

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEĞİŞİK ORANLARDA KUM İÇEREN ÖRSELENMİŞ ANKARA KİLİNİN
SERBEST BASINÇ DAYANIMI İLE DİREKT ÇEKME DAYANIMININ
İLİŞKİLENDİRİLMESİ

TOLGA ALAGÖZ

EYLÜL 2008

ÖZET

DEĞİŞİK ORANLARDA KUM İÇEREN ÖRSELENMİŞ ANKARA KİLİNİN SERBEST BASINÇ DAYANIMI İLE DİREKT ÇEKME DAYANIMININ İLİŞKİLENDİRİLMESİ

ALAGÖZ, Tolga

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Yüksel YILMAZ

Eylül 2008, 64 sayfa

Bu çalışmada değişik oranlarda kum içeren Ankara kilinin serbest basınç ve direkt çekme dayanımlarının ilişkilendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu bağlamda, öncelikle değişik oranlarda Kum-Kil karışımlarının (ağırlıkça Kum/Karışım = % 0, % 10, % 20, % 30, % 40, % 50, % 60, % 70, % 80, % 90 ve % 100) kompaksiyon karakteristikleri elde edilmiştir. Karışımlar, optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlıkta sıkıştırıldıktan sonra ayrı ayrı serbest basınç ve direkt çekme deneylerine tabi tutulmuşlardır. Deney sonuçlarına göre karışımdaki kum oranının artmasıyla maksimum kuru birim hacim ağırlık artma eğilimi gösterirken, optimum su içeriği azalma eğilimi

göstermektedir. Karışımdaki kum oranının % 0 ila yaklaşık % 50 - % 60 aralığında değişmesi durumunda maksimum serbest basınç dayanımı ve maksimum direkt çekme dayanımı ihmal edilebilir düzeyde azalma eğilimi sergilemektedir. Diğer yandan karışımdaki kum içeriği yaklaşık % 50 - % 60 dan daha fazla olması durumunda hem maksimum serbest basınç dayanımı hem de maksimum direkt çekme dayanımı dramatik olarak azalma eğilimi göstermektedir. Karışımların maksimum serbest basınç dayanımının direkt çekme dayanımına oranı irdelendiğinde ise iki belirgin ilişki görülmüştür. Kum oranı % 0 ila % 70 aralığında iken karışımların maksimum serbest basınç dayanımının direkt çekme dayanımına oranı dar bir bantta (yaklaşık 6-7 kat civarında) değişmektedir. Fakat karışımdaki kum oranı % 70'den % 90'a çıkarken, maksimum serbest basınç dayanımının direkt çekme dayanımına oranı 7 kat düzeylerinden 13 kat düzeyine çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Direkt Çekme Dayanımı, Serbest Basınç Dayanımı, Proctor, Kum, Kil.

ABSTRACT

CORRELATION OF UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH AND DIRECT TENSILE STRENGTH OF DISTURBED ANKARA CLAY WITH VARIOUS SAND CONTENTS

Alagöz, Tolga

Kırıkkale University

Faculty of Science

Department of Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Yüksel Yılmaz

September 2008, 64 pages

The aim of this study is to investigate the relationship between unconfined compressive strength and direct tensile strength of Ankara clay with various sand contents. For this purpose, firstly compaction characteristics of sand-clay mixtures with varying ratios (sand/mixture by weight = 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 % and 100 %) are obtained. Mixtures are compacted at their optimum water content and maximum dry unit weight before unconfined compression and direct tensile strength tests are conducted separately. The test results revealed that as the sand content is increased in the mixture maximum dry unit weight is increased

but the optimum moisture content is decreased. As the sand content in the mixture varied in the range from 0 % to about 50-60 %, maximum unconfined compressive strength and maximum direct tensile strength are decreased negligibly. On the other hand, when the sand content is varied above 50-60 %, maximum unconfined compressive strength and maximum direct tensile strength are decreased dramatically. When the ratio of maximum unconfined compressive strength to maximum direct tensile strength is examined, two distinct relations are found. When the sand content is ranged from 0% to 70 %, the content of maximum unconfined compressive strength to direct tensile strength is varied in a narrow range (about 6-7). However, when the sand content is increased from 70 % to 90 %, the ratio of maximum unconfined compressive strength to maximum direct tensile strength is increased from 7 to 13, sharply.

Key Words: Direct Tensile Strength, Unconfined Compressive Strength, Proctor, Sand, Clay.

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında hiçbir yardımı esirgemeyen ve değerli katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Yüksel YILMAZ'a, deneylerde yardımcı olan İnşaat Yük. Müh. Uzman Aydın GÖKÇE'ye, büyük fedakarlıklarla tezimi hazırlamamda bana yardımcı olan arkadaşım Altan ÖZKAN'a, deney düzeneğimin hazırlanmasında çok büyük emekleri geçen AYMAŞ Makina çalışanlarına ve son olarak bana her zaman inanan ve desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Kaynak Özetleri	1
1.2. Çalışmanın Amacı	3
2. MATERYAL VE YÖNTEM	4
2.1. Sınıflama Deneyleri	5
2.2. Standart Proctor Deneyleri	6
2.3. Serbest Basınç (Tek Eksenli Basınç) Deneyleri	7
2.4. Direkt Çekme Deney Düzeneği	9
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	25
3.1. Serbest Basınç Deney Sonuçları	28
3.2. Direkt Çekme Deney Sonuçları	32

3.3. Serbest Basınç Dayanımı ile Direkt Çekme Dayanımlarının İlişkilendirilmesi	35
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	37
KAYNAKLAR	38
EK-1. Alt Plaka	40
EK-2. Ön(1) Plakası	41
EK-3. Arka (1) Plakası	42
EK-4. Yan Plakalar	43
EK-5. Yaka Aparatı	44
EK-6. Ön (2) Plakası	45
EK-7. Arka (2) Plakası	46
EK-8. Üst (1) Plakası	47
EK-9. Üst (2) Plakası	48
EK-10. Üst (3) Plakası	49
EK-11. Üst (4) Plakası	50
EK-12. 380 Volt Motor ve Redüktörler	51
EK-13. Hız Kontrol Cihazı	52
EK-14. Yük Halkası ve Deformasyon Saati	53
EK-15. % 100 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi	54

EK-16. % 90 Kil + % 10 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi	55
EK-17. % 80 Kil + % 20 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi	56
EK-18. % 70 Kil + % 30 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi	57
EK-19. % 60 Kil + % 40 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi	58
EK-20. % 50 Kil + % 50 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi	59
EK-21. % 40 Kil + % 60 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi	60
EK-22. % 30 Kil + % 70 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi	61
EK-23. % 20 Kil + % 80 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi	62
EK-24. % 10 Kil + % 90 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi	63
EK-25. % 100 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

2.1. Çalışmada Kullanılan Kil ve Kumun Bazı Fiziksel Özellikleri	6
3.1. Kum - Kil Karışımlarının Optimum Su İçerikleri ve Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlıkları.....	26
3.2. Karışımların Maksimum Serbest Basınç Dayanımları ve Bu Dayanımların Gözlendiği Eksenel Birim Deformasyon Değerleri.....	30
3.3. Karışımların Maksimum Direkt Çekme Dayanımları ve Bu Dayanımların Gözlendiği Eksenel Birim Deformasyon Değerleri	33

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

2.1. Çalışmada Kullanılan Kil ve Kumun Tane Boyutu Dağılım Eğrileri	5
2.2. Sıkıştırma Aparatı	8
2.3. Serbest Basınç Deney Düzeneği	8
2.4. Direkt Çekme Deney Düzeneği	9
2.5. Sıkıştırma Kalıbı	10
2.6. Tokmaktama ile Kalıp İçerisindeki Zeminin Sıkıştırılması İşlemi	11
2.7. Tabaka Kalınlığının Kontrol Edilmesi	11
2.8. Yüzey Pürüzlendirme	12
2.9. Birinci Tıraşlama	13
2.10. Ön (1) Plakası Çıkartıldıktan Sonra	13
2.11. Ön (2) Plakası Takıldıktan Sonra...	14
2.12. İkinci Tıraşlama İşlemi.....	14
2.13. Üst (1) Plakası Takılmış Hali	15
2.14. Üçüncü Tıraşlama Sonrası	15
2.15. Üst (2) Plakasının Takılması İşlemi	16
2.16. Üst (1) Plakasının Sökülmesi İşlemi	16
2.17. Üst (3) Plakası Takılması İşlemi	17
2.18. Ön (2) Plakası Çıkartıldıktan Sonra	17

2.19. Dördüncü Tıraşlama Sonrası	18
2.20. Üst (4) Plakası Takılırken	18
2.21. Üst (2) Plakası Döndürülmüş Hali	19
2.22. Arka (2) Plakası Çıkartıldıktan Sonra	19
2.23. Beşinci Tıraşlama İşlemi	20
2.24. Tüm Tıraşlama İşlemlerinden Sonra Kalıplardan Çıkartılan Numune ..	20
2.25. Askı Sistemine Yerleştirilen Numune	21
2.26. Parafinleme İşlemi	22
2.27. Çekme Kalıbına Yerleştirilmiş Uçları Parafinli Numune	22
2.28. Kenarlardaki Boşlukların Alçı İle Doldurulması	23
2.29. Boşluklar Alçı İle Doldurulduktan Sonra	23
2.30. Numunenin Kırıldıktan Sonraki Hali	24
3.1. Kum - Kil Karışımlarının Standart Proctor Kompaksiyon Eğrileri	25
3.2. Optimum Su İçeriğinin Karışımdaki Kum Yüzdesi İle Değişimi.....	27
3.3. Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlığın Kum Yüzdesi İle Değişimi.....	27
3.4. Karışımların Serbest Basınç Dayanımlarının Eksenel Birim Deformasyonla Değişimi	29
3.5. Maksimum Serbest Basınç Dayanımlarının Karışımdaki Kum Oranı İle Değişimi	31
3.6. Kum-Kil Karışımlarının Direkt Çekme Dayanımlarının Eksenel Birim Deformasyonla Değişimi	32
3.7. Karışımdaki Maksimum Direkt Çekme Dayanımlarının Kum Oranı İle Değişimi	34
3.8. Maksimum Serbest Basınç Dayanımının Maksimum Direkt Çekme Dayanımına Olan Oranının Karışımdaki Kum Yüzdesi İle Değişimi.....	35

1. GİRİŞ

Zeminlerin serbest basınç dayanımları hakkında bugüne kadar yapılmış neredeyse sayısız çalışma bulunmaktadır. Diğer yandan zeminlerin direkt çekme dayanımları üzerinde oldukça sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Zeminlerin direkt çekme dayanımlarıyla ilgi mevcut literatür aşağıda tartışılacaktır. Deneysel çalışmada kullanılan materyal ve yöntem 2. bölümde ele alınacak ve deneysel bulgular 3. bölümde tartışılacaktır.

1.1. Kaynak Özetleri

Zeminlerin çekmeye karşı çok zayıf olması nedeniyle analiz ve tasarımlarda genellikle değerlendirmeye alınmazlar. Zeminlerin çekme mukavemetinin zemin yapıların analiz ve tasarımında göz ardı edilmesi mantıklı olsa da toprak barajlarda çatlak davranışları anlamak için zeminlerin çekme mukavemeti önemlidir. Zeminlerin çekme dayanımını belirlemede, direkt çekme deneyi ve endirekt (Brazilian) çekme deneyi olmak üzere değişik yaklaşımlar bulunmaktadır. Zeminlerin çekme dayanımı deneylerinin basınç dayanımı deneylerine göre daha zor yapıldığı söylenebilir.

Krishnaya, Eisenstein ve Morgenstern⁽¹⁾ zeminlerin çekme dayanımlarını incelemişler ve 1) zeminlerin çekme mukavemetinin 0 kPa dan bir kaç kPa arasında değiştiği, 2) yüksek plastisiteli zeminlerin genelde düşük

plastisiteli zeminlere göre daha elastik olduğu, 3) su içeriğinin arttırılmasının sıkıştırılmış zeminin elastikiyetini önemli ölçüde artırdığı, 4) optimum su içeriği üzerindeki su muhtevalarında zeminin elastikliği artarken çekme dayanımının azaldığı, 5) basınç altındaki deformasyon modülünün çekme altındaki deformasyon modülüne oranının su içeriğiyle birlikte arttığı, 6) su içeriği arttıkça, düşük plastisiteli zeminlerin çekme altındaki dayanımı hızlı bir biçimde düşerken, basınç altındaki dayanımı daha yavaş düştüğü, ve 7) birim deformasyon hızının çekme karakteristikleri üzerinde önemli etkileri olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır.

Kim ve Hwang⁽²⁾, kohezyonsuz zeminlerin çekme dayanımlarını özellikle düşük su içeriği düzeyinde (su içeriği < % 4) araştırmışlardır. Deney bulgularına göre: 1) kohezyonsuz zeminlerin çekme dayanımlarının sıfırdan büyük olduğu, 2) çekme dayanımının rölatif yoğunluğun artmasıyla arttığı ve 3) ince malzeme içeriğinin daha yüksek çekme dayanımına neden olduğu saptanmıştır.

Ajaz ve Parry⁽³⁾ standart Proctor enerjisi altında sıkıştırdıkları farklı su içeriklerine sahip (% 0 su içeriğinden optimum su içeriğine kadar) değişik iki kil üzerinde serbest basınç ve direkt çekme deneyleri yürütmüşlerdir. Sonuç olarak, aynı su içeriğinde hazırlanan numunelerin serbest basınç dayanımlarının direkt çekme dayanımlarından yüksek olduğunu, direkt çekme ve serbest basınçların başlangıç tanjant modüllerinin farklı olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca, yüksek çekme deformasyonuna uğrayacak zeminlerin yüksek su içeriğinde sıkıştırılması gerektiği görüşünü ortaya koymuşlardır.

Ajaz⁽⁴⁾, iki sıkıştırılmış kilin tek eksenli çekme ve basınç altındaki zamana bağlı davranışlarını araştırmıştır. Bu çalışmada, standart Proctor optimum su içeriğinin kuru tarafındaki su içeriklerinde hazırlanan örneklerde, ölçümdeki zorluklardan da kaynaklanarak, direkt çekme dayanımıyla alakalı olarak herhangi bir düzen sunulamamıştır.

1.2. Çalışmanın Amacı

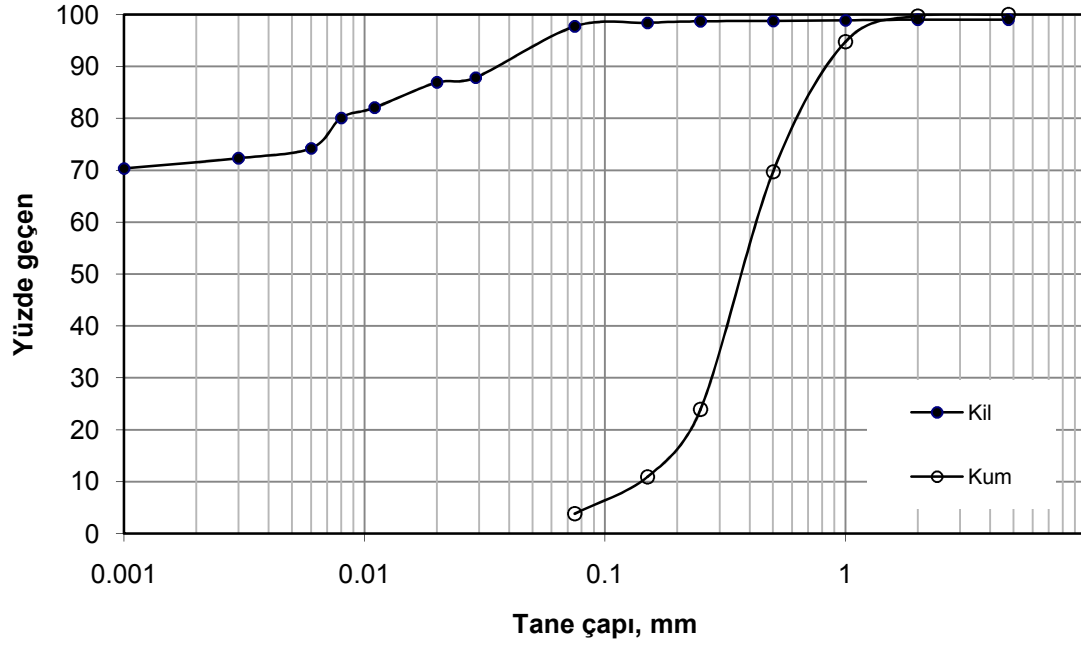
Bu çalışmanın amacı, değişik oranlarda kum içeren yüksek plastisiteli Ankara kilinin serbest basınç dayanımları ile direkt çekme dayanımları arasındaki ilişkilerin araştırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, aynı materyal ve aynı fiziksel şartlar altında (optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlık) hazırlanan numuneler üzerinde serbest basınç deneyleri ile direkt çekme deneyleri yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu deneysel çalışmada; örselenmiş Ankara kiline değişik oranlarda kum katılarak elde edilen karışımların serbest basınç dayanımları ile direkt çekme dayanımları arasında bir korelasyonun kurulup kurulamayacağı araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Ankara ilinin Çukurambar semtinde bir araştırma çukurundan kil temin edilmiştir. Kil açık havada kurtulduktan sonra ASTM No 4 elekten geçen malzeme biriktirilmiştir. Diğer yandan yine Ankara ilinin Ostim semtinden elde edilen ticari kum ASTM No4 eleğinden elenerek homojen olarak biriktirilmiştir. İlk olarak karışımlarda kullanılacak kum ve kil üzerinde ayrı ayrı olmak üzere sınıflama deneyleri yürütülmüştür. Daha sonra, değişik oranlarda kum-kil karışımları elde edilmiştir. Kum-kil karışımları % 0 kum içeriğinden % 100 kum içeriğine kadar % 10'ar arttırılarak elde edilmiştir. Bu arada karışımdaki kil içeriği de % 100'den % 0'a kadar % 10'ar azaltılmıştır. Belirlenen kum-kil karışımları üzerinde daha sonra standart Proctor kompaksiyon deneyleri yapılarak optimum su içerikleri ve maksimum kuru birim hacim ağırlıkları elde edilmiştir. Son olarak da kum-kil karışımları optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlıklarında sıkıştırılarak serbest basınç ve direkt çekme deneylerine tabi tutulmuşlardır. Yapılan deneysel çalışmalara bu bölümde kısaca değinilirken, geliştirilen direkt çekme deney düzeneği oldukça kapsamlı olarak anlatılacaktır. Deneysel çalışmanın bulguları ise bir sonraki bölümde ele alınacaktır.

2.1. Sınıflama Deneyleri

Çalışmada kullanılan kum ve kilin gradasyon eğrileri (Şekil 2.1), kıvam limitleri ve özgül ağırlıkları sırasıyla ASTM D 422⁽⁵⁾, ASTM D 4318⁽⁶⁾ ve ASTM D 854⁽⁷⁾ standartlarına göre elde edilmiştir. Deney sonuçları Tablo 1’de özetlenmiştir.



Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan kil ve kumun tane boyutu dağılım eğrileri

Ayrıca birleşik zemin sınıflama sistemine (ASTM D 2487)⁽⁸⁾ göre kumun ve kilin sınıfı sırasıyla SP ve CH olarak belirlenmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Çalışmada kullanılan kil ve kumun bazı fiziksel özellikleri

Özellik	Kil	Kum
Tanelerin % 10'nun en büyük çapı, D_{10} (mm)	-	≈ 0.15
Tanelerin % 30'nun en büyük çapı, D_{30} (mm)	-	≈ 0.28
Tanelerin % 60'ının en büyük çapı, D_{60} (mm)	-	≈ 0.42
Üniformluk katsayısı, C_u	-	2.8
Eğrilik katsayısı, C_c	-	1.24
Likit Limit, LL (%)	118	-
Plastik Limit, PL (%)	34	-
Özgül ağırlık, G_s	2.62	2.64
USCS sınıfı	CH	SP

2.2. Standart Proctor Deneyleri

Belirlenen kum-kil karışımlarının maksimum kuru birim hacim ağırlıkları ve optimum su içerikleri ASTM D 698⁽⁹⁾ standardına göre elde edilmiştir. Deneylerde önceden belirlenen kum/karışım oranlarına göre kuru kum ve kuru kil ağırlıkları tartılmıştır. Karışımlara daha sonra toplam kuru ağırlığın % 7'si civarında su eklenerek en az bir gün süre ile ağzı kapalı plastik torbalarda bekletilmişlerdir. Böylece flökülasyonun minimize edilmesi amaçlanmıştır. Daha sonra karışımların su içeriklerini kademeli olarak arttırarak standart Proctor kompaksiyon eğrileri elde edilmiştir.

2.3. Serbest Basınç (Tek Eksenli Basınç) Deneyleri

Standart Proctor kompaksiyon deneyleri sonucunda elde edilen maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su içeriklerini kullanarak serbest basınç deney numuneleri hazırlanmıştır. Serbest basınç deney numunelerini hazırlamak için bir sıkıştırma aparatı kullanılmıştır (Şekil 2.2). Serbest basınç deney numuneleri 100 mm yüksekliğinde ve 50 mm çapında ve 3 tabaka halinde dinamik kompaksiyonla sıkıştırma aparatında elde edilmiştir. Daha sonra, 50 mm çapında ve 100 mm boyunda hazırlanan kum-kil karışımlarının serbest basınç deneyleri ASTM D 2166⁽¹⁰⁾ standardına göre 0.5 mm/dk yükleme hızı altında deformasyon kontrollü olarak yürütülmüştür (Şekil 2.3). Hazırlanan numuneler 24 saat bekletildikten sonra serbest basınç deneyine tabi tutulmuşlardır. Karışımların serbest basınçları ile eksenel birim deformasyonları arasındaki ilişkiler ve maksimum serbest basınç dayanımları elde edilmiştir.



Şekil 2.2. Sıkıştırma aparatı



Şekil 2.3. Serbest basınç deney düzeneği

2.4. Direkt Çekme Deney Düzeneği

Hazırlanan numunelerin direkt çekme dayanımlarını saptayabilmek için hazırlanan direkt çekme deney düzeneği iki kısımdan oluşmaktadır.

Birinci kısım, deneyde kullanılacak numunenin uygun forma getirilmesi için hazırlanan sıkıştırma kalıbı ve tıraşlama plakalarından oluşmaktadır.

(Ek 1 - Ek 11)

İkinci kısım ise, yatay ekseninde biri sabit, diğeri motor (Ek 12) ve hız kontrol cihazı (Ek 13) yardımıyla bir ray üzerinde sabit hızda hareket eden iki kalıptan oluşmaktadır. Hazırlanan numune, bu kalıplara yerleştirilerek direkt çekme kuvveti uygulanmakta ve yük halkası (Ek 14) yardımıyla direkt çekme gerilmeleri ölçülmüştür. Şekil 2.4'de düzeneğin tamamı görülmektedir.



Şekil 2.4. Direkt çekme deney düzeneği

Şekil 2.5'deki gibi birleştirilen sıkıştırma kalıbının üzerine Ek 5'deki yaka aparatı da takıldıktan sonra hazırlanan kum-kil karışımı 7 eşit tabaka halinde kalıp içerisine yerleştirilerek ve her bir tabaka tokmak yardımı ile arzu edilen Proctor sıklığına gelene kadar sıkıştırılmıştır (Şekil 2.6). Tokmak üzerindeki işaretler yardımıyla sıkıştırılan tabakanın istenilen sıklığa (maksimum kuru birim hacim ağırlık) ulaşmış olup olmadığı kontrol edilmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.5. Sıkıştırma kalıbı



Şekil 2.6. Tokmaktama ile kalıp içerisindeki zeminin sıkıştırılması işlemi



Şekil 2.7. Tabaka kalınlığının kontrol edilmesi

İstenilen sıklığına gelen yüzey, tırmıklanarak pürüzlendirilmiş (Şekil 2.8) ve diğer tabaka kalıba konularak tokmaktama işlemi yinelenmiştir.



Şekil 2.8. Yüzey pürüzlendirme

Son tabaka sıkıştırıldıktan sonra, yaka montajı çıkartılarak kalıbın üzerindeki fazlalık tıraşlanmıştır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Birinci tıraşlama işlemi

Daha sonra, ön (1) plakası sökülerek (Şekil 2.10) yerine ön (2) plakası takılmıştır (Şekil 2.11).

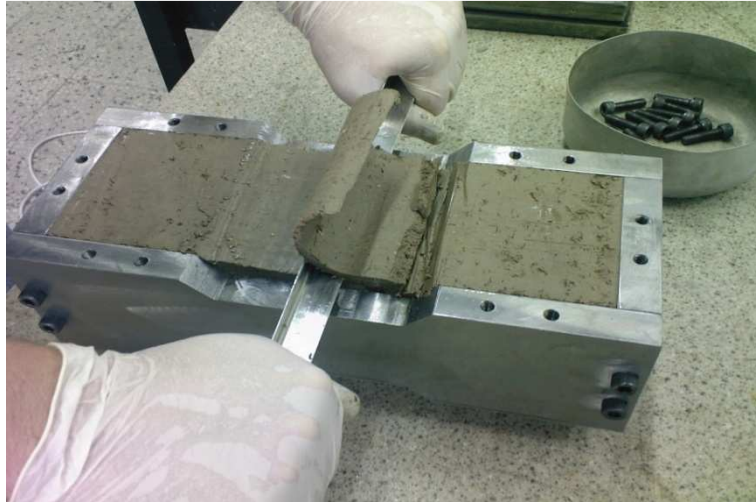


Şekil 2.10. Ön (1) plakası çıkartıldıktan sonra



Şekil 2.11. Ön (2) plakası takıldıktan sonra

Arka (1) plakası çıkartılarak yerine arka (2) plakası takıldıktan sonra, kalıbın üst yüzeyinde oluşan boşluk tıraşlanmıştır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. İkinci tıraşlama işlemi

Üst yüzey tıraşlandıktan sonra, kalıbın üzerine üst (1) plakası kapatılarak (Şekil 2.13) kalıp ters çevrilmiş ve alt plaka çıkartılarak üçüncü tıraşlama işlemi yapılmıştır (Şekil 2.14).



Şekil 2.13. Üst (1) plakası takılması işlemi



Şekil 2.14. Üçüncü tıraşlama sonrası

Daha sonra, kalıbın üstüne üst (2) plakası takılarak (Şekil 2.15) kalıp ters çevrilmiş ve üst (1) plakası çıkartılarak (Şekil 2.16), yerine üst (3) plakası takılmıştır (Şekil 2.17).



Şekil 2.15. Üst (2) plakasının takılması işlemi



Şekil 2.16. Üst (1) plakasının sökülmesi işlemi



Şekil 2.17. Üst (3) plakasının takılması işlemi

Kalıp yan çevrilerek ön (2) plakası çıkartılmış (Şekil 2.18) ve dördüncü tıraşlama işlemi yapılmıştır (Şekil 2.19).



Şekil 2.18. Ön (2) plakası çıkartıldıktan sonra



Şekil 2.19. Dördüncü tıraşlama sonrası

Dördüncü tıraşlama işlemi tamamlandıktan sonra, kalıbın üzerine üst (4) plakası kapatılarak (Şekil 2.20) üst (2) ve üst (3) plakaları döndürülmüştür (Şekil 2.21).



Şekil 2.20. Üst (4) plakası takılırken



Şekil 2.21. Üst (2) plakası döndürülmüş hali

Plakalar döndürüldükten sonra, arka (2) plakası çıkartılarak (Şekil 2.22) beşinci tıraşlama işlemi yapılmıştır (Şekil 2.23) ve deney numunesi kalıplardan çıkartılmıştır (Şekil 2.24).



Şekil 2.22. Arka(2) plakası çıkartıldıktan sonra



Şekil 2.23. Beşinci tıraşlama işlemi



Şekil 2.24. Tüm tıraşlama işlemlerinden sonra kalıplardan çıkartılan numune

Hazırlanan numune, bir askı sistemine yerleştirilerek (Şekil 2.25) direkt çekme deneyi sırasında kullanılacak alçıdan etkilenmemesi için baŐ kısımları parafine batırılmıŐtır. (Şekil 2.26)



Şekil 2.25. Askı sistemine yerleştirilen numune



Şekil 2.26. Parafinleme işlemi

Parafinleme işlemi tamamlandıktan sonra, numune çekme kalıplarına yerleştirilmiş (Şekil 2.27) ve kalıbın kenarlarındaki boşluklar alçı ile doldurularak kuruması beklenmiştir (Şekil 2.28).



Şekil 2.27. Çekme kalıbına yerleştirilmiş uçları parafinli numune



Şekil 2.28. Kenarlardaki boşlukların alçı ile doldurulması



Şekil 2.29. Boşluklar alçı ile doldurulduktan sonra

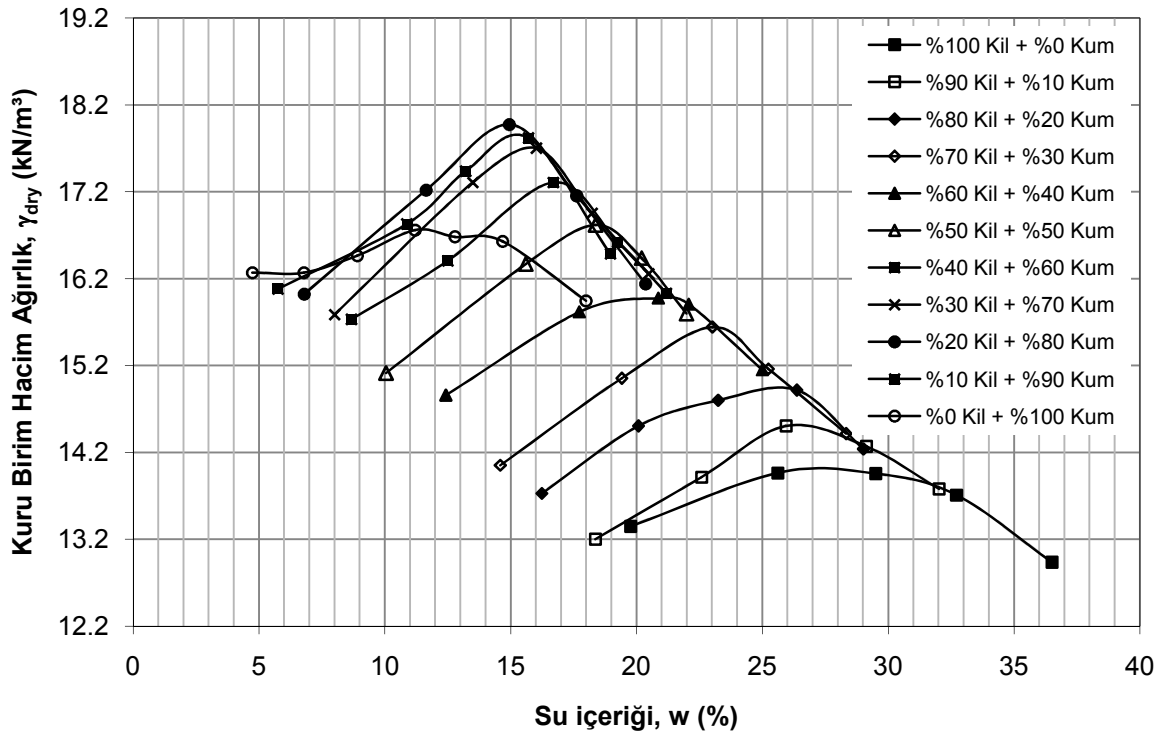
Alçı kuruduktan sonra, hareketli kalıp sabit bir hızla çekilerek birim deformasyon ve direkt çekme kuvvet değerleri 2/1000 hassasiyetteki saatlerle okunmuş ve numunenin direkt çekme dayanımı saptanmıştır. Şekil 2.30'da, numunenin kırıldıktan sonraki hali gösterilmiştir.



Şekil 2.30. Numunenin kırıldıktan sonraki hali

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Kum-kil karışımlarının standart Proctor kompaksiyon eğrileri Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Ayrıca bu eğrilerden yararlanarak elde edilen optimum su içerikler ve maksimum kuru birim hacim ağırlıklar Çizelge 3.1’de özetlenmiştir. Bu bölümde, yapılan standart Proctor deneylerinde elde edilen sonuçlar ışığında (maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevası) hazırlanan numuneler üzerinde gerçekleştirilen serbest basınç deneyleri ve direkt çekme deneylerinde ulaşılan sonuçlardan bahsedilecektir.

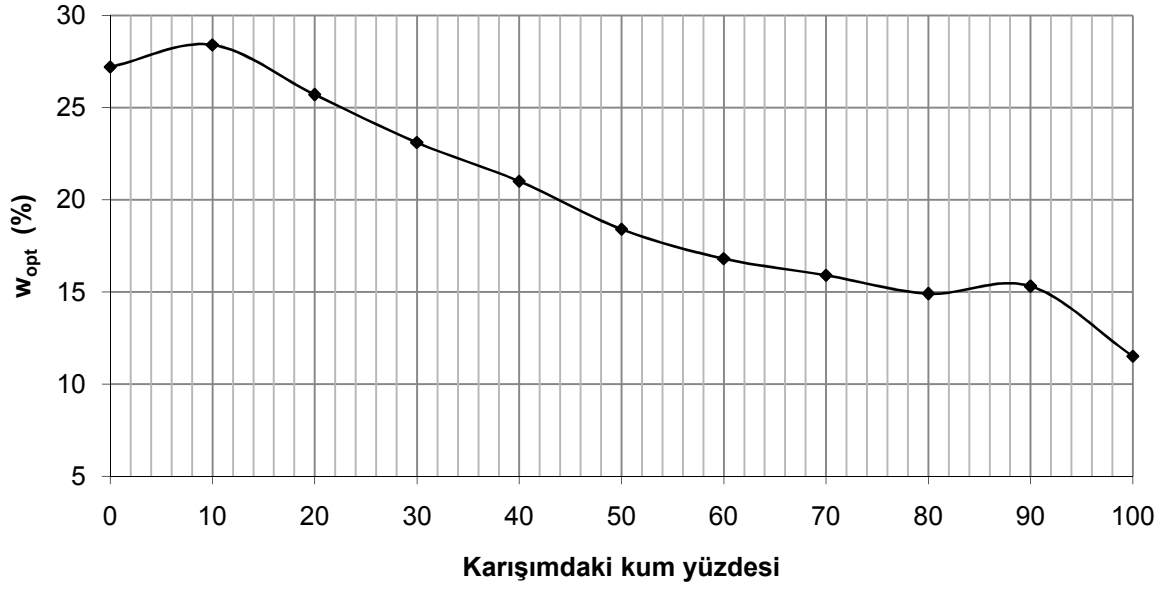


Şekil 3.1. Kum-kil karışımlarının standart Proctor kompaksiyon eğrileri

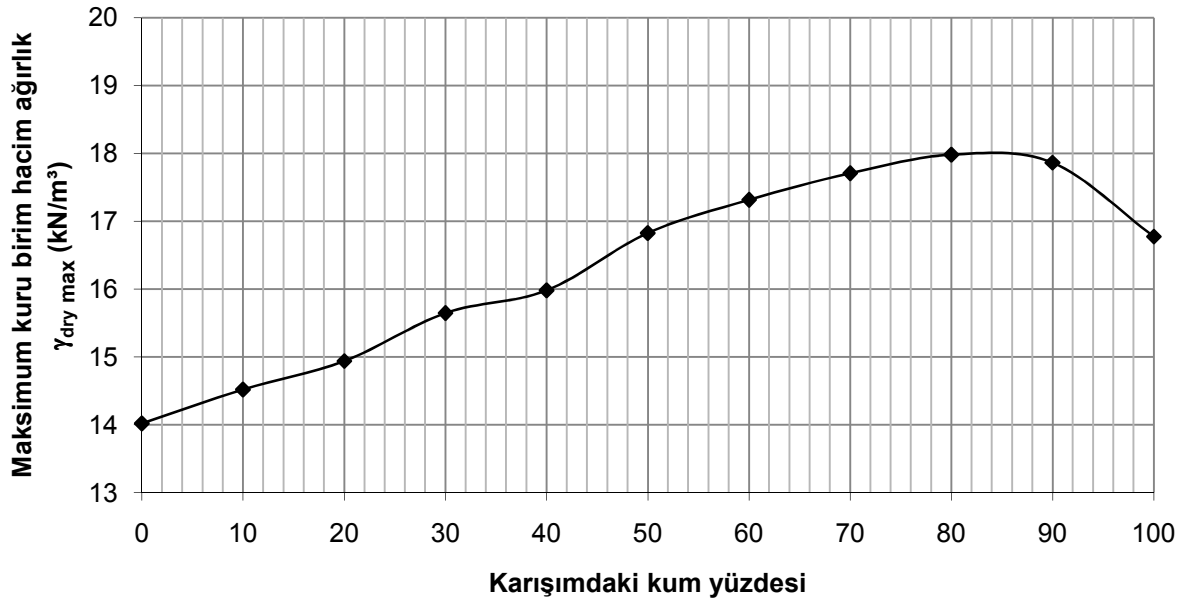
Çizelge 3.1. Kum–kil karışımlarının optimum su içerikleri ve maksimum kuru birim hacim ağırlıkları

Kum (%)	Kil (%)	G_s (ortalama)	W_{opt} (%)	$\gamma_{dry max.}$ (kN/m^3)
0	100	2.620	27.2	14.018
10	90	2.622	28.4	14.519
20	80	2.624	25.7	14.941
30	70	2.626	23.1	15.647
40	60	2.628	21.0	15.980
50	50	2.630	18.4	16.824
60	40	2.632	16.8	17.315
70	30	2.634	15.9	17.707
80	20	2.636	14.9	17.982
90	10	2.638	15.3	17.864
100	0	2.640	11.5	16.775

Diğer yandan karışımdaki kum oranı ile karışımın optimum su içerikleri ve maksimum kuru birim hacim ağırlıklarının değişimi sırasıyla Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Optimum su içeriğinin karışımdaki kum yüzdesi ile değişimi

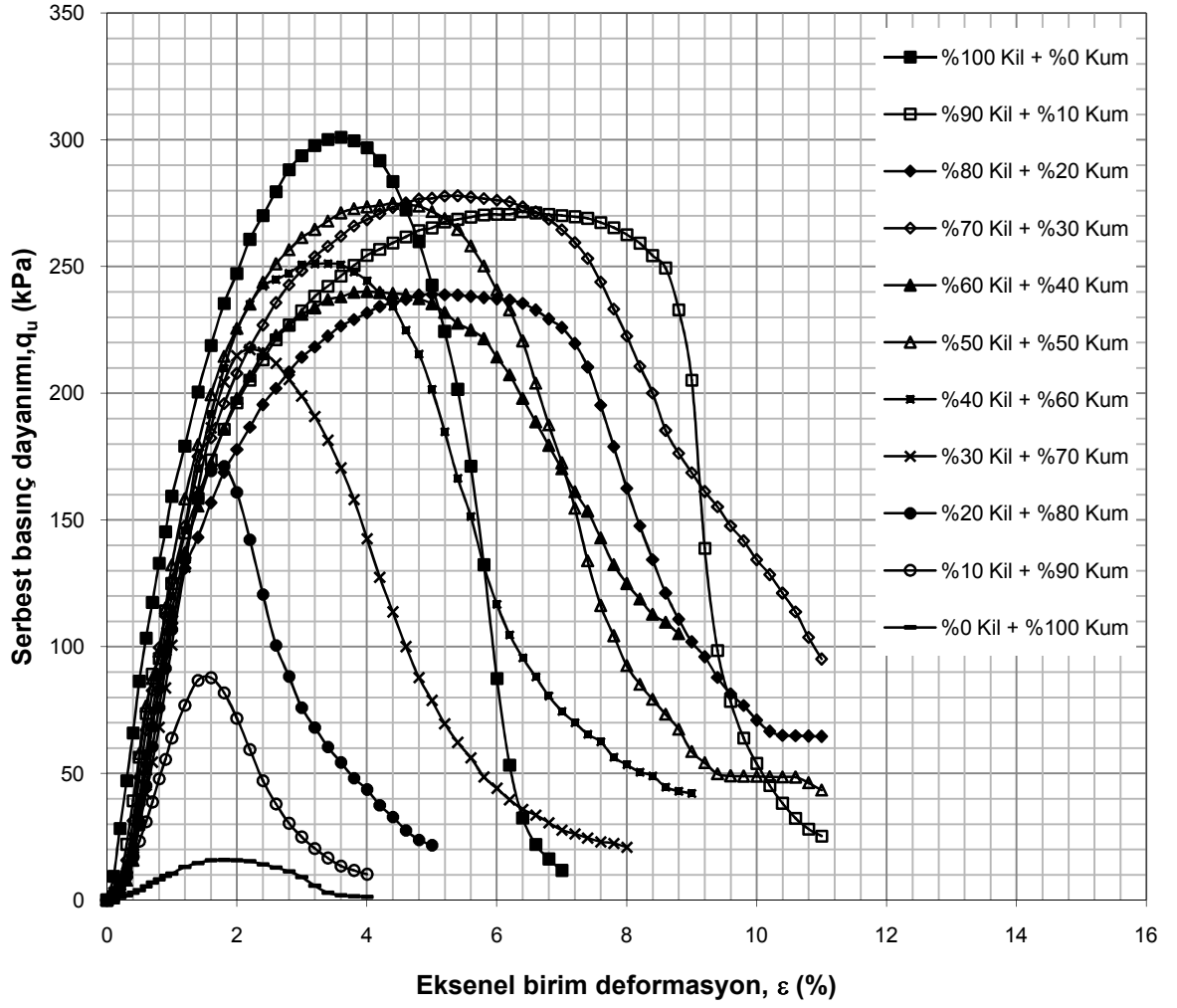


Şekil 3.3. Maksimum kuru birim hacim ağırlığın kum yüzdesi ile değişimi

Şekil 3.2 incelendiğinde karışımdaki kum oranı arttıkça karışımın optimum su içeriğinin azalmakta olduğu görülmektedir. Diğer yandan Şekil 3.3'e göre karışımdaki kum içeriği arttıkça karışımın maksimum kuru birim hacim ağırlığı artmaktadır. Karışımdaki kum içeriği % 80 ila % 90 aralığına ulaştığında ise en yüksek maksimum kuru birim hacim ağırlığına ulaşılmaktadır.

3.1. Serbest Basınç Deney Sonuçları

Kum-kil karışımlarının maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevasında hazırlanan 50 mm çapında ve 100 mm boyundaki silindirik numuneleri üzerinde yürütülen serbest basınç deneylerinden elde edilen serbest basınç dayanımı değerlerinin aksel birim deformasyonla değişimi Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Karışımların maksimum serbest basınç dayanımları ve bu dayanımların gözlemlendiği aksel birim deformasyon değerleri Çizelge 3.2'de özetlenmiştir.

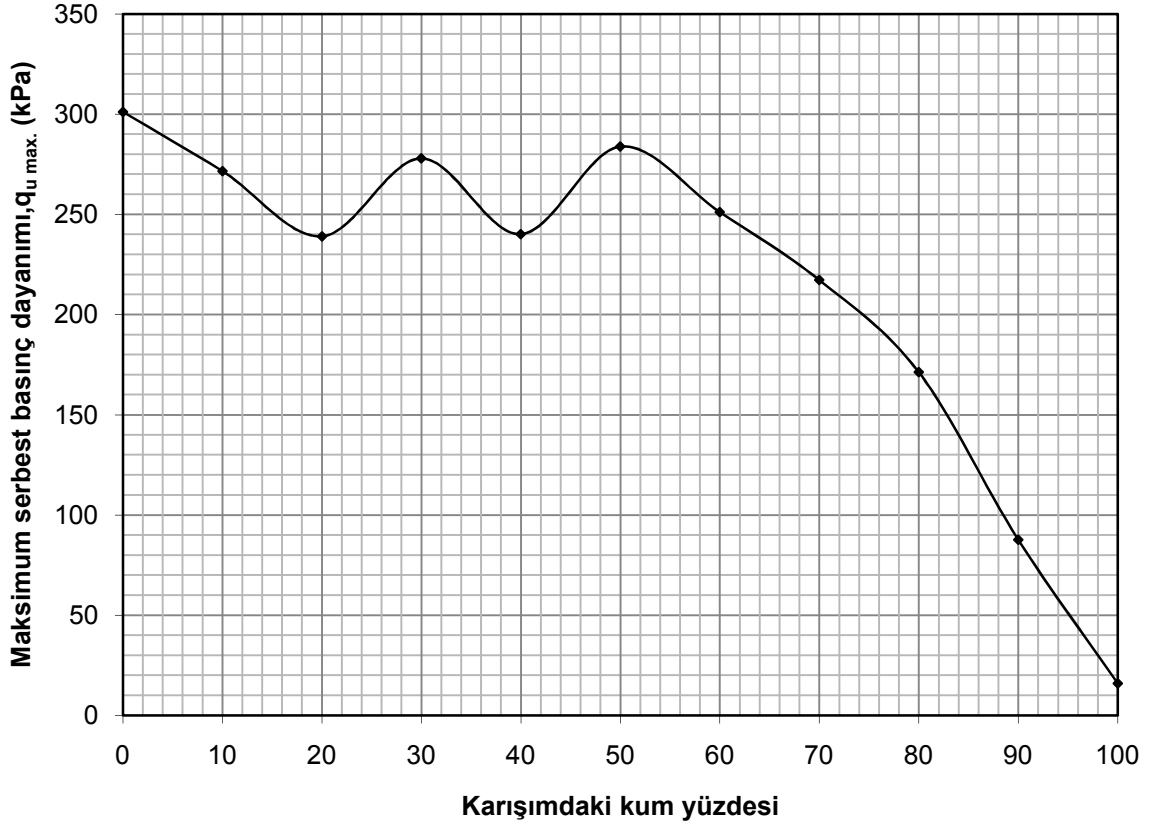


Şekil 3.4. Karışımların serbest basınç dayanımlarının aksel birim deformasyonla değişimi

Çizelge 3.2. Karışımların maksimum serbest basınç dayanımları ve bu dayanımların gözleendiği aksel birim deformasyon değeri

Kum (%)	Kil (%)	$q_{u \max.}$ (kPa)	$\varepsilon_{\max.}$ (%)
0	100	301.1	3.6
10	90	271.6	6.4
20	80	239	5.0
30	70	277.9	5.4
40	60	240.1	4.0
50	50	274.9	4.4
60	40	251.2	3.4
70	30	217.3	2.2
80	20	171.3	1.8
90	10	87.7	1.6
100	0	15.9	1.8

Karışımdaki kum oranı ile maksimum serbest basınç dayanımlarının değışimi Şekil 3.5'de gösterilmiştir.

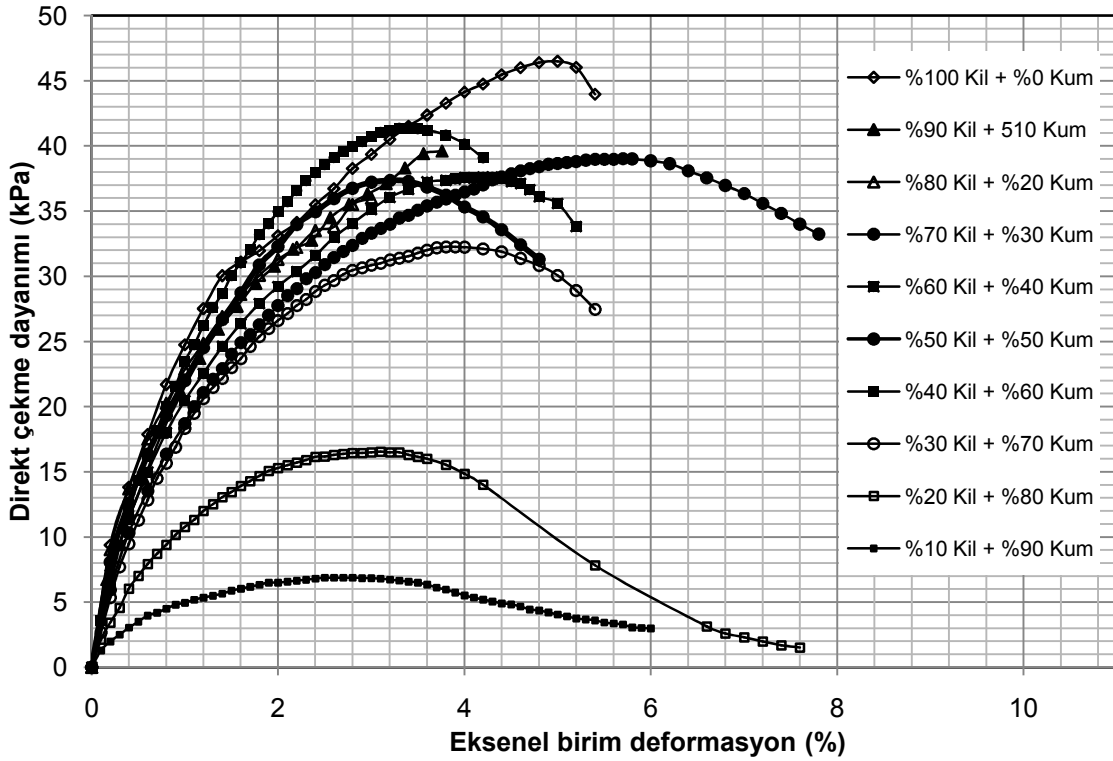


Şekil 3.5. Maksimum serbest basınç dayanımlarının karışımdaki kum oranı ile değişimi

Şekil 3.5 incelendiğinde en yüksek serbest basınç dayanımı, karışımdaki kum oranı % 0 seviyesindeyken (yani % 100 kil için) ve en düşük serbest basınç dayanımı ise karışımdaki kum oranı % 100 (yani % 0 kil) içeriklerinde oluşmaktadır. Karışımdaki kum içeriğinin % 50 den fazla olması durumunda maksimum serbest basınç dayanımının dramatik olarak düştüğü görülmektedir. Diğer yandan kum içeriğinin % 0 ila % 50 aralığında olmasının maksimum serbest basınç dayanımı üzerine olan etkisi oldukça sınırlıdır.

3.2. Direkt Çekme Deney Sonuçları

Kum-kil karışımlarının maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevasında hazırlanan ve 100 x 100 x 300 mm boyutlarındaki dikdörtgen kalıp içerisine toplam 7 tabakada sıkıştırılan ve tıraşlama işlemi bitirdikten sonra 100 mm boyunda ve 70 mm × 70 mm en kesit alanına sahip numuneler üzerinde yürütülen direkt çekme deneylerinden elde edilen direkt çekme dayanımlarının aksel birim deformasyonla değişimi Şekil 3.6'da gösterilmiştir. % 100 kum kendi kendini tutamadığı için deney aparatına bağlanamamıştır. Dolayısıyla % 100 kum için direkt çekme deneyi yapılamamıştır.

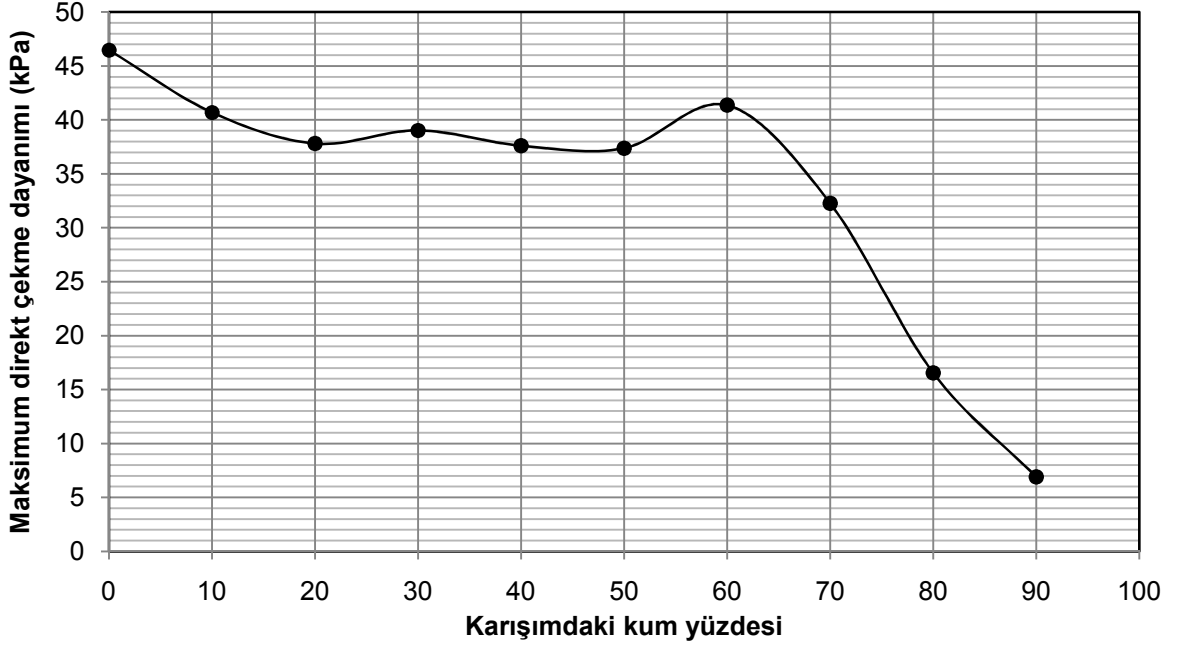


Şekil 3.6. Kum-kil karışımlarının direkt çekme dayanımlarının aksel birim deformasyonla değişimi

Karışımların maksimum direkt çekme dayanımları ve bu dayanımların gözlendiği aksenal birim deformasyon değerleri Çizelge 3.3'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.3. Karışımların maksimum direkt çekme dayanımları ve bu dayanımların gözlendiği aksenal birim deformasyon değerleri

Kum (%)	Kil (%)	Maksimum direkt çekme dayanımı (kPa)	ϵ_{max} (%)
0	100	46.49	5.0
10	90	40.70	4.6
20	80	37.80	3.8
30	70	39.04	5.7
40	60	37.60	4.3
50	50	37.37	3.2
60	40	41.36	3.4
70	30	32.26	3.9
80	20	16.54	3.1
90	10	6.89	2.8
100	0	-	-

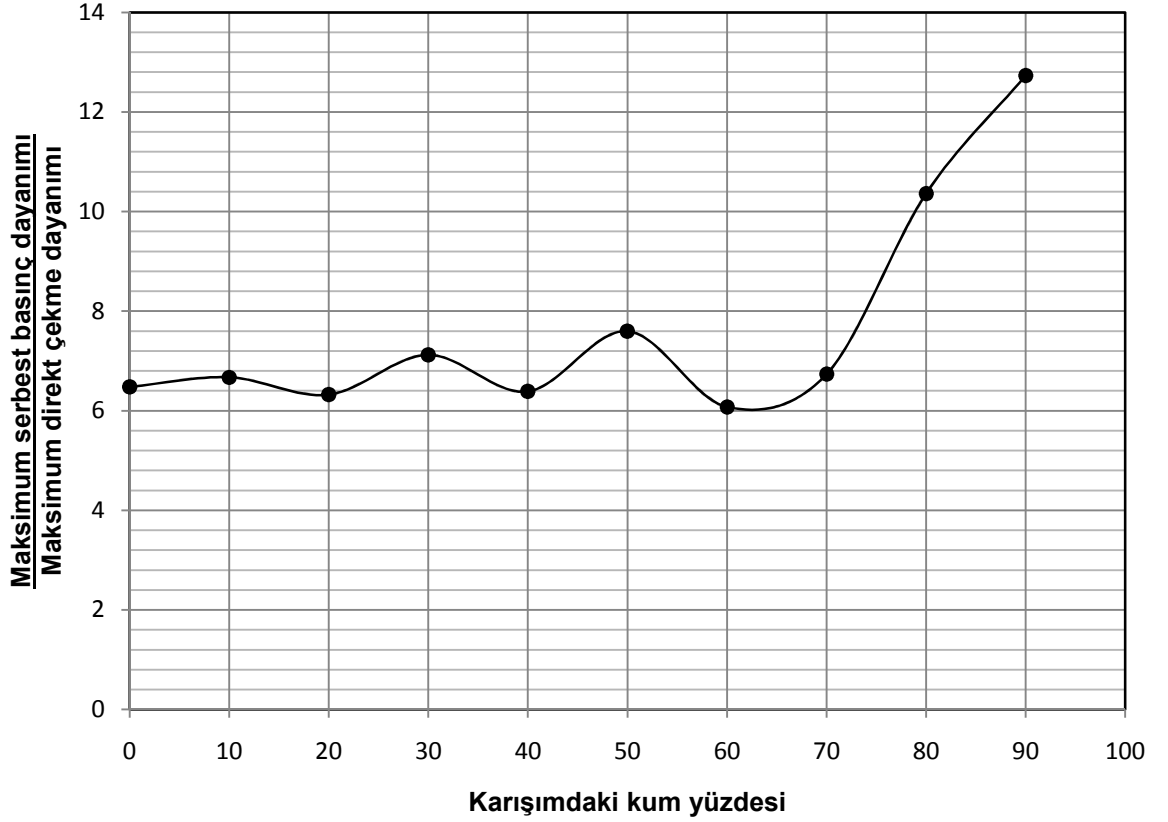


Şekil 3.7. Karışımdaki maksimum direkt çekme dayanımlarının kum oranı ile değişimi

Karışımdaki kum oranı ile maksimum direkt çekme dayanımlarının değişimi Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Karışımdaki kum oranının artması ile maksimum direkt çekme dayanımı azalma eğilimi göstermektedir. Maksimum serbest basınç değerlerinin kum içeriği ile olan ilişkisine benzer olarak, karışımdaki kum içeriğinin % 60 dan fazla olması durumunda maksimum direkt çekme dayanımı önemli derecede ve ani azalma eğilimindedir. Diğer yandan karışımdaki kum içeriğinin % 0 ila % 60 aralığında olması durumunda kum içeriği artarken maksimum direkt çekme dayanımı çok az değişmektedir.

3.3. Serbest Basınç Dayanımı ile Direkt Çekme Dayanımlarının İlişkilendirilmesi

Karışımındaki kum oranının değişimi ile maksimum serbest basınç dayanımının maksimum direkt çekme dayanımına olan oranı arasındaki ilişki Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Maksimum serbest basınç dayanımının maksimum direkt çekme dayanımına olan oranının karışımındaki kum yüzdesi ile değişimi

Karışımındaki kum oranı % 0 ila % 70 aralığında iken karışımların maksimum serbest basınç dayanımının direkt çekme dayanımına oranı dar bir bantta (yaklaşık 6-7 kat civarında) değişmektedir. Fakat karışımındaki kum oranı % 70'den % 90'a çıkarken, maksimum serbest basınç dayanımının direkt çekme dayanımına oranı 7 kat düzeylerinden 13 kat düzeyine çıkmaktadır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

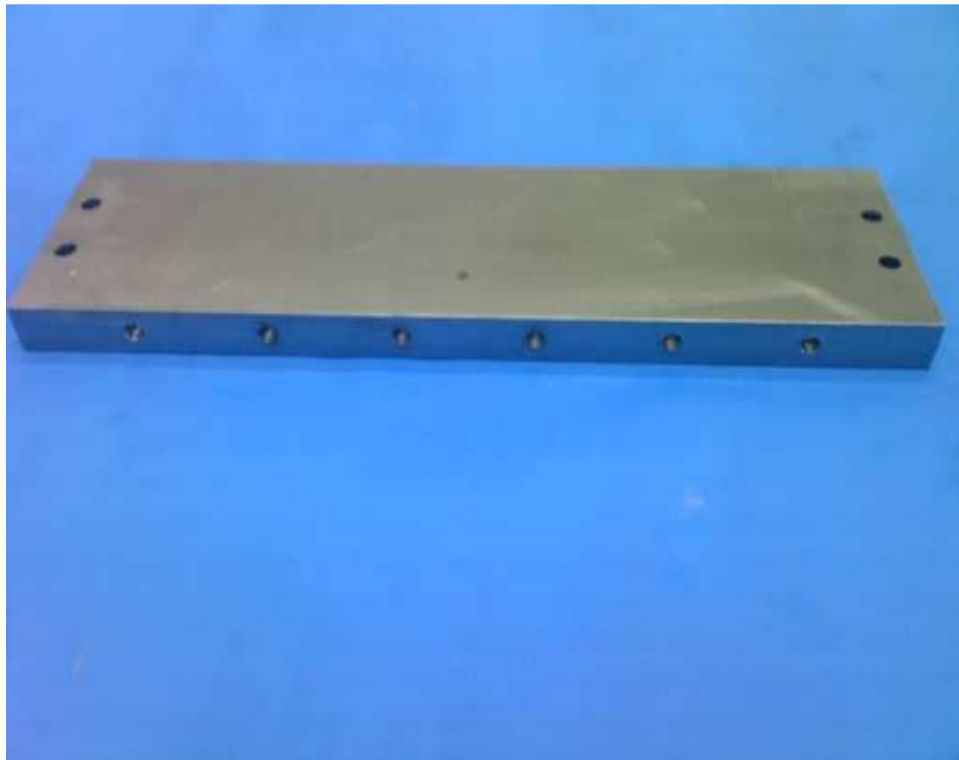
Deney sonuçlarına göre karışımdaki kum oranının artmasıyla maksimum kuru birim hacim ağırlık artma eğilimi gösterirken, optimum su içeriği azalma eğilimi göstermektedir. Karışımdaki kum oranının % 0 ila yaklaşık % 50 - % 60 aralığında değişmesi durumunda maksimum serbest basınç dayanımı ve maksimum direkt çekme dayanımı ihmal edilebilir düzeyde azalma eğilimi sergilemektedir. Diğer yandan karışımdaki kum içeriği yaklaşık % 50-% 60 den daha fazla olması durumunda hem maksimum serbest basınç dayanımı hem de maksimum direkt çekme dayanımı dramatik olarak azalma eğilimi göstermektedir. Karışımların maksimum serbest basınç dayanımının direkt çekme dayanımına oranı irdelendiğinde ise iki belirgin ilişki görülmüştür. Kum oranı % 0 ila % 70 aralığında iken karışımların maksimum serbest basınç dayanımının direkt çekme dayanımına oranı dar bir bantta (yaklaşık 6-7 kat civarında) değişmektedir. Fakat karışımdaki kum oranı % 70'den % 90'a çıkarken, maksimum serbest basınç dayanımının direkt çekme dayanımına oranı 7 kat düzeylerinden 13 kat düzeyine çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

1. A. V. G. Krishnayya, Z. Eisesnstein and N. Morgenstern, Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers, **100**, 1051(1974).
2. T. Kim and C. Hwang, Engineering Geology, **69**, 233(2003).
3. A. Ajaz and R. H. G. Parry, Geotechniques, **25**, 495(1975).
4. A. Ajaz, Geotechnique, **30**, 67(1980).
5. ASTM D 422-63, "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, pp. 1-8 (2002).
6. ASTM D 4318-00, "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, pp. 1-14 (2002).
7. ASTM D 854-02, "Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, pp. 1-7 (2002).
8. ASTM D 2487-00, "Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, pp. 1-12 (2002).
9. ASTM D 698-00a, "Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³(600 kN-m/m³))", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, pp. 1-7 (2002).

10. ASTM D 2166-00, "Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil", Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, pp. 1-6 (2002).

EK-1 Alt Plaka



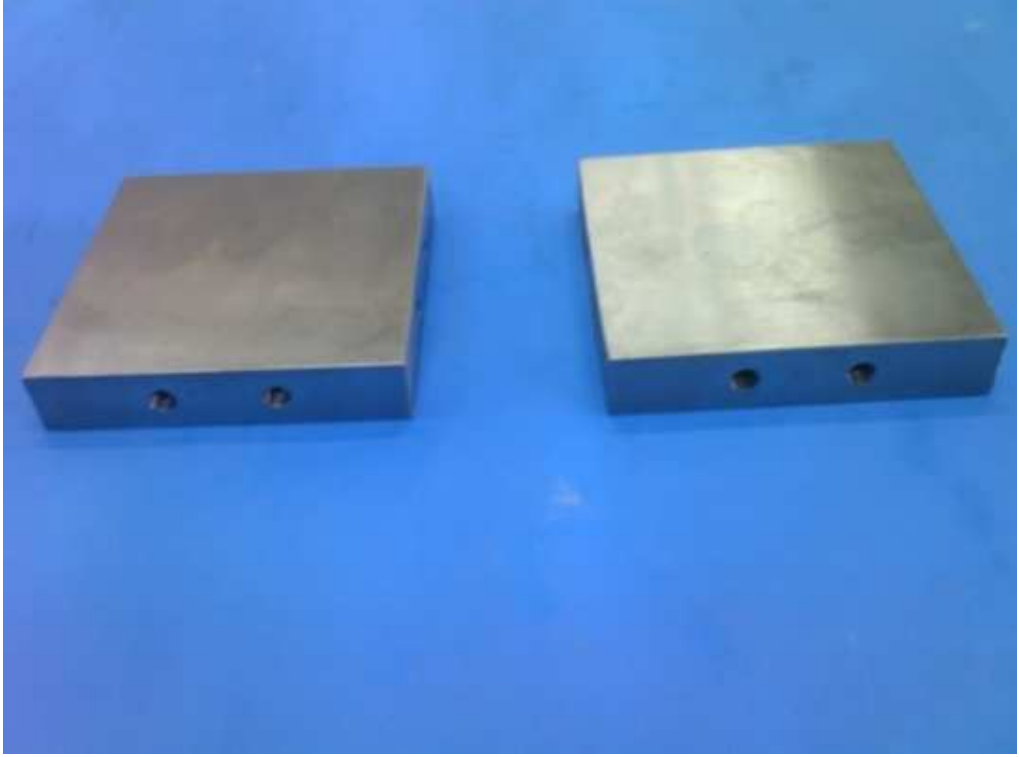
EK-2 Ön (1) Plakası



EK-3 Arka (1) Plakası



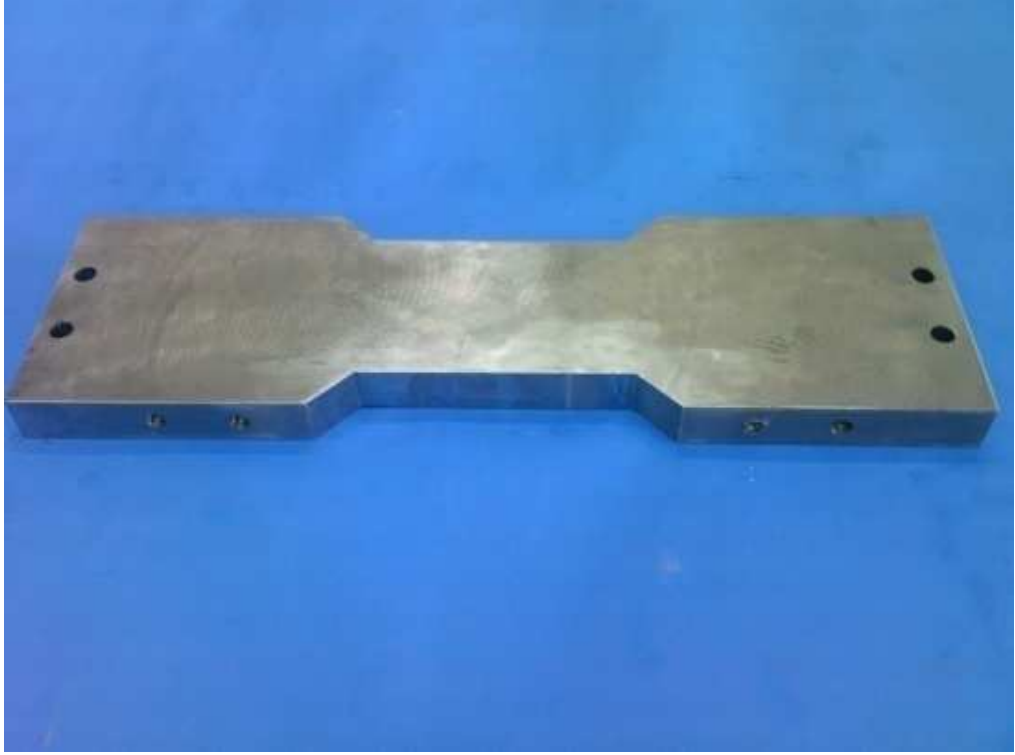
EK-4 Yan Plakalar



EK-5 Yaka Aparatı



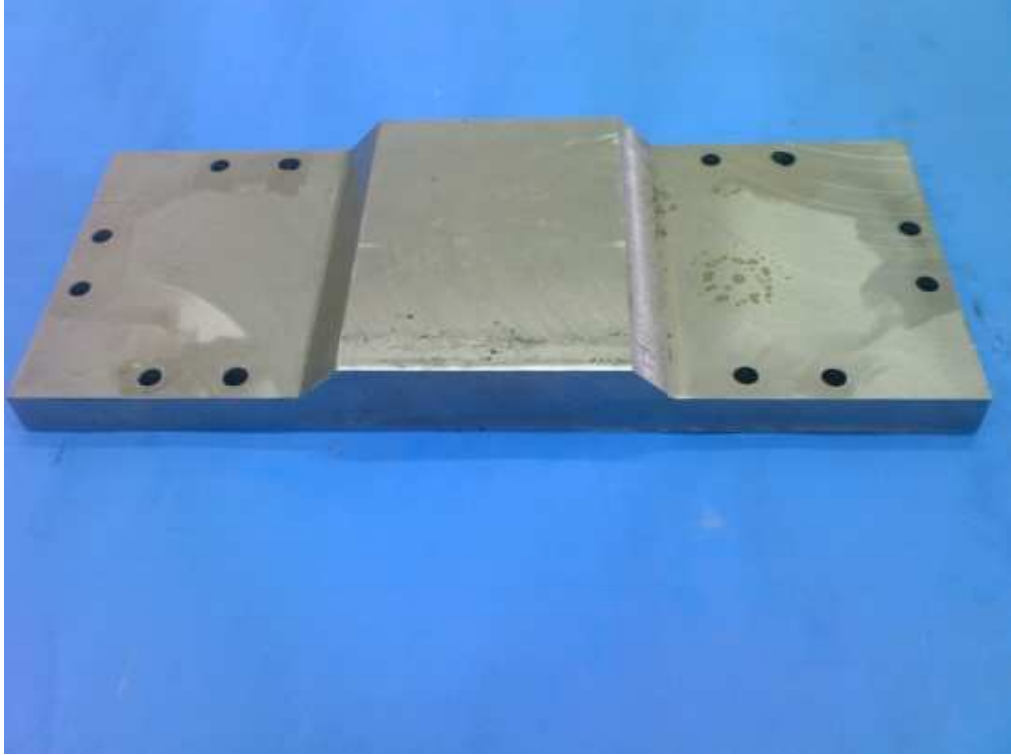
EK-6 Ön (2) Plakası



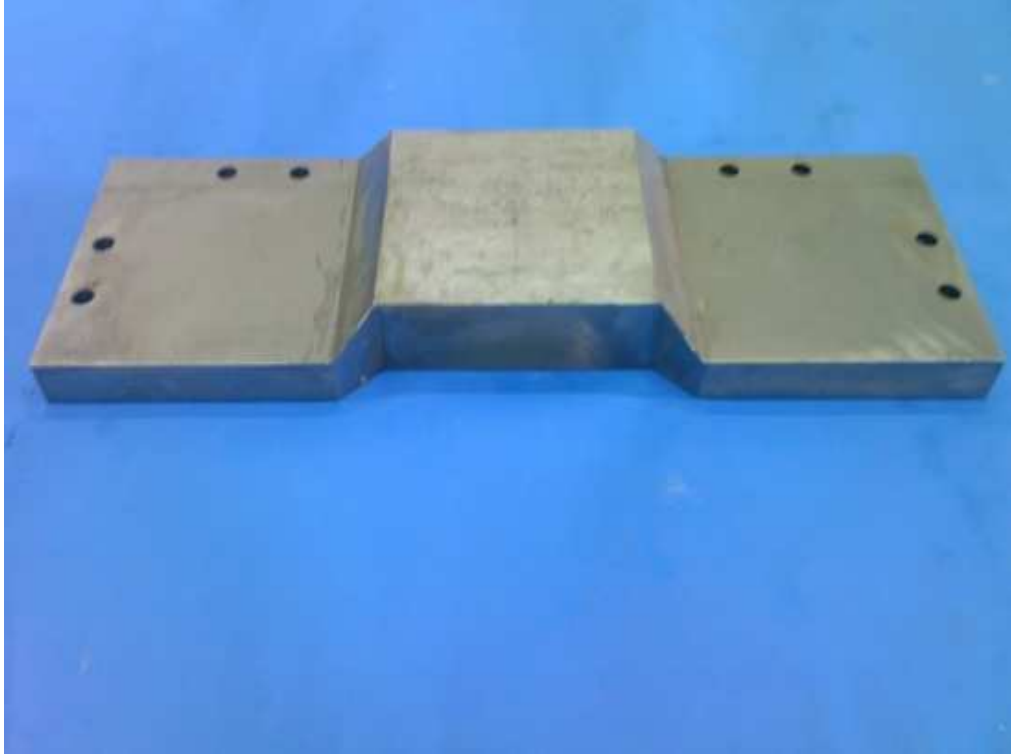
EK-7 Arka (2) Plakası



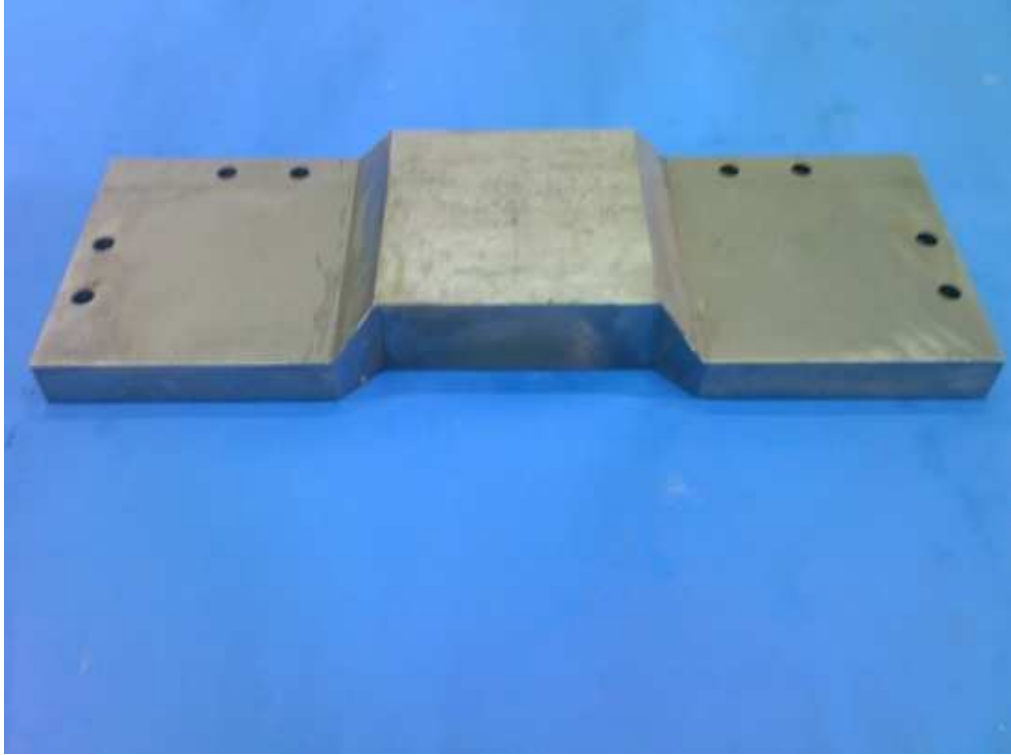
EK-8 Üst (1) Plakası



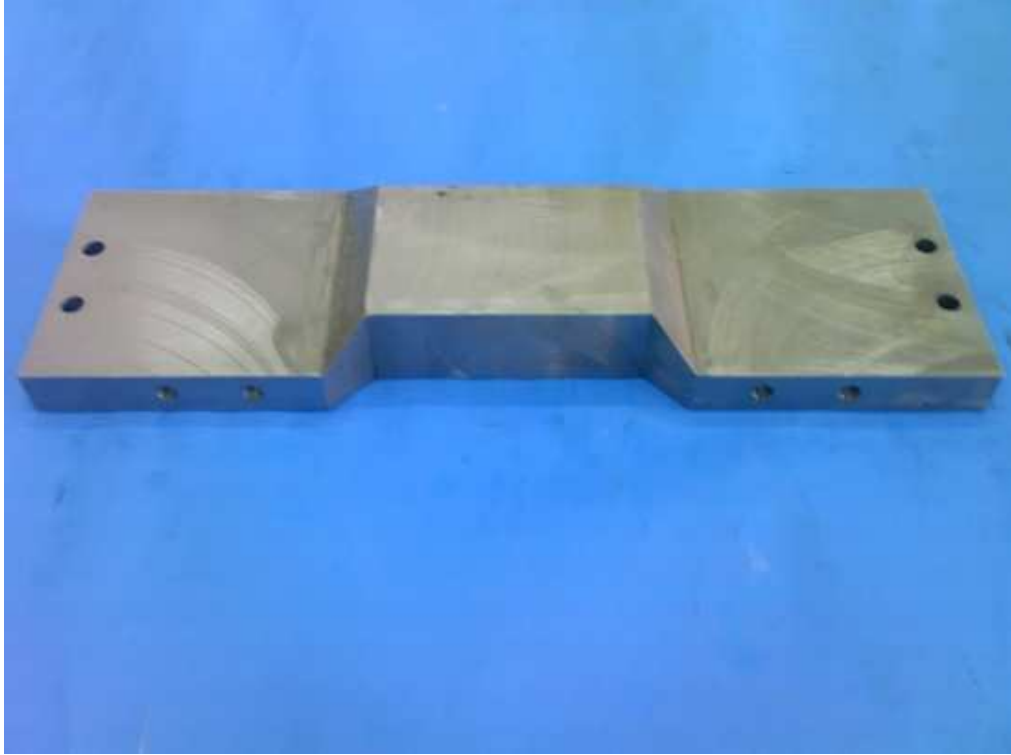
EK-9 Üst (2) Plakası



EK-10 Üst (3) Plakası



EK-11 Üst (4) Plakası



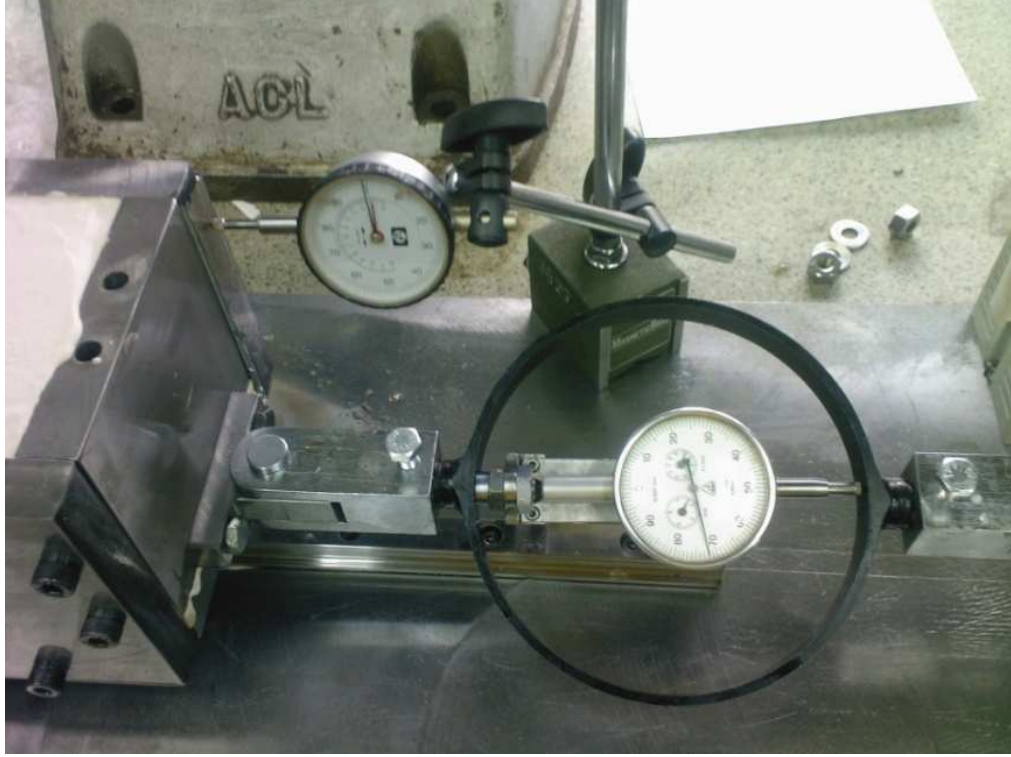
EK-12 380 Volt Motor ve Redüktörler



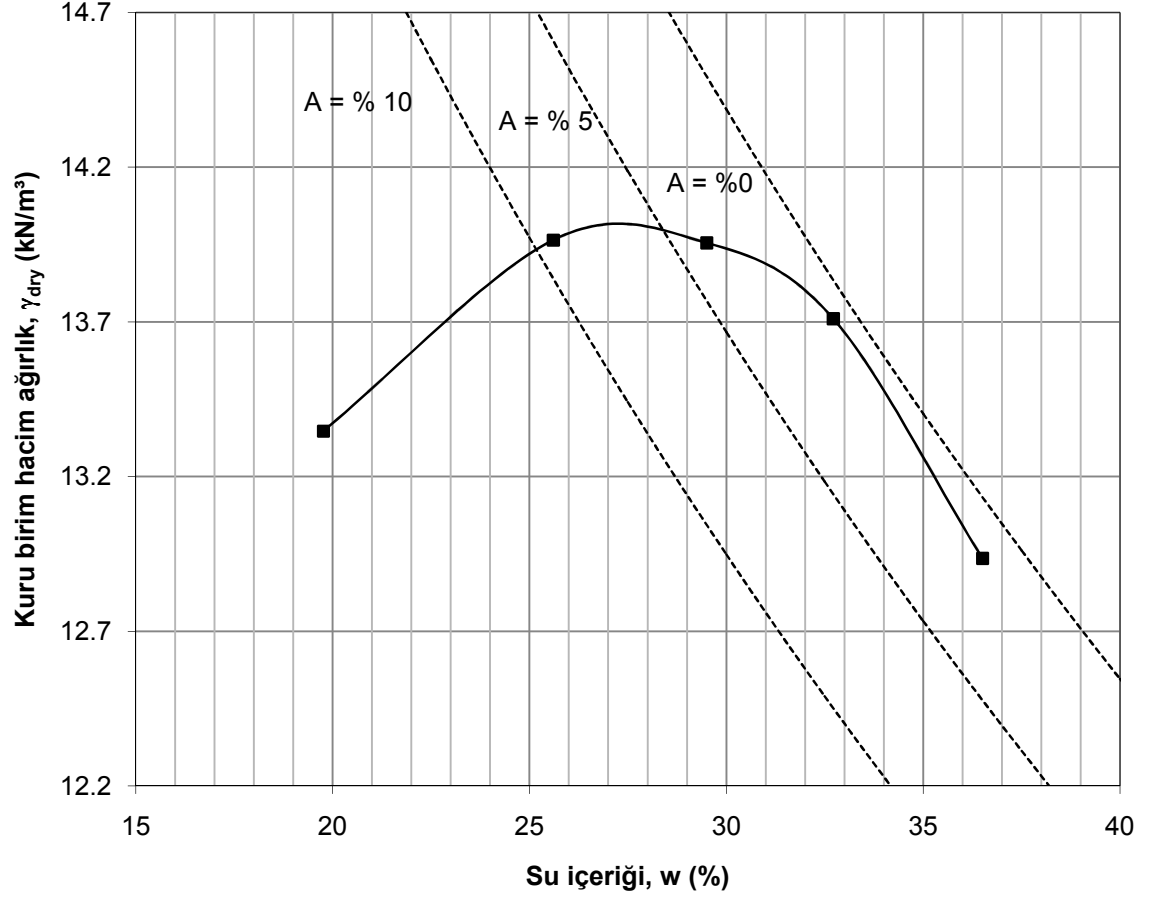
EK-13 Hız Kontrol Cihazı



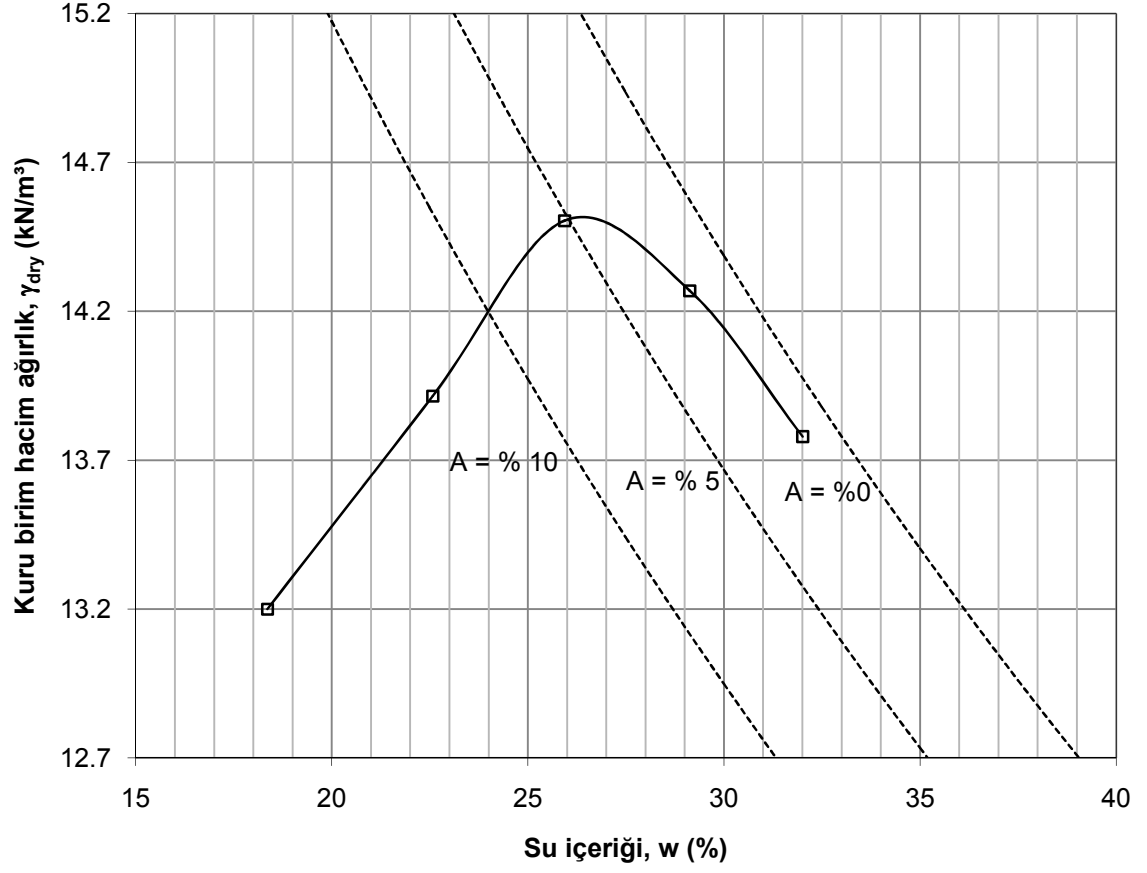
EK-14 Yk Halkası ve Deformasyon Saati



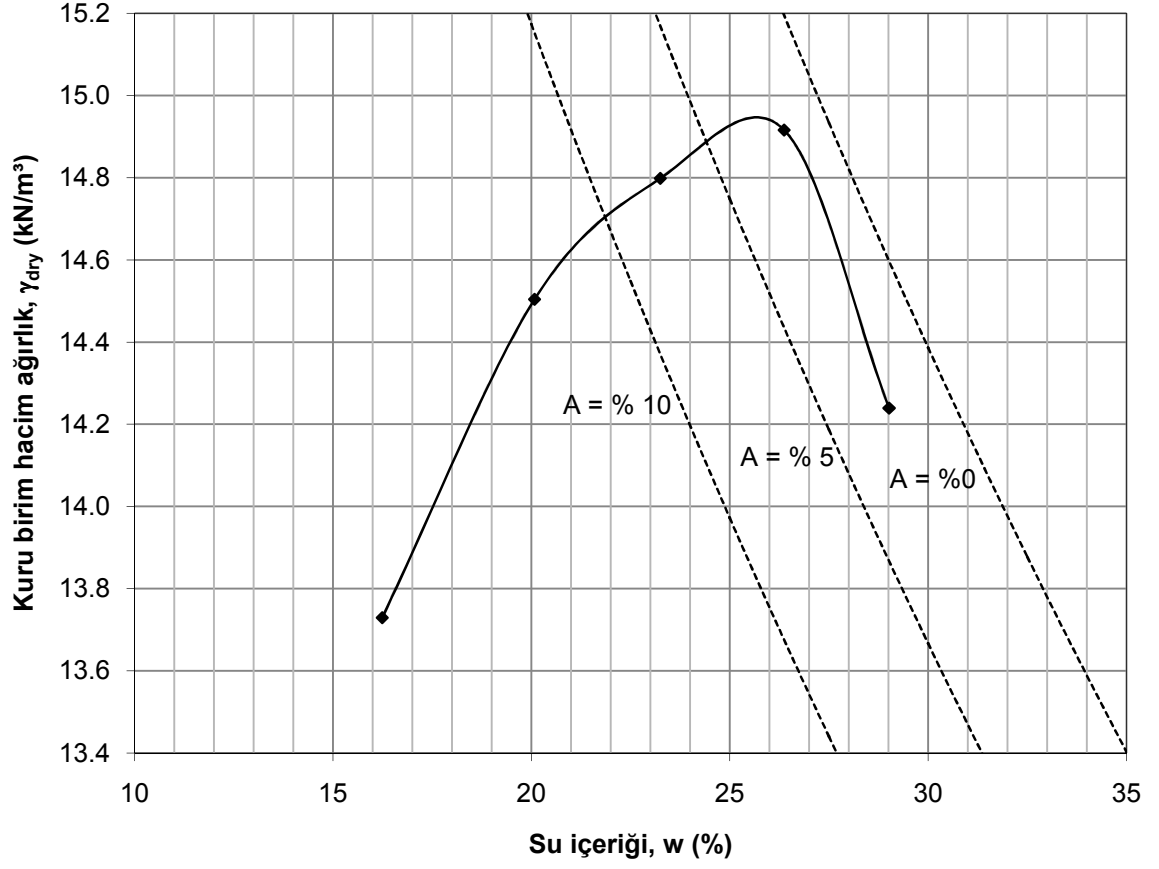
EK-15 % 100 Kilin Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi



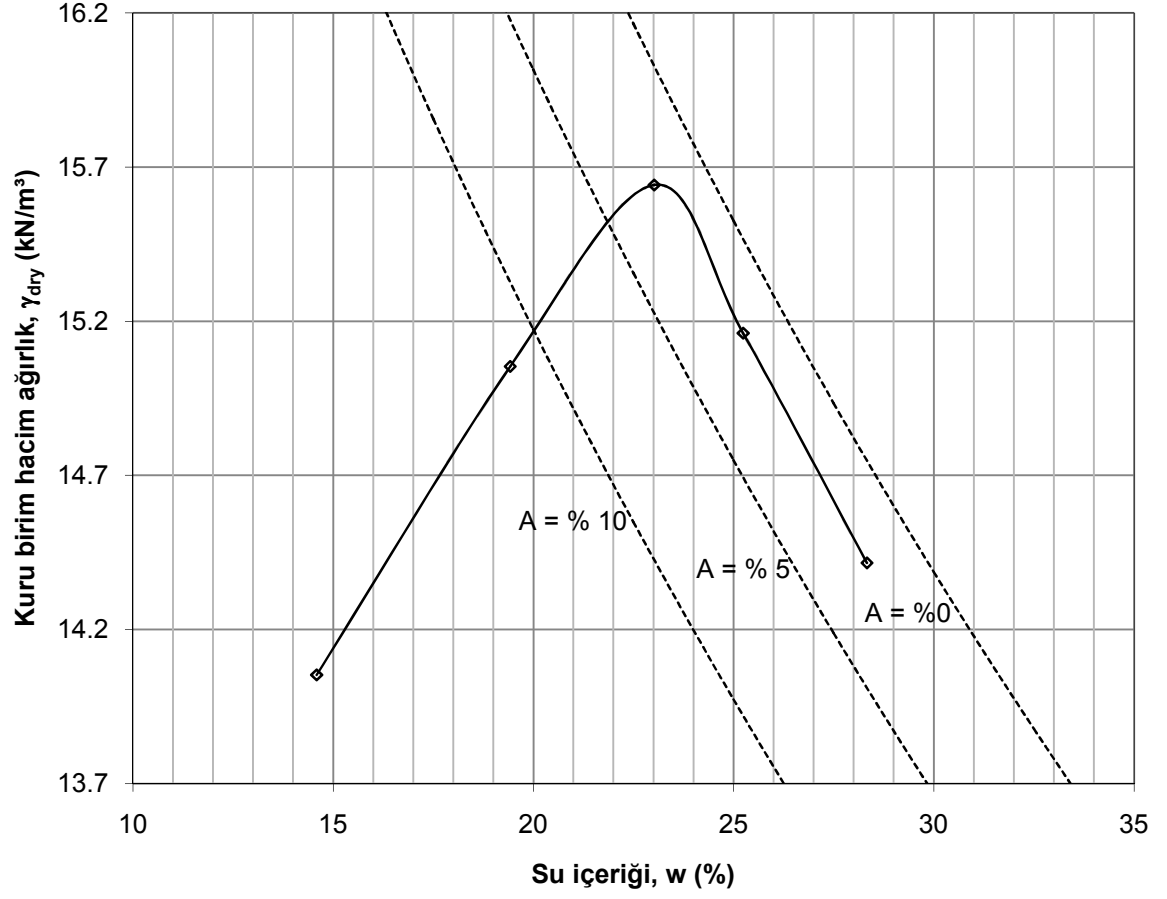
EK-16 % 90 Kil + % 10 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi



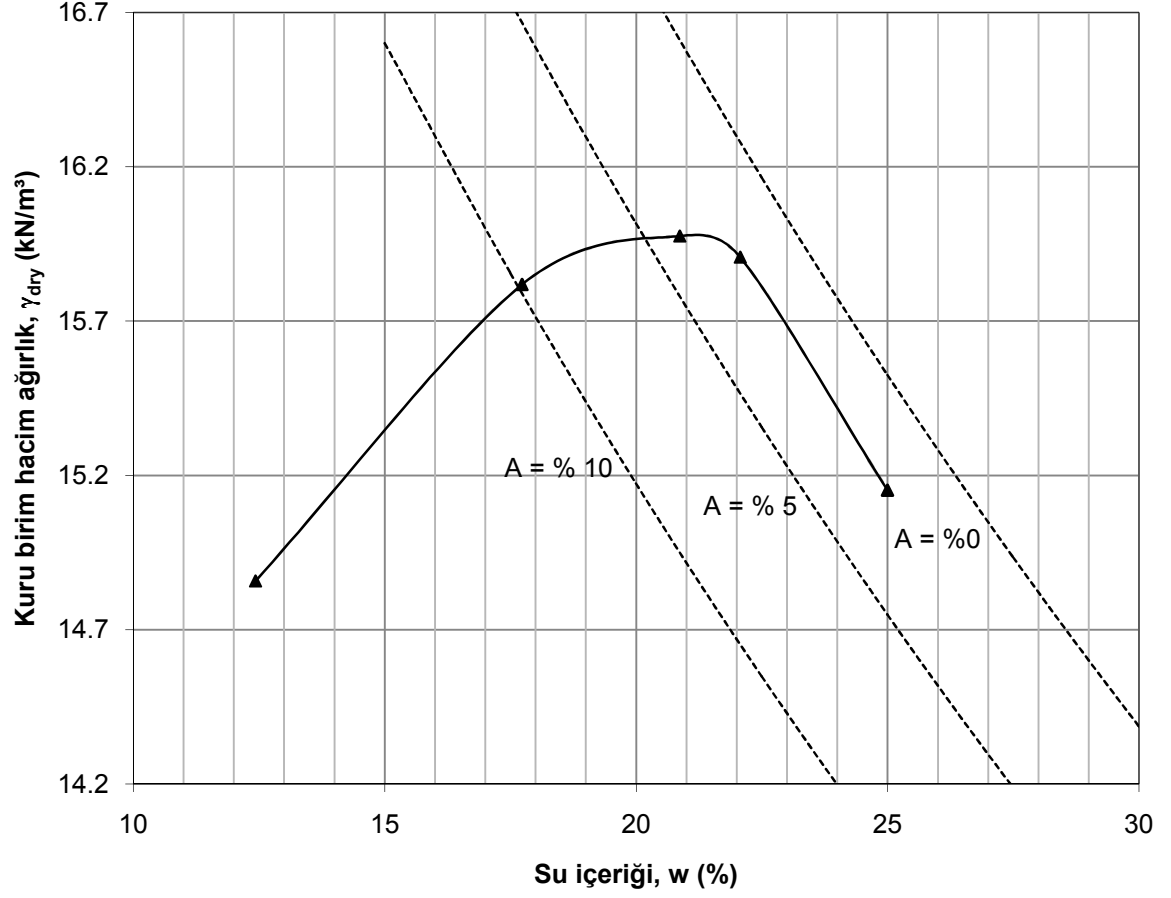
EK-17 % 80 Kil + % 20 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi



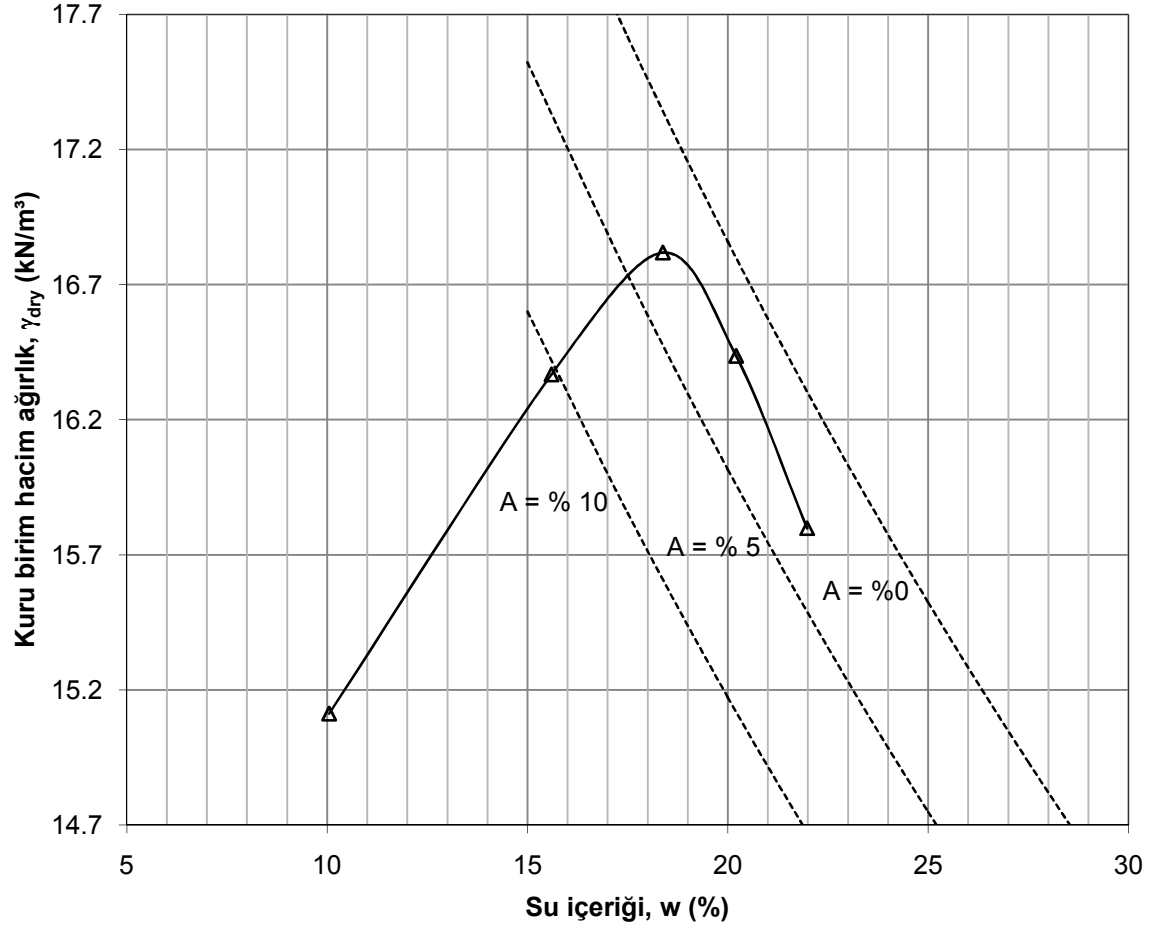
EK-18 % 70 Kil + % 30 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi



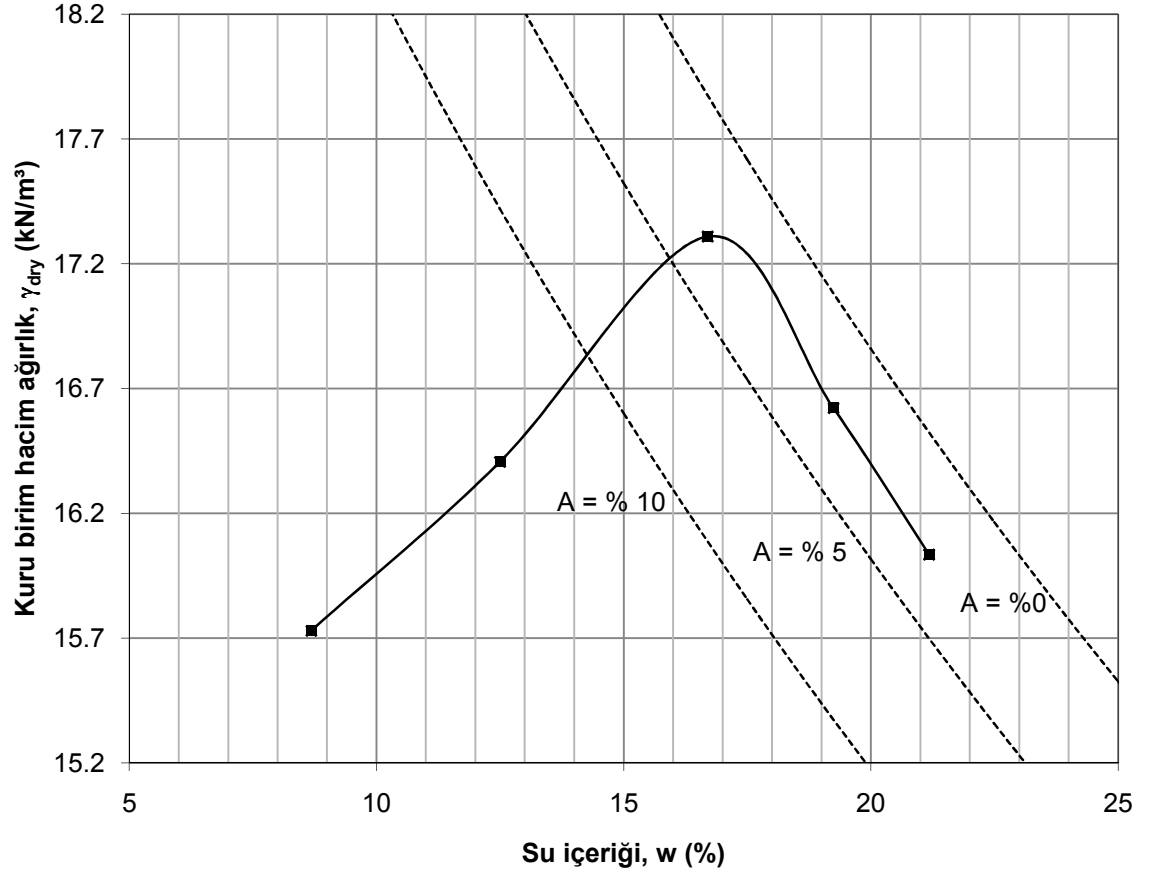
EK-19 % 60 Kil + % 40 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi



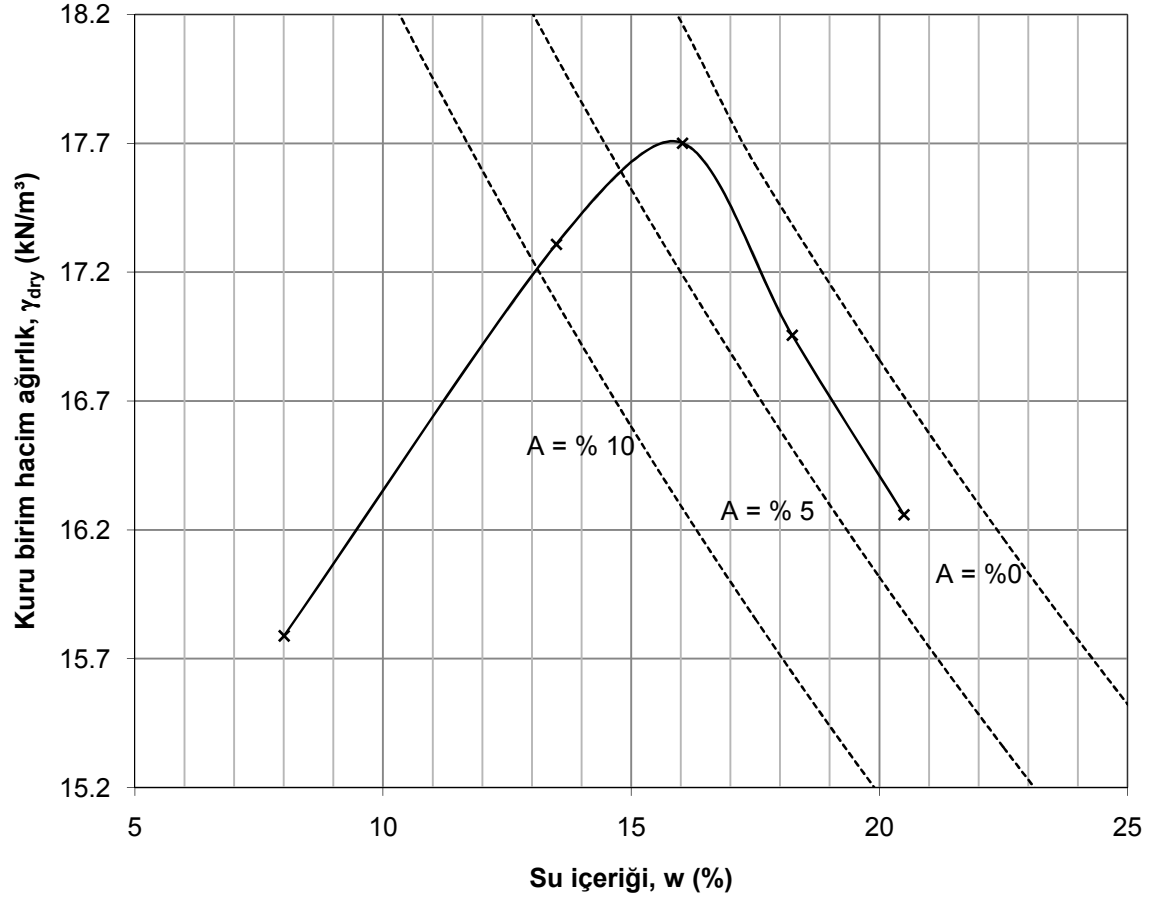
EK-20 % 50 Kil + % 50 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi



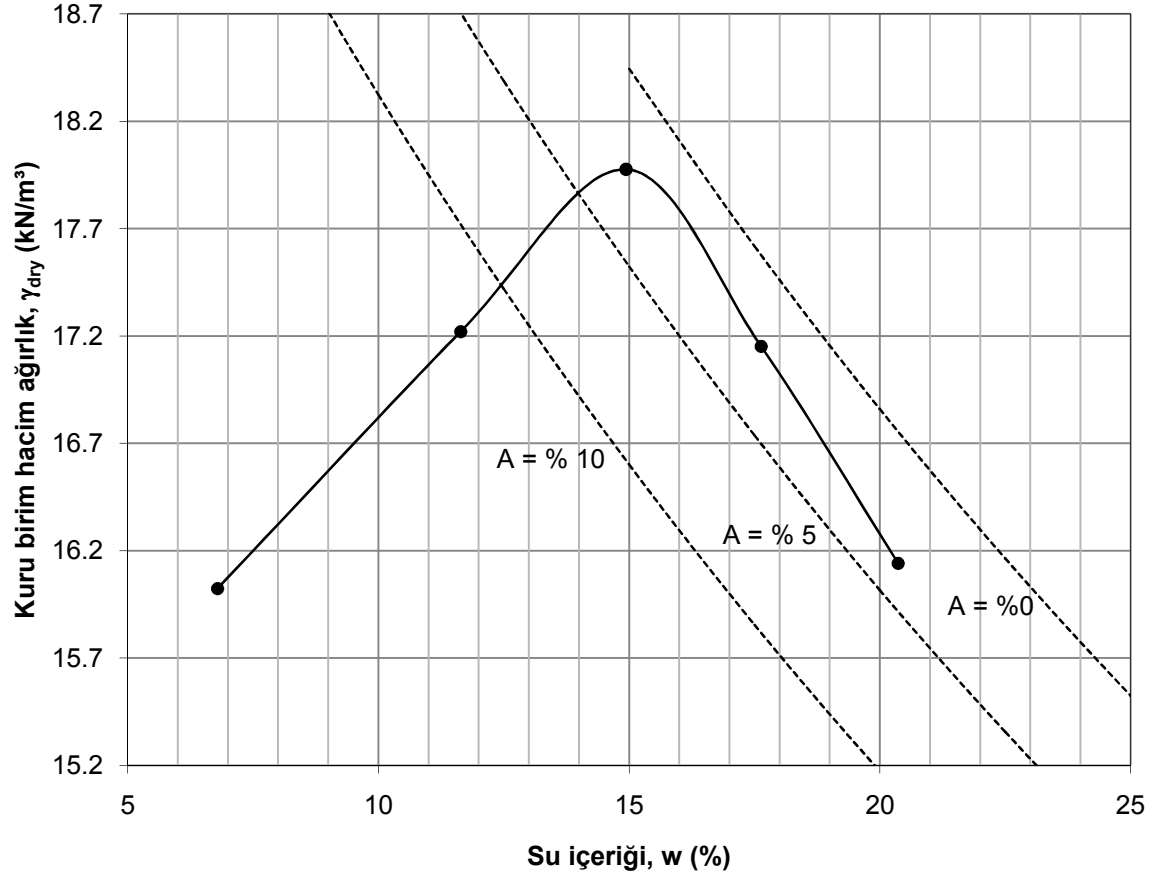
EK-21 % 40 Kil + % 60 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi



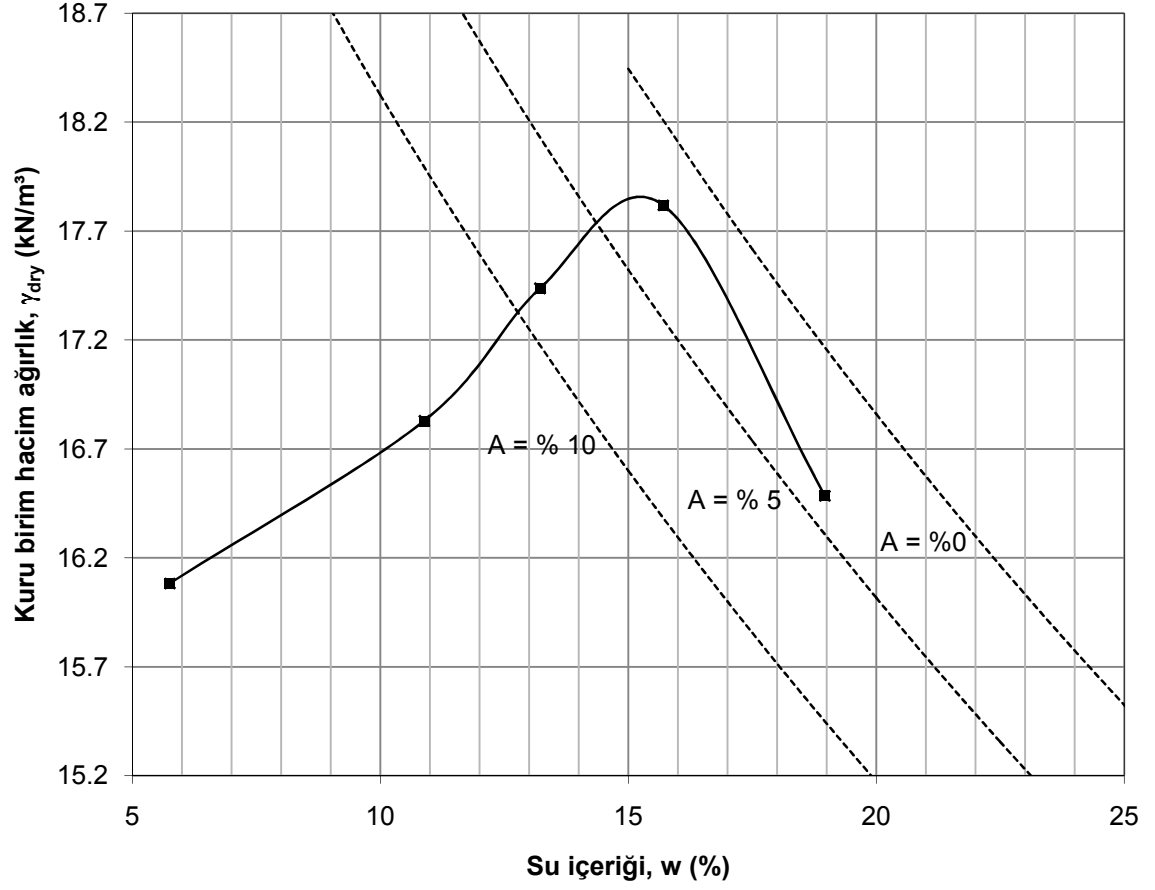
EK-22 % 30 Kil + % 70 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi



EK-23 % 20 Kil + % 80 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi



EK-24 % 10 Kil + % 90 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi



EK-25 % 100 Kumun Standart Proctor Kompaksiyon Eğrisi

