988), Liquid limit of kaolinitic soil, *Geotechnique*, 38, 2, 191-198.
- Sridharan, A., Rao, S. M. ve Murthy, N. S. (1988). Liquid limit of kaolinitic soils. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 35, (1), 2011, ICE Veritabanı.
- Sridharan, A. ve Prakash, K. (1998). Characteristics water contents of a fine-grained soil-water system. *Applied Clay Science*, 5, 37-66, ICE Veritabanı.
- Sridharan, A., Nagaraj, H. B. ve Prasad, P. S. (2000). Liquid limit of soils from equilibrium water content in one-dimensional normal compression. *Proceedings of the ICE - Geotechnical Engineering*, 143, 3 Temmuz 2000, 165 – 169, ICE Veritabanı.
- Sridharan, A., Nagaraj, H. B. ve Prasad, P. S. (2000). Liquid limit of soils from equilibrium water content in one-dimensional normal compression. *Journal of Canadian Geotechnical*, 25, 4, 799–806, ICE Veritabanı.
- Sridharan, A. ve Rao, P. R. (2004). Discussion: residual strength of clays ve correlation using Atterberg limits. *Journal of Canadian Geotechnical*, 23241-246 (1986), ICE Veritabanı.
- Sridharan, A. ve Prakash, K. (2012), Percussion ve cone methods of determining the liquid limit of soils: controlling mechanisms. 23, 2 Temmuz 2000, ASTM Veritabanı.
- Sridharan, A. ve Nagaraj, H.B. (2012). Absorption water content ve liquid limit of soils. *Geotechnique*, 22, 2 Temmuz 1999, ICE Veritabanı.
- Stone, K. J. L. ve Phan, K. D. (1995). Cone penetration tests near the plastic limit. *Géotechnique*, 45, 1, 1 Mart 1995, 155 –158, ICE Veritabanı.

- Sung, S.-G. , Lee, I.-M., Cho, G.-C. ve Reddi, L. N. (2006). Estimation of soil-water characteristics using liquid limit state. *Géotechnique*, 55, 7, 1 Eylül 2005, 569 – 573, ICE Veritabanı.
- Tarcan, G. (1989). *Urla – İçmeler (İzmir) ve çevresinin jeolojik – hidrojeolojik incelenmesi, yeraltı sularının jeokimyasal yorumlanması*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, İzmir. (Yayınlanmamış).
- Tarcan, G., Filiz, Ş. ve Gemici, Ü. (1999). Davutlar - Kuşadası (Aydın) çevresinin hidrojeolojik incelenmesi, *II. Kıyı Sorunları ve Çevre Sempozyumu Bildiri Metinleri Kitabı*. 489 – 504, Kuşadası.
- Tarcan, G., Filiz, Ş. ve Gemici, Ü. (1999). Davutlar Kaplıcası (Kuşadası - Aydın) çevresinin hidrojeolojisi ve hidrokimyası. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4, 91 – 110.
- Teh, C. I. ve Houlsby, G. T.(1991). An analytical study of the cone penetration test in clay, *Géotechnique*, 41, 1 Mart 1991, 17 – 34, ICE Veritabanı.
- Teh, C. I. ve Houlsby, G. T. (1992). An analytical study of the cone penetration test in clay, *Géotechnique*, 42, 3 Eylül 1992, 529 – 532, ICE Veritabanı.
- Warkentin, B. P. (1961). Interpretation of the upper plastic limit of clays. *Nature*, 190, 287-288.
- White, W. A. (1949). Atterberg plastic limits of clay minerals, *American Mineral*. 34, 508-512.
- Wasti, Y. ve Bezirci, M.H. (1985). Determination of the consistency limits of soils by the fall cone test. *Canadian Geotechnical Journal*, 23(2), 241-246, 10.1139/t86-033, NRC Veritabanı.

- Wasti, Y. (2012). Liquid ve plastic limits as determined from the fall cone ve the casagrvce methods. *10*, ASTM Veritabanı.
- Wesley, L. D. (2003). Residual strength of clays ve correlations using Atterberg limits. *Géotechnique*, *53*, 7 Eylül 2003, 669 – 672, ICE Veritabanı.
- Wood, D. M. (1982). Cone penetrometer ve liquid limit. *Géotechnique*, *32*, 2 Temmuz 1982, 152 – 157, ICE Veritabanı.
- Wood, D. M. (1984). Discussion: Some fall-cone tests. *Géotechnique*, *36*, 4 Aralık 1986, 609 – 610, ICE Veritabanı.
- Wood, D. M. (1982). Discussion: cone penetrometer ve liquid limit. *Géotechnique*, *33*, 1 Mart 1983, 76 – 80, ICE Veritabanı.
- Wood, D. M. (1982). Some fall cone tests. *Géotechnique*, *35*, 1 Mart 1985, 64 – 68, ICE Veritabanı.
- Wood, D. M. ve Wroth, C. P. (1978). The use of the cone penetrometer to determine the plastic limit of soils, *Ground Engineering*, *11*, 3, 37.
- Wroth, C. P. ve Wood, D. M. (1978). The correlation of index properties with some basic engineering properties of soils, *Canadian Geotechnical Journal*, *15*, 2, 137-145.
- Wroth, C. P. (1984). The interpretation of in situ soil tests, *Applied Clay Science*, *42*, 3, 4 Ocak 2009, 391-397, ICE Veritabanı.
- Yamaguchi, S. (1959). *On the sensitivity of clay*. 25 Ekim 2012, <http://tr.scribd.com/doc/46536876/Fall-Cone-Penetration-ve-Water-Content-Relationship-of-Clays>

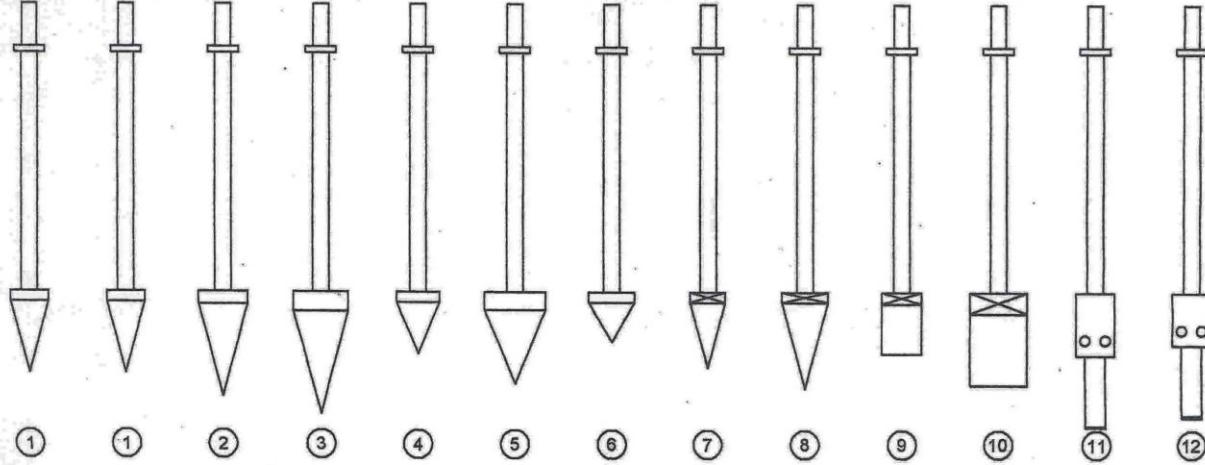
Yi, J. T., Goh, S. H., Lee, F. H. ve Rveolph, M. F. (2012). A numerical study of cone penetration in fine-grained soils allowing for consolidation effects. *Géotechnique*, 62, 8, August 2012, 707 – 719, ICE Veritabanı.

Yong, R. N. ve Warkentin, B. P. (1966). *Introduction to soil behaoiour*. New York: Macmillan.

Zreik, D., Ladd C. ve Germaine, J. (2012). A new fall cone device for measuring the undrained strength of very weak cohesive soils, *ASTM*, 18, 4 Aralık 1995, ASTM Veritabanı.

EKLER

EK 1



NOT: KAPAK AÇILDIĞINDA
ÜSTTEN BAKIŞTAKİ GÖRÜNÜŞ

1	30° x 90 gr KONİK	5	45° x 170 gr KONİK	9	30° x 90 gr DİKDÖRTGEN TABANLI V AĞIZ
2	30° x 130 gr KONİK	6	60° x 90 gr KONİK	10	30° x 170 gr DİKDÖRTGEN TABANLI V AĞIZ
3	30° x 170 gr KONİK	7	30° x 90 gr KARE PİRAMİT	11	10 x 1,5 mm 30° V AĞIZ
4	45° x 90 gr KONİK	8	30° x 130 gr KARE PİRAMİT	12	10 x 2,0 mm 30° V AĞIZ

❶ CONE PENETROMETRE UÇLARI TAHTA KUTU İÇİ YERLEŞİM PLANI

ÜNAL Mühendislik ve Makina Sanayi	Malzeme	İşlem	Parça Adı	❶			Değişiklikler / Revizyonlar		Bu resim Ünal Mühendislik ve Makina Sanayi'ne ait olup kısmen veya tamamen kopya edilemez, maksadı dışında kullanılamaz ve 3. şahıslara devredilemez.
	—	—	Resim No	CPU - 001			A	İmalat için yayınlandı	
	Adet	Çizen	Onay	Tarih	Not				
	—	C. ÜNAL	E. ÜNAL	08.10.2010	Resim üzerinden ölçü alınınız				

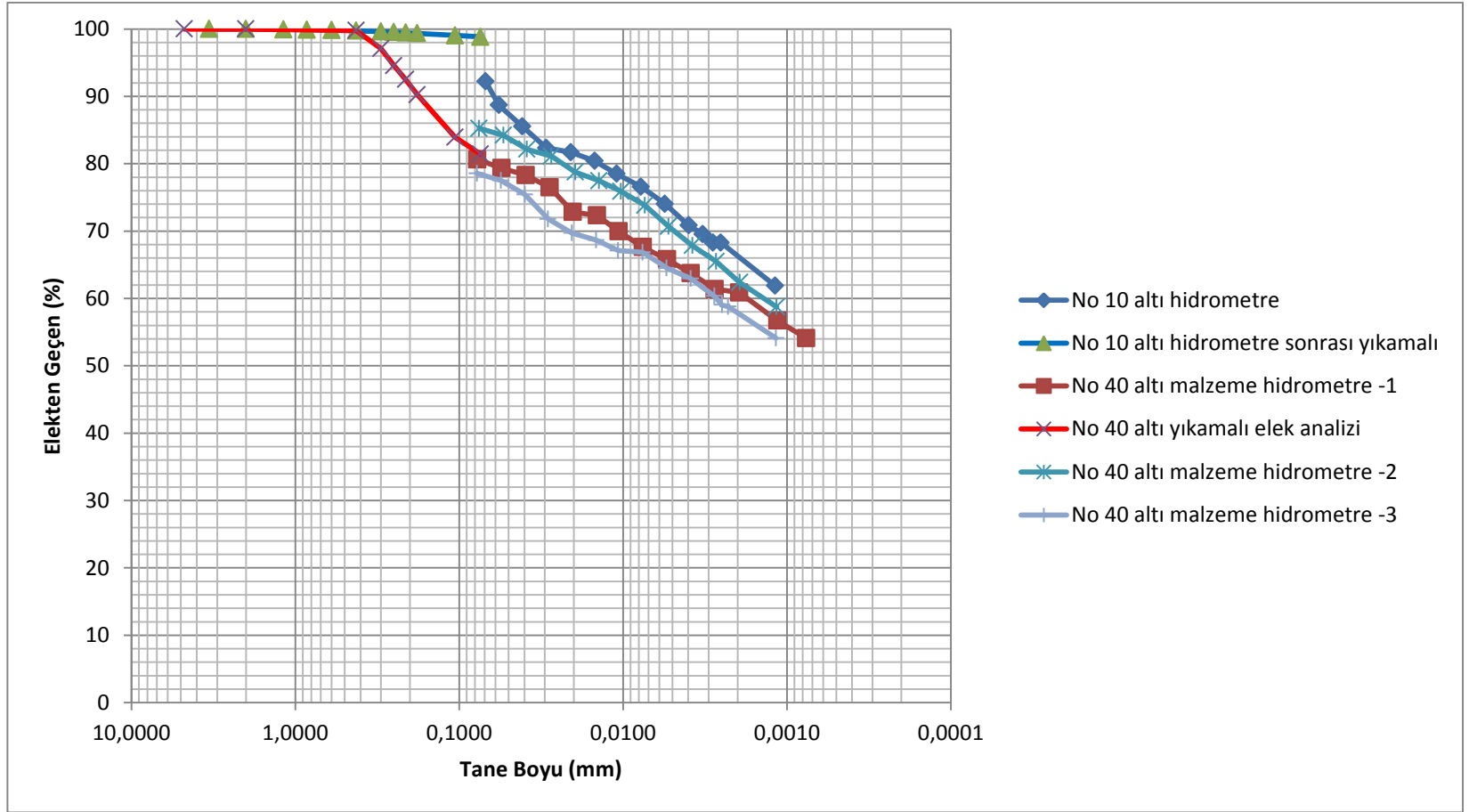
EK 2

ASTM D854 – 2000’ DE BELİRTİLEN DÖNÜŞTÜRME ÇİZELGESİ

Temperature, °C	Density of Water (g/mL)	Correction Factor <i>K</i>
16.0	0.99897	1.0007
16.5	0.99889	1.0007
17.0	0.99880	1.0006
17.5	0.99871	1.0005
18.0	0.99862	1.0004
18.5	0.99853	1.0003
19.0	0.99843	1.0002
19.5	0.99833	1.0001
20.0	0.99823	1.0000
20.5	0.99812	0.9999
21.0	0.99802	0.9998
21.5	0.99791	0.9997
22.0	0.99780	0.9996
22.5	0.99768	0.9995
23.0	0.99757	0.9993
23.5	0.99745	0.9992
24.0	0.99732	0.9991
24.5	0.99720	0.9990
25.0	0.99707	0.9988
25.5	0.99694	0.9987
26.0	0.99681	0.9986
26.5	0.99668	0.9984
27.0	0.99654	0.9983
27.5	0.99640	0.9982
28.0	0.99626	0.9980
28.5	0.99612	0.9979
29.0	0.99597	0.9977
29.5	0.99582	0.9976
30.0	0.99567	0.9974

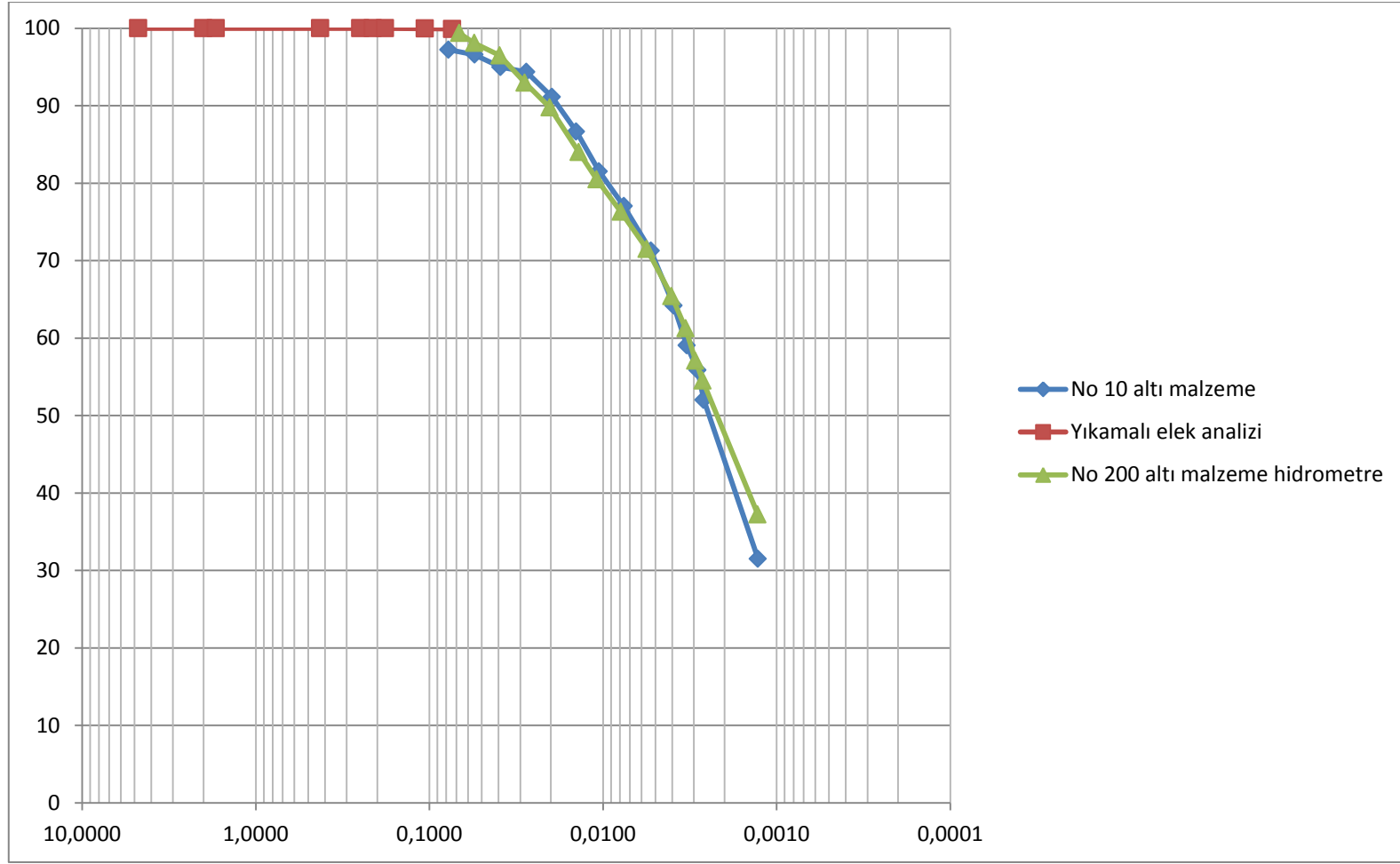
EK 3

**KUŞ-ATAK KİLİNE AİT NO 40 ALTI VE NO 10 ALTI MALZEMELERİN
HİDROMETRE KARŞILAŞTIRMA GRAFİKLERİ**



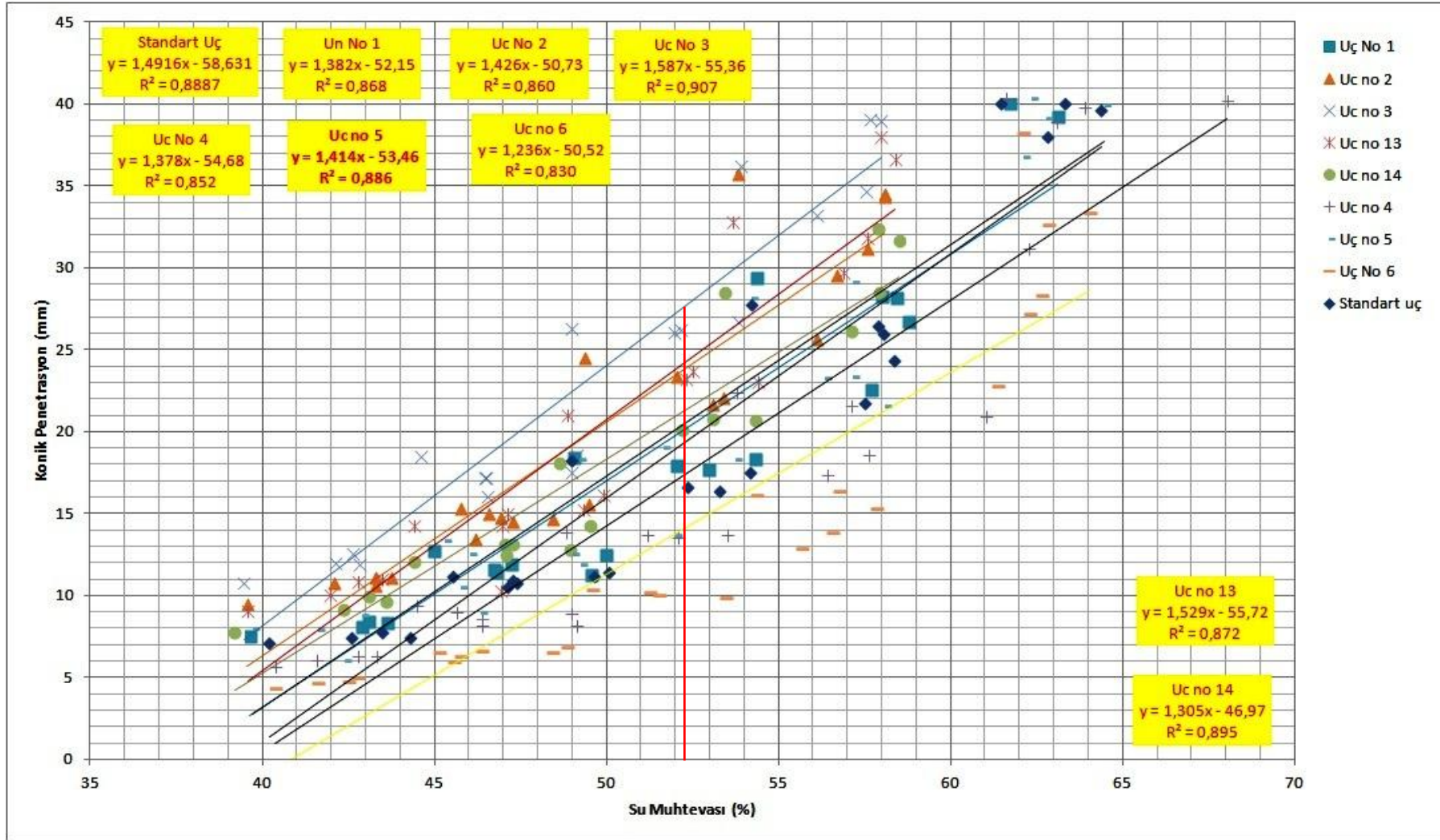
EK 4

**KAOLEN 143 KİLİNE AİT NO 10 ALTI VE NO 200 ALTI MALZEMELERİN
HİDROMETRE KARŞILAŞTIRMA GRAFİKLERİ**



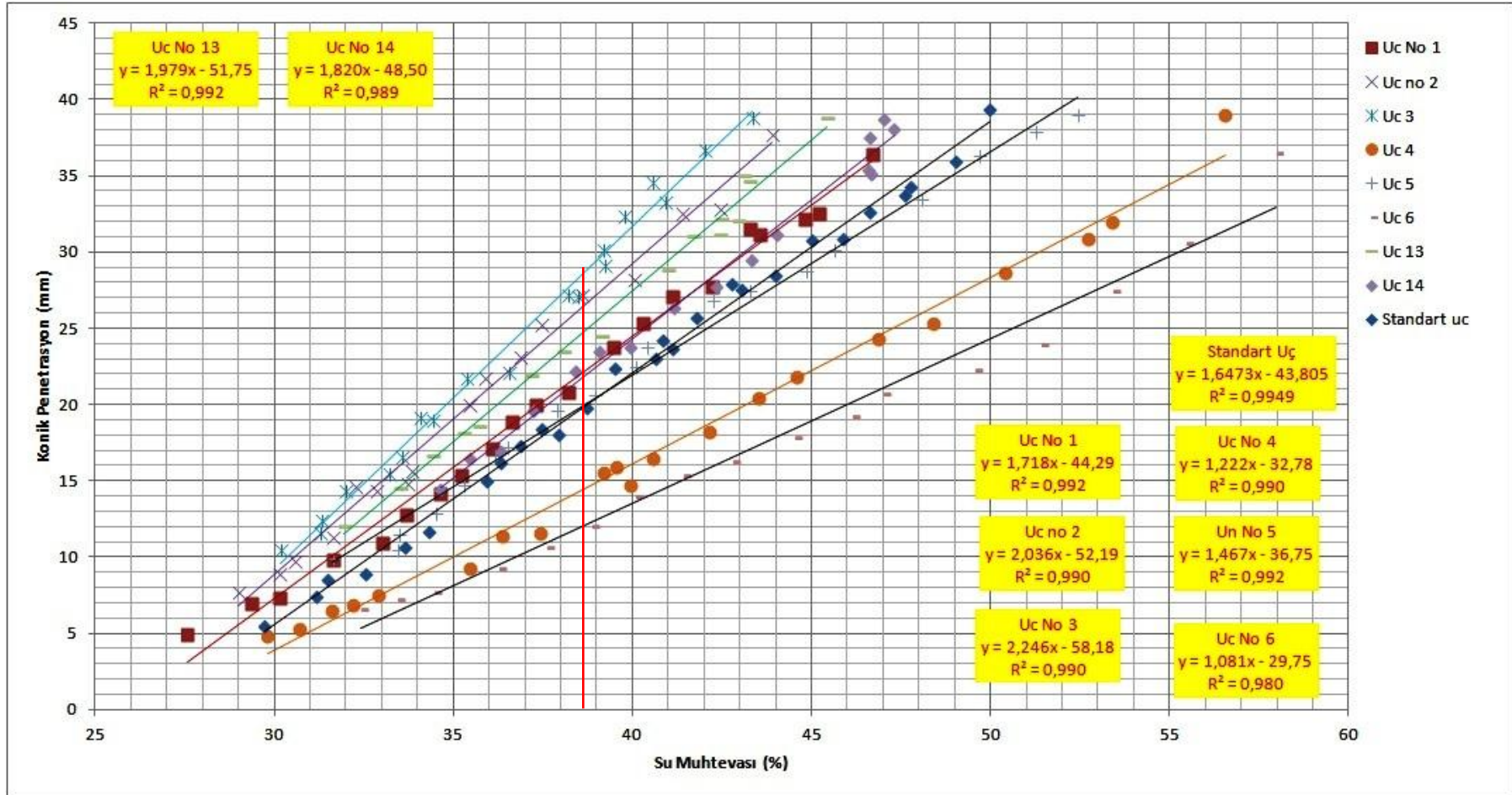
EK 5

**KUŞ-ATAK KİLİ İÇİN KONİ ŞEKLİ UÇLARIN TEK GRAFİK OLARAK
GÖSTERİLMESİ**



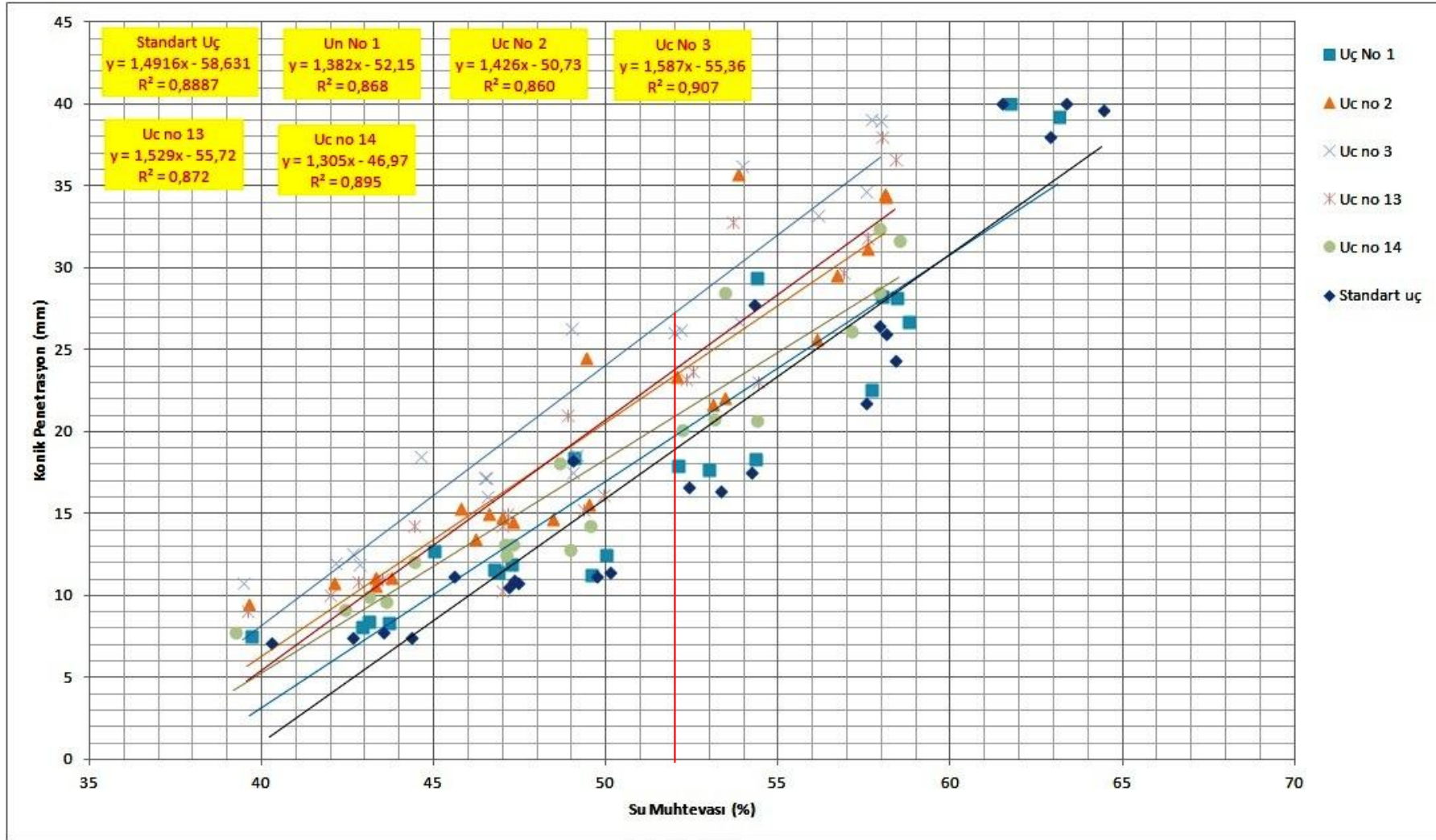
EK 6

**KAOLEN 143 KİLİ İÇİN KONİ ŞEKLİ UÇLARIN TEK GRAFİK
OLARAK GÖSTERİLMESİ**



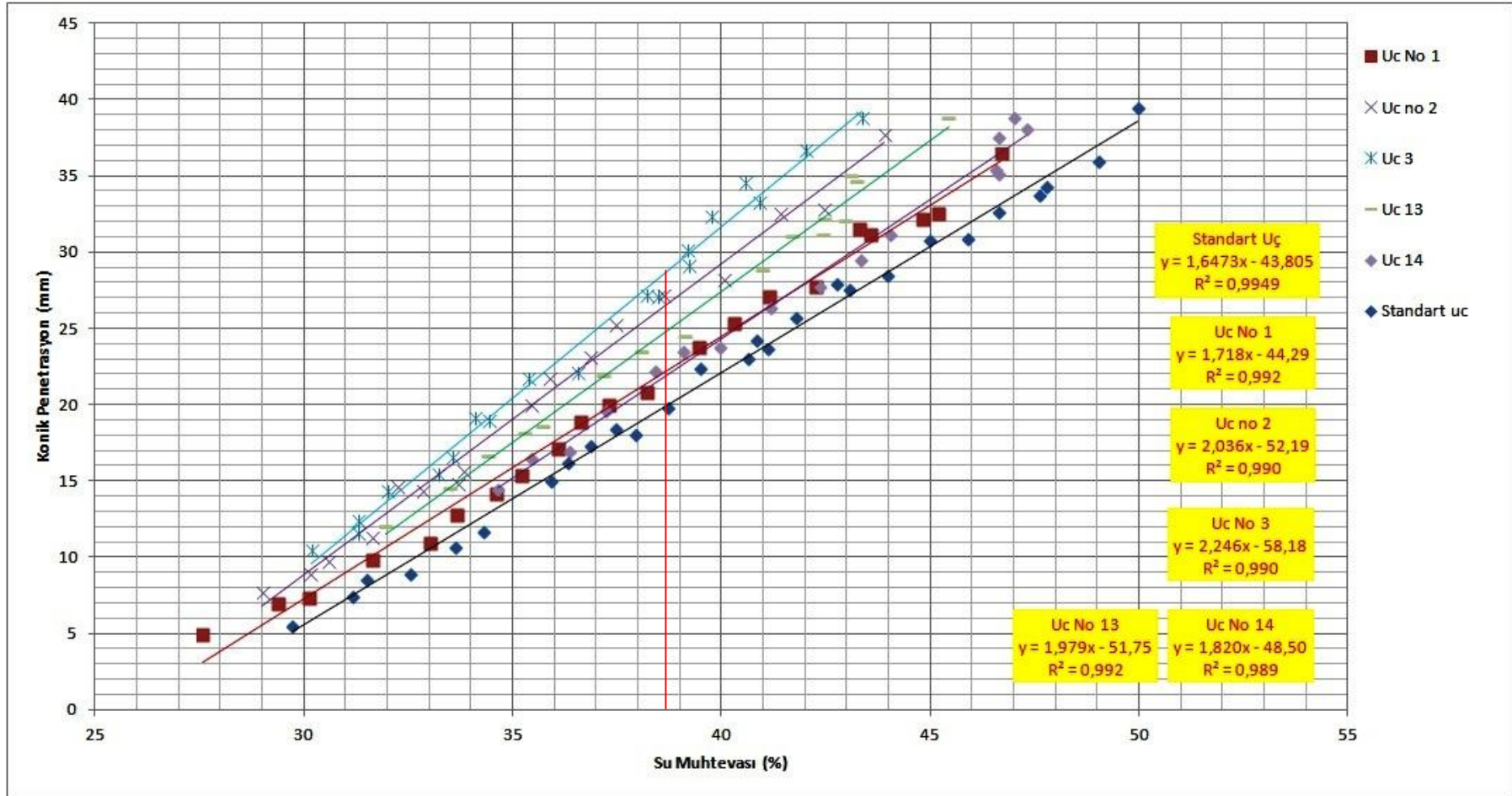
EK 7

**KUŞ-ATAK KİLİ İÇİN KONİ ŞEKLİ 30 DERECE AÇIYA SAHİP
UÇLARIN TEK GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ**



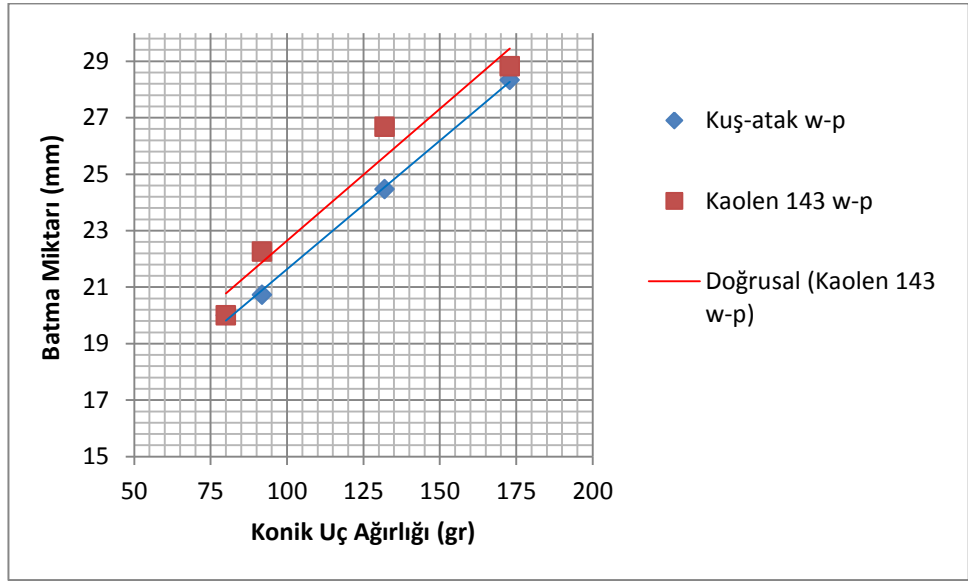
EK 8

**KAOLEN 143 KİLİ İÇİN KONİ ŞEKLİ 30 DERECE AÇIYA SAHİP
UÇLARIN TEK GRAFİK OLARAK GÖSTERİLMESİ**



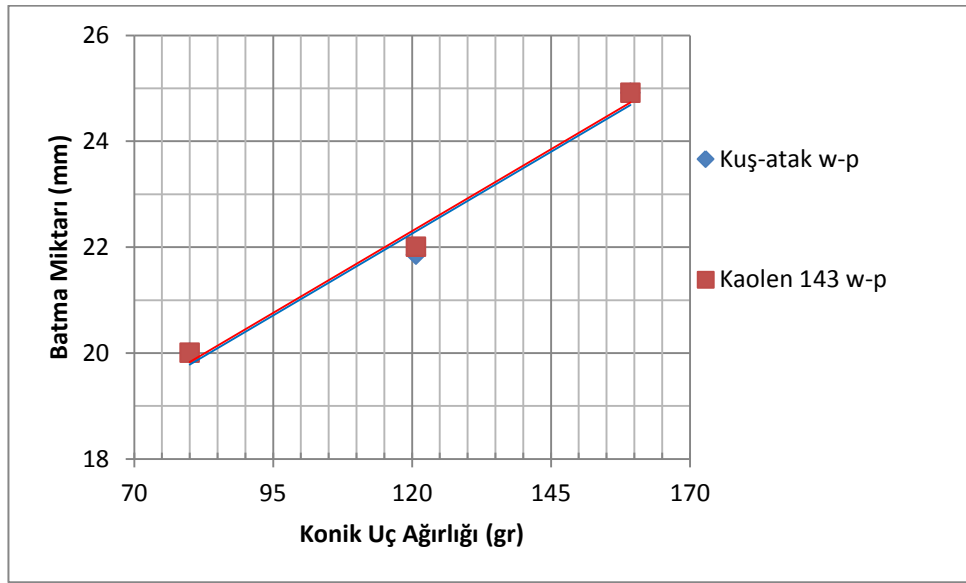
EK 9

Stveart Uç, Konik Uç 1, 2 ve 3 no'lu uçların batma miktarı –Uç Ağırlığı grafiği



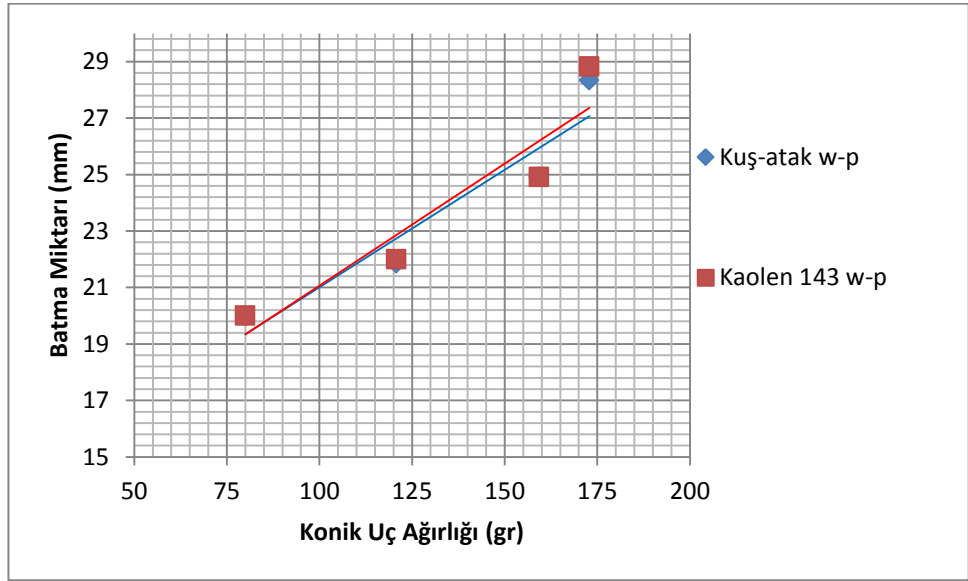
EK 10

Stveart Uç, Konik Uç 13 ve 14 no'lu uçların batma miktarı –Uç Ağırlığı grafiği



EK11

Stveart Uç, Konik Uç 3, 13 ve 14 no'lu Uçların Batma Miktarı –Uç Ağırlığı Grafiği



EK12

Stveart Uç, Konik Uç 1, 2, 3, 4, 5, 6, 13 ve 14 no'lu Uçların Batma Miktarı –Uç Ağırlığı Grafiği

