

**ANKARA KİLİNİN BAZI GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNE F TİPİ
POLİFİBER MALZEMENİN ETKİSİ**

Abdulaziz ÖZDEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MART 2007
ANKARA**

Abdulaziz ÖZDEMİR tarafından hazırlanan ANKARA KİLİNİN BAZI GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNE F TİPİ POLİFİBER MALZEMENİN ETKİSİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylım.

Prof.Dr.Murat MOLLAMAHMUTOĞLU

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Ufuk ERGUN

Üye : Prof. Dr. Murat MOLLAMAHMUTOĞLU (Tez Danışmanı)

Üye : Prof. Dr. Erdal ÇOKÇA

Üye : Prof. Dr. Tekin GÜLTOP

Üye : Doç. Dr. Kurtuluş SOYLUK

Tarih : 26/03/2007

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

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranışı ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Abdulaziz ÖZDEMİR

**ANKARA KİLİNİN BAZI GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNE F TİPİ
POLİFİBER MALZEMENİN ETKİSİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Abdulaziz ÖZDEMİR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MART 2007**

ÖZET

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak günümüzde birçok iyileştirme yöntemleri geliştirilmekte ve farklı malzemeler bu yöntemler içerisinde uygulama alanı bulmaktadır. Bu tez çalışmasında, bir çok farklı kullanım alanı bulunan Polifiber malzemesinin, kohezyonlu zeminlerin bazı geoteknik özelliklerine etkisini araştırmak için bir dizi laboratuvar deneyi yapılmıştır. Deneylerde zemin numunesi olarak da kahverengi renkli, yüksek plastisiteli tipik Ankara Kili, Katkı malzemesi olarak da farklı uzunluklarda Polifiber Lifler (FU-19 ve FU-9) kullanılmıştır. Başlangıçta sınıflandırma deneyleri yapılarak Ankara kilinin bazı geoteknik özellikleri belirlenmiş, daha sonra bu kil içerisine katkı malzemesi olarak ağırlıkça %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 oranlarda FU-19 ve FU-9 karıştırılarak Katkılı Ankara Kili (KAK) hazırlanmıştır. KAK üzerinde yapılan Standart Proctor ve CBR deneyi sonuçları değerlendirildiğinde, Optimum Su Muhtevası ve Maksimum Kuru Birim Ağırlık değerlerinin ve ortalama CBR yüzdesinin katkı oranları ile değişmediği görülmüştür. Üç Eksenli Basınç Deneyinde genel olarak her iki katkı da kilin kohezyon değeri azalmış, içsel sürtünme açısı değeri ise önemli ölçüde artmıştır. Üç Eksenli Basınç deneyinden elde edilen veriler değerlendirildiğinde, FU-9 katkısının üç farklı çevre basıncı (1-2-3 kg/cm²) altında da kilin dayanımını genel olarak arttırdığı fakat FU-19 katkısının ise (3 kg/cm² hariç) diğer iki çevre basıncında kilin dayanımını azalttığı görülmüştür.

Gerilme-Birim Deformasyon ilişkilerinde, her iki katkıının da sünme dayanımını arttırdığı gözlenmiştir. Ayrıca, çeşitli yüklemeler altında her iki katkıının da genel olarak oturma miktarını azalttığı fakat Şişmeyi etkilemediği belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 911.1.050
Anahtar Kelimeler : Polifiber, Kil, Geoteknik Özellikler, Laboratuvar Deneyi
Sayfa Adedi : 104
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Murat MOLLAMAHMUTOĞLU

**THE EFFECT OF F TYPE POLYFIBER MATERIAL TO SOME
GEOTECHNICAL PROPERTIES OF ANKARA CLAY**

(M.Sc. Thesis)

Abdulaziz ÖZDEMİR

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

March 2007

ABSTRACT

Being parallel to the development of technology, many soil improvement methods have evolved and different materials have found applications in them. In this thesis, a series of laboratory tests are carried out to investigate the effect of polyfiber material which has found many areas on some geotechnical properties of Ankara clay. Ankara clay, typically brown and highly plastic, as a soil sample and polyfiber (FU-19 and FU-9) as an additive are used in these tests. Initially, some geotechnical properties of Ankara clay are determined and later FU-19 and FU-9 are added to the soil specimens by weight of 0.1, 0.2, 0.3, and 0.4 percent and mixed, thus preparing amended Ankara clay. Proctor and CBR tests conducted on all amended Ankara clay specimens resulted in no change of optimum moisture content and maximum dry density and percentage of CBR value. However triaxial test results show that both type of polyfiber mixtures decreases the cohesion intercept but increases internal friction angle of amended clay specimen considerably. According to data obtained from triaxial compression test, FU-9 increases the shear strength of clay at different confining pressures (1, 2, 3 kg/cm²) in general but FU-19, except 3 kg/cm² confining pressure, decreases the shear strength of clay at 1 and 2 kg/cm² confining pressures. Stress-strain relationships of amended clay specimens display that polyfiber increase creep strength of the specimens. In addition, addition of fiber

to Ankara clay reduces the settlement but does not affect swelling potential of Ankara clay.

Science Code : 911.1.050

Key Words : Polyfiber, Clay, Geotechnical Properties, Laboratory Exp.

Page Number: 104

Adviser : Prof. Dr. Murat MOLLAMAHMUTOĞLU

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Murat MOLLAMAHMUTOĞLU'na, deneylerimde bana her türlü olanağı sağlayan Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Zemin ve Toprak Laboratuvarı çalışanlarına, manevi desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan sevgili eşim Yasemine ve beni yetiştiren anne ve babama teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, tez savunmam esnasında ve sonrasında tezin nihai şeklini verilmesinde katkıları olan Prof. Dr. Ufuk ERGUN ve Prof. Dr. Erdal ÇOKÇA'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	xix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xv
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xxiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. POLİFİBER KATKILI ZEMİN İLE YAPILMIŞ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
3.1. Giriş.....	6
3.2. Deneylede Kullanılan Malzemelerin Özellikleri.....	6
3.2.1.Polifiber.....	6
3.2.2. Zemin örneği.....	10
3.2.3. Numune hazırlama.....	10
3.3. Deneyleler.....	15
3.3.1. Elek analizi deneyi.....	15
3.3.2. Hidrometre deneyi.....	16

Sayfa

3.3.4. Kıvam limitleri deneyi.....	18
3.3.4. Özgül ağırlık deneyi.....	20
3.3.5. Standart proctor deneyi.....	20
3.3.6. Üç eksenli basınç deneyi.....	25
3.3.7. Serbest basınç deneyi.....	36
3.3.8. CBR deneyi.....	40
3.3.9. Yük oturma deneyi.....	41
3.3.10. Şişme yüzdesi deneyi.....	46
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	49
KAYNAKLAR.....	51
EKLER.....	52
EK-1 Proktor deneyi sonuçları.....	53
EK-2 Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları.....	63
EK-3 Üç eksenli deney aleti birim deformasyon deviatör gerilme sonuçları.....	76
EK-4 CBR deneyi elde edilen ortalama CBR % sonuçları	82
ÖZGEÇMİŞ.....	87

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Polifiber teknik özellikleri.....	8
Çizelge 3.2. Deneyde kullanılan kilin bazı geoteknik özellikleri.....	10
Çizelge 3.3. Elek analizi.....	15
Çizelge 3.4. Hidrometre deneyine ait sonuçlar.....	17
Çizelge 3.5. Elek analizi gradasyonu.....	17
Çizelge 3.6. Kıvam limitleri sayısal değerleri.....	19
Çizelge 3.7. FU-19 Su muhtevası kuru birim hacim ağırlık değerleri.....	23
Çizelge 3.8. FU-19 γ_{kmax} , W_{opt} % özet tablosu.....	23
Çizelge 3.9. FU-9 Su muhtevası kuru birim hacim ağırlık değerleri.....	24
Çizelge 3.10. FU-9 γ_{kmax} , W_{opt} % özet tablosu.....	24
Çizelge 3.11. KAK19 numunesine ait C, Φ değerleri.....	28
Çizelge 3.12. KAK9 numunesine ait C, Φ değerleri.....	29
Çizelge 3.13. FU-19 $\sigma=2$ kg/cm ² için kayma dayanımı değerleri.....	31
Çizelge 3.14. FU-9 $\sigma=2$ kg/cm ² için kayma dayanımı değerleri.....	32
Çizelge 3.15. KAK19 Tek eksenli basınç aletinde alınan okuma değerleri.....	38
Çizelge 3.16. KAK9 Tek eksenli basınç aletinde alınan okuma değerleri.....	39
Çizelge 3.17. Çeşitli katkı yüzdelerinde ortalama CBR değerleri.....	41
Çizelge 3.18. FU-9'un çeşitli katkı ve Yük kademelerinde dial okumaları.....	43

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.19. FU-9'un çeşitli katkı ve Yük kademelerinde oturma miktarı.....	43
Çizelge 3.20. FU-19'un çeşitli katkı ve Yük kademelerinde dial okumaları.....	44
Çizelge 3.21. FU-19'un çeşitli katkı ve Yük kademelerinde oturma miktarı.....	45
Çizelge 3.22. FU-19 Çeşitli katkı yüzdelerinde şişme yüzdesi.....	47
Çizelge 3.23. FU-9 Çeşitli katkı yüzdelerinde şişme yüzdesi.....	48

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Katkısız kil numunesine ait elek analizi deneyi.....	16
Şekil 3.2. Katkısız kil numunesine ait hidrometre grafiği.....	18
Şekil 3.3. Katkısız kil numunesine ait likit limit deneyi.....	19
Şekil 3.4. FU-19 Kohezyon polifiber yüzdesi ilişkisi.....	28
Şekil 3.5. FU-19 İçsel sürtünme açısı polifiber yüzdesi ilişkisi.....	29
Şekil 3.6. FU-9 Kohezyon Polifiber yüzdesi ilişkisi.....	30
Şekil 3.7. FU-9 İçsel sürtünme açısı polifiber yüzdesi ilişkisi.....	30
Şekil 3.8. KAK9-0 numunesinin deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi.....	33
Şekil 3.9. KAK9-3 numunesinin deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi.....	33
Şekil 3.10. KAK19-0 numunesinin deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi.....	34
Şekil 3.11. KAK19-2 numunesinin deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi.....	34
Şekil 3.12. 1 kg/cm ² çevre basıncında deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi.....	35
Şekil 3.13. 2 kg/cm ² çevre basıncında deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi.....	35
Şekil 3.14. 3 kg/cm ² çevre basıncında deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi.....	36
Şekil 3.15. KAK19 Max. gerilme birim boy kısalması ilişkisi.....	38
Şekil 3.16. KAK9 Max. gerilme birim boy kısalması ilişkisi.....	39
Şekil 3.17. KAK 9 4. gün sonunda elde edilen, nihai oturma katkı yüzdesi ilişkisi	44
Şekil 3.18. KAK 9 4. gün sonunda elde edilen, nihai oturma katkı yüzdesi ilişkisi	45
Şekil 3.19. FU-19 Şişme yüzdesi katkı oranı ilişkisi.....	47

Şekil	Sayfa
Şekil 3.20. FU-9 Şişme yüzdesi katkı oranı ilişkisi.....	48

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. F tipi polifiber.....	7
Resim 3.2. M tipi polifiber.....	7
Resim 3.3. Polifiberin kil içerisine karıştırılması.....	11
Resim 3.4. Kil içerisinde polifiber dağılımı.....	11
Resim 3.5. KAK numunesinin OSM ve MKBA tespiti için yapılan tartımlar.....	12
Resim 3.6. Optimum su muhtevasında KAK numunesinin sıkıştırılması.....	12
Resim 3.7. CBR kalıbında sıkıştırılmış KAK numunesi.....	13
Resim 3.8. KAK numunesinin alıcılara içerisine yerleştirilmesi.....	13
Resim 3.9. Numune tüplerinin çıkartılması.....	14
Resim 3.10. Numune alıcı içerisine alınmış KAK numunesinin görünümü.....	14
Resim 3.11. Kalıbın ilave yakasının çıkartılıp çelik cetvelle düzeltilmesi.....	22
Resim 3.12. KAK numunesinin proktor aletinde sıkıştırılması.....	22
Resim 3.13. KAK numunesinin üç eksenli deney aletine yerleştirilmesi.....	27
Resim 3.14. Kırılan KAK numunesinin üç eksenli deney aletinden çıkartılması.....	27
Resim 3.15. Serbest basınç cihazında KAK numunesinin kırılma anı.....	37
Resim 3.16. KAK numunesinin kırılma şekli.....	37
Resim 3.17. KAK numunesinin yaş CBR'a yatırılması.....	40
Resim 3.18. KAK numunelerinin konsolidasyon aletinde yüklenmesi.....	42
Resim 3.19. KAK numunesinin yük kademelerinde okumalarının alınması.....	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Wopt	Optimum su muhtevası
γ_w	Suyun birim-hacim kütlesi, g/cm ³
γ_k	Kuru birim hacim ağırlık
$\gamma_{k_{max}}$	Maksimum kuru birim hacim ağırlık
c	Kohezyon, kg/cm ²
Φ°	İçsel sürtünme açısı
σ	Normal gerilme
τ	Kayma gerilmesi
Kısaltmalar	Açıklama
FU-19	F tipi polifiber uzunluğu 19 mm
FU-9	F tipi polifiber uzunluğu 9 mm
KAK	Katkılı Ankara Kili
KAK 19-0	19 mm uzunluğunda fiberli malzeme karıştırılmamış
KAK 19-1	19 mm uzunluğunda fiberli malzeme %0,1 oranında kil içerisine karıştırılmış
KAK 19-2	19 mm uzunluğunda fiberli malzeme %0,2 oranında kil içerisine karıştırılmış
KAK 19-3	19 mm uzunluğunda fiberli malzeme %0,3 oranında kil içerisine karıştırılmış

Kısaltmalar	Açıklama
KAK 19-4	19 mm uzunluğunda fiberli malzeme %0,4 oranında kil içerisine karıştırılmış
KAK 9-0	9 mm uzunluğunda fiberli malzeme karıştırılmamış
KAK 9-1	9 mm uzunluğunda fiberli malzeme %0,1 oranında kil içerisine karıştırılmış
KAK 9-2	9 mm uzunluğunda fiberli malzeme %0,2 oranında kil içerisine karıştırılmış
KAK 9-3	9 mm uzunluğunda fiberli malzeme %0,3 oranında kil içerisine karıştırılmış
KAK 9-4	9 mm uzunluğunda fiberli malzeme %0,4 oranında kil içerisine karıştırılmış
OSM	Optimum su muhtevası
MKBA	Maksimum kuru birim hacim ağırlık
SBD	Serbest basınç dayanımı
CU	Konsolidasyonlu drenajsız deneylerde

1. GİRİŞ

Geoteknik mühendisliği uygulamalarında bir proje sahasındaki zeminler bazen arzu edilen özellik ve kalitede değildir. Zayıf, ileri derecede sıkışabilir nitelikte veya yüksek derecede geçirgen olabilirler. Böyle durumlarda planlanan yapının veya tesisin yerinin değiştirilmesi düşünülebilir. Ancak, yapı ve yerini çoğu zaman yalnızca geoteknik ölçütler değil başka şartlarda belirlemekte ve mühendis yapıyı belirlenen yerde tasarlamak durumunda kalmaktadır. Bunun için uygun çözümlerden biri, yapının temelini zemindeki geoteknik şartlara göre ayarlamak, veya zeminin geoteknik özelliklerini iyileştirmektir. Bunlardan ekonomik olanı bazen ikinci alternatif olabilir.

Olumsuz zemin koşullarının iyileştirilmesinde mekanik, hidrolik, fiziksel ve kimyasal iyileştirme ile ekleme-sınırlama yolu ile yapılan başlıca dört tür iyileştirme vardır. Bu yöntemlerin uygulaması ile zeminin dayanımını arttırmak ve oturmaya azaltma olanağı vardır [1].

Zemin stabilizasyonunda çok sayıda zemin iyileştirme tekniği bulunmaktadır. Bu yöntemlerin maliyeti son derece değişken olup, kullanma şartları yapıların veya tesislerin karakterinden ve uzaklığından etkilenmektedir. Bu nedenlerden dolayı, arazide kolay uygulanabilir ve maliyeti düşük iyileştirme yöntemleri tercih edilmektedir. Bu doğrultuda çeşitli yapı malzemelerinde kullanım alanı olan polifiber malzemenin, bu tez çalışması kapsamında yüksek plastisiteli kohezyonlu zemin içerisine uzunlukları 9 mm ve 19 mm olan polifiber malzeme ağırlıkça çeşitli yüzdelerde katılarak kil-polifiber karışımının bazı geoteknik özellikleri bazı laboratuvar deneyleri ile araştırılmıştır. Kohezyonlu zeminin, sınıflandırma deneyleriyle geoteknik özellikleri belirlenmiş, daha sonra Polifiber malzeme, kohezyonlu zemin içerisine ağırlıkça %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 oranlarında karıştırılarak; Üç Eksenli Basınç Deneyi, Tek Eksenli Basınç Deneyi, Standart Proctor Deneyi, CBR Deneyi, yük-oturma ve şişme yüzdesi deneyleri yapılarak yorumlanmaya çalışılmıştır.

2. POLİFİBER KATKILI ZEMİN İLE YAPILMIŞ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çimento ve fiber katkılı uçucu kül-zemin karışımlarının geoteknik özelliklerini incelemişlerdir. Karışımda ağırlıkça % 1 fiber ve %3 çimento katkılarını ayrı ayrı ve birlikte kullandıkları bu çalışmalarında serbest basınç dayanımı ve kesme kutusu deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Maksimum kuru birim hacim ağırlık (MKBA) ve optimum su muhtevasının (OSM) tayini için yapılan Standart Proctor deneyinde %1 polyester fiber katkılı uçucu kül-zemin karışımlarında fiber katkısının MKBA ve OSM değişimi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını gözlemlemişlerdir. Ancak sadece uçucu kül ve fiber kullanılarak oluşturulan karışımda fiber katkısının OSM'yi %5 azalttığı ve MKBA'yı %7 arttırdığını gözlemlemişlerdir. Polypropylen gibi su emme kapasitesinin fazla olduğu fiber türlerinde OSM nin artış göstereceğini belirtmişlerdir. Kesme kutusu ve serbest basınç deneyi için hazırlanacak numuneleri uçucu kül-zemin karışımının OSM ve MKBA değerlerinde hazırlamışlardır. Böylece fiber katkısının serbest basınç dayanımı ve kayma mukavemeti üzerindeki etkisinin, karışımların birim hacim ağırlıklarındaki ve su muhtevalarındaki farklılıkların etkisinden arındırılacağını belirtmişlerdir. MKBA ve OSM sıkıştırılmış uçucu kül-zemin karışımlarında rasgele dağılmış fiber katkısının kesme kutusu deneyinde kırılma anındaki deplasmanlarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Kohezyon ve içsel sürtünme açısından değişimin çok belirgin olmamasına rağmen ayrıca fiber katkısının kayma mukavemetini arttırdığı gözlenmiştir. Fiber katkısı ile malzeme davranışı sünekliliğinde artış gözlenmiştir. Serbest basınç dayanımındaki (SBD) artış karışımın fiber donatısız durumundaki SBD'sine bağlı olarak değişmektedir. Fiber donatılı zemin numunesinin kırılma anındaki deviyatör gerilmeyi arttırdığı saptansa da, bu artış SBD deki kadar fazla olmamıştır.

Çimento ve fiber katkılı zemin numunelerinin SBD sinde artış gözlenmiştir. Karışımdaki malzeme oranlarına ve kür süresine bağlı olarak, çimento ve fiber katkısının birlikte kullanıldığı durumlarda, SBD da meydana gelen artış bu katkı malzemelerinin ayrı ayrı kullanıldığı durumdaki SBD değerinden büyük veya eşit olarak elde edilmiştir [2].

Siltli kum ve baraj külüne ağırlıkça %0 ile %0,4 aralığında fiber karıştırarak, karışımın geoteknik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada fiber katkısının serbest basınç değerini, CBR değerini ve pik içsel sürtünme açısını arttırdığı sonucuna varmışlardır. %0,3 fiber donatılı siltli kum numunesinde birim boy değişimi fiber donatısız durumdakinden %80, serbest basınç dayanımı %28 daha fazla değerde elde edilmiştir. %0,4 oranında fiber katkılı siltli kum numunesi yaklaşık olarak aynı değerde pik dayanımı vermesine karşın %35 oranında daha az birim deformasyon göstermiştir.

Fiber katkılı siltli kum numunelerinde gerçekleştirilen kesme kutusu deneylerinden fiber oranındaki artışla kohezyon ve içsel sürtünme açısında da artış gözlemlenmiştir. Kesme kutusu deneyleri 25 ile 100 kPa normal gerilmeler altında gerçekleştirilmiştir. En büyük içsel sürtünme açısını 41° olarak %0,4 fiber katkısında elde etmişlerdir. Bu değer fiber donatısız siltli kum numunesinin içsel sürtünme açısından yaklaşık %28 daha fazladır.

Fiber katkılı siltli kum numunelerinde suda bekletmek suretiyle gerçekleştirilen CBR deneylerinde %0,3 ve %0,4 oranında fiber katkısının donatısız siltli kum numunesinden %28 daha fazla CBR değeri verdiği sonucuna varmışlardır. Fiber katkılı baraj külü numunelerinde gerçekleştirilen serbest basınç deneylerinden maksimum serbest basınç dayanımı %0,4 oranında fiber katkısında gerçekleştiğini gözlemlenmiştir. Fiber katkısındaki artış ile serbest basınç mukavemeti ve kırılma anındaki birim deformasyonda artış gözlenmiştir. Fiber katkılı baraj külü numunelerinde gerçekleştirilen kesme kutusu deneylerinden %0,3'e kadar fiber oranının artışıyla kohezyon ve içsel sürtünme açısında artış gözlemlenmiştir. Ancak fiber oranının %0,3'den %0,4'e artırılması ile kayma mukavemetindeki artışın önemsiz düzeyde olduğu sonucuna varmışlardır. Fiber donatılı baraj külü için optimum fiber oranının %0,3 olduğunu öne sürmektedirler.

Fiber katkılı baraj külü numunelerinde suda bekletmek suretiyle gerçekleştirilen CBR deneylerinde %0,3'e kadar fiber oranı artışıyla CBR değeri sabit kalırken, %0,4 oranında fiber katkısında elde edilen CBR değeri donatısız baraj külü

numunesinden %80 daha fazla CBR değeri verdiği sonucuna varmışlardır [3].

%70 rölatif sıklıkta hazırladıkları, ağırlıkça %0,1, %0,25, %0,5 ve %1,0 oranlarında 20 mm boylarında fiber içeren fiber kum karışımlarında 100, 200 ve 300 kPa normal gerilmeler altında kesme kutusu deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Pik kayma mukavemetinin fiber içeriği ile değişmediği sonucuna varmışlardır. Bu nedenle içsel sürtünme açısının donatılı ve donatısız kum numunelerinde aynı kaldığını belirtmişlerdir [4].

25 mm uzunluğunda polypropylene fibrillated fiber kullanarak kil ve kumla ağırlıkça %0, %0,1, %0,2, %0,3 oranlarında karıştırılarak kesme kutusu ve serbest basınç deneyleri gerçekleştirmiştir. Fiber katkılı kil numunelerinde yapılan Standart Proktor deneylerinde fiber oranının değişimine rağmen benzer kompaksiyon davranışı gözlenmiştir. Fiber oranının %0,2'ye kadar artımında MKBA de hafif artış OSM de ise azalma tespit etmişlerdir.

Fiber katkılı kum numunelerde yapılan standart Proctor deneylerinde fiber oranının %0,1 olması durumunda MKBA ve OSM de hafif artış olmasına rağmen Fiber oranın %0,4'e kadar artırılması MKBA ve OSM'yi değiştirmemiştir. Fiber katkılı kil ve kum numunelerinde 64*64 ve 100*100 mm² hücre alanına sahip kesme kutusu deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Deneyleri kil numuneler için 0,178 mm/dakika, kum numuneler için 1 mm/dakika hızlarda ve 20,7 ile 462 kPa normal gerilmeler altında gerçekleştirmişlerdir.

Fiber katkılı kil numunelerde pik sonrası mukavemet kaybı gözlemişler ancak fiber katkılı kum numunelerde böyle bir durum gözlemlememişlerdir. Fiber oranı %0,3 için kil numunelerde, fiber katkısız duruma göre içsel sürtünme açısında %64, kohezyonda %45 artış; kum numunelerde ise içsel sürtünme açısında ve kohezyonda yaklaşık %10 artış saptamışlardır. Fiber katkılı kil numunelerde normal gerilmelerin 20,7 ile 200 kPa arasında kaldığı durumda Mohr kırılma zarfları doğrusal değil iken normal gerilmelerin 200 ile 462 kPa arasında kaldığı durumda Mohr kırılma zarflarını, doğrusala çok yakın olarak tespit etmişlerdir. Fiber katkılı

kum numunelerde normal gerilmenin 172 kPa' dan küçük olduğu durumdaki içsel sürtünme açısının, normal gerilmenin 172 kPa' dan büyük olduğu durumdaki içsel sürtünme açısından büyük olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun nedeninin düşük gerilmelerde kumlarda dilatasyon gerçekleşirken yüksek gerilmeler altında gerçekleşmediğini göstermişlerdir.

Fiber katkılı kil ve kum numunelerinde yapılan CBR deneylerin de %0,3 fiber oranı için fiber katkısız duruma göre CBR değerini kil numunelerde %48, kum numunelerde %83 daha fazla tespit etmişlerdir[5].

3.DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE BULGULARIN YORUMU

3.1. Giriş

4 Nolu elekten elenen kil numunesi FU-9 ve FU-19 polifiberleri ile ayrı ayrı ağırlıkça %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 oranlarında karıştırılarak kil-polifiber karışımının bazı geoteknik özellikleri incelenmiştir. Polifiber-kil karışımı, maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevasında sıkıştırılmış ve fiberli kile, üç eksenli basınç deneyi, tek eksenli basınç deneyi, yük oturma ve şişme yüzdesi deneylerine tabi tutulmuştur. Her karışım oranlarında w_{opt} ve γ_{kmax} parametreleri elde edilmiş ve polifiber-kil karışımını suda bekletmek suretiyle her katkı yüzdesi için CBR deneyleri gerçekleştirilmiştir.

3.2. Deneylerde kullanılan Malzemelerin Özellikleri

3.2.1. Polifiber

Polifiberler % 100 polipropilen esaslı olup, beton karışımlar içerisinde yıllardan beri kullanıla gelen bir mikro donatı çeşidi olarak birçok uygulamada karşımıza çıkan bir üründür. Polifiberler malzeme içerisine katılışları bakımından 2 tiptir. Bunlar F tipi ve M tipi polifiberlerdir. M tipi polifiberler görünüm olarak ince saç teline benzerler (Resim 3.2). F tipi polifiberler ise ağ görünümlü liflerdir (Resim 3.1). Bu tez çalışmasında F tipi polifiberler tercih edilmiştir. Polifiberin teknik özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Resim 3.1. F tipi polifiber [6]



Resim 3.2. M tipi polifiber [6]

Diğer, kullanım alanları aşağıda verilmiştir

- Garaj, ambar, depo, saha ve park betonlarında
- Saha betonlarında ve endüstriyel zemin uygulamalarında
- Su depolarında sızdırmazlık ve çatlak engellemesi amacıyla.
- Ufalanma ve parçalanma dayanımı sayesinde deprem koruyucu olarak.
- Dış ve iç sıvaların aderansının artırılmasında.
- Şaplar ve yerden ısıtma uygulamalarında.
- Serpme ve kaba sıvalarda file donatı yerine.
- Püskürtme beton (shotcrete) uygulamalarında.
- Pompa yapılacak betonlarda.
- Anti bakteriyel beton üretiminde.
- Prekast eleman imalatında.
- Hafif beton uygulamalarında
- Kütle betonu ve radye temel uygulamalarında.

Çizelge 3.1. Polifiberin teknik özellikleri [6]

	Değer	Değer
İçerik	100% saf polipropilen	100% saf polipropilen
Tip	Multifilament	Fibrile
Saflık	Olefin, poliamid veya geri dönüşüm malzemesi içermez.	Olefin, poliamid veya geri dönüşüm malzemesi içermez.
Görünüm	Tel lifler	Fibrile ağ biçimli lifler
Standart	ASTM C – 1116 – 1997 Type III	ASTM C – 1116 – 1997 Type III
Lif uzunluğu	3-6-9-12-15-19-25-31-38-46-51 veya karışık uzunluk(ML) mm	6-9-12-15-19-25-31-37-46-51 Veya karışık uzunluk (ML) mm
Paketleme	Dökme / kağıt poşetlerde	Dökme / kağıt poşetlerde

Çizelge 3.1. Polifiberin teknik özellikleri [6]

Paketleme şekilleri	400 poşet @ 0,9 kg kutuda 600 bag @ 0,6 kg palette 20 kg dökme çuvalda 150 kg dökme çuvalda	400 paket @ 0,9 kg palette 20 paket @ 0,9 kg kutuda 15 kg dökme PP çuvalda 100 kg dökme PP çuvalda
Gerilme dayanımı (TS)	700 N / mm ²	400 N / mm ²
Young modülü (TS/E)	3.500 N / mm ²	2.600 N / mm ²
Uzama (E)	20 %	15 %
Yoğunluk	0,91 grams / cm ³	0,91 grams / cm ³
Renk	Transparan	Transparan
Yumuşama noktası	150 Derece	150 Derece
Erime noktası	160 Derece	160 Derece
Asit etkisi	Duraylı	Duraylı
Organik çözücü	Yüksek ısıda kloridli çözücüler tarafından eritildi.	Yüksek ısıda kloridli çözücüler tarafından eritildi.
Biolojik dayanımı	Duraylı	Duraylı
Çimento ile uyumu	Mükemmel	Mükemmel
Alkali etkisi	Duraylı	Duraylı
Aşınma direnci	Duraylı	Duraylı
Nem geri kazanımı	70% Bağlı nem oranı ve 21 derecede = < 0,10 %	70% bağlı nem oranı ve 21 derecede = < 0,10 %
Antibakteriyellik	Opsiyonel	Opsiyonel

3.2.2. Zemin örneği

Numune, Ankara'nın Çukurambar semtinde, metro istasyonunda açılan bir yarma şevinden alınmıştır. Yapılan sınıflandırma deneylerinde zemininin yüksek plastisiteli (CH) kil olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Deneyde kullanılan kilin bazı geoteknik özellikleri

Sınıflama				Proctor Deneyi		Üç Eksenli Basınç Deneyi (cu)	
Likit Limit %	Plastik Limit %	Plastisite İndeksi %	Birleşik Zemin Sınıflandırma Sistemi	γ_{kmax} (kN/m ³)	ω_{opt} %	C (kPa)	Φ°
68,2	27,1	41,1	CH	1,432	28	48,6	2,12

3.2.3. Numune hazırlama

Laboratuvara getirilen numune, temiz bir yere serilerek oda sıcaklığında kurutuldu. Numune, topraklar içeren killi bir malzeme olduğu için havanda lastik uçlu tokmakla daneleri kırmadan dövülerek birbirine yapışmış olan daneciklerin ayrılması sağlandı. 4,75 mm elekten elenen kil numunenin içerisine Polifiberler ağırlıkça %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 oranlarında gelişi güzel bir şekilde dağıtılmıştır (Resim 3.3). Daha sonra kil+polifiber karışımına su verilerek tepsi içerisin de karıştırılan numune, proctor kalıbına 3 tabaka halinde serilerek sıkıştırılmıştır (Resim 3.6). Her katkı yüzdesi için yapılan proctor deneyi ile kil+polifiber karışımlarının max. kuru birim hacim ağırlığı ve optimum su muhtevası belirlenmiştir (Resim 3.5). Optimum su muhtevasında hazırlanan KAK numunesi kalıp içerisinde sıkıştırıldıktan sonra kalıbın ilave yakası çıkartılmıştır (Resim 3.7). CBR kalıbında hazırlanan numuneler Hidrolik kriko yardımıyla numune alıcılar içerisine alınmıştır (Resim 3.8). Daha sonra numune alıcıları hidrolik bir alet yardımıyla çıkartılmış (Resim 3.9). ve deneyler gerçekleştirilmiştir. Burada polifiber kil içerisinde homojen dağıtmaya çalışılsa da (Resim 3.4), CBR kalıbına yerleştirilirken ve hidrolik cihazlarla numune çıkarılırken polifiberin kil içerisindeki homojen dağılımının bozulduğu gözlemlenmiştir (Resim

3.10). Bundan dolayı meydana gelecek hataların düzeltilebilmesi için bazı deneyler tekrarlanmıştır.



Resim 3.3. Polifiberin kil içerisinde karıştırılması [7]



Resim 3.4. Kil içerisinde polifiber dağılımı [7]



Resim 3.5. KAK numunesinin OSM ve MKBA tespiti için yapılan tartımlar [7]



Resim 3.6. Optimum su muhtevasında KAK numunesinin sıkıştırılması [7]



Resim 3.7. CBR kalıbında sıkıştırılmış KAK numunesi [7]



Resim 3.8. KAK numunesinin alıcılar içerisine yerleştirilmesi [7]



Resim 3.9. Numune tüplerinin çıkartılması [7]



Resim 3.10. Numune alıcı içerisine alınmış KAK numunesinin görünümü [7]

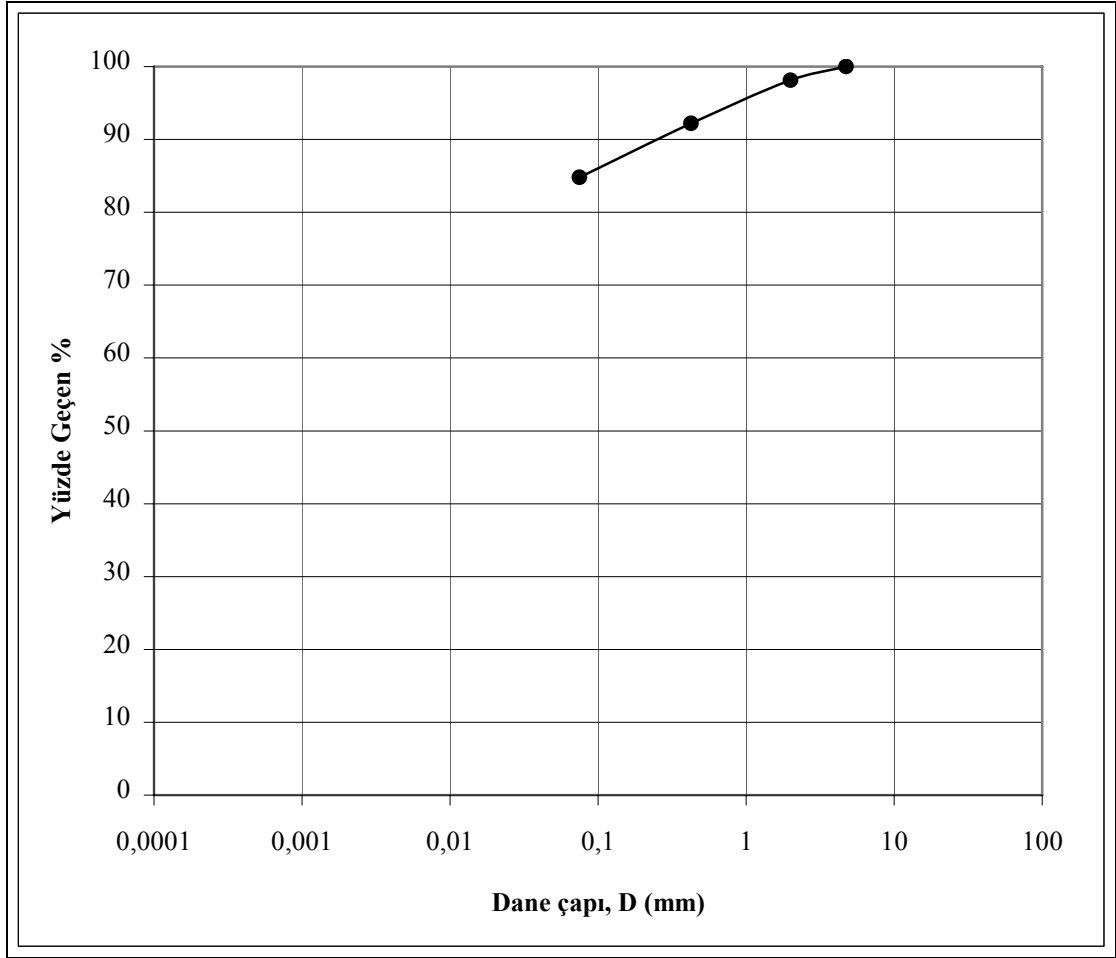
3.3. Deneyler

3.3.1. Elek analizi deneyi

Deney AASHTO T-11, T-27 göre yapıldı. Elek analizi için 4 Nolu elekten geçen ince kısmın kuru ağırlığı bilinmelidir. Bunun için ince malzeme 110 °C fırında kurutulur, yada bir rutubet numunesi alınarak, rutubet düzeltilmesi yardımıyla kuru ince malzeme miktarı bulunur. İnce malzeme içerisinde temsili olarak en az 500 gr numune alınarak elek analizinde kullanılmak üzere tartılır. Bu numune bir kaba konular ve üzerine su ilave edilir. Yaklaşık 18 saat suda bekletilerek numune içerisindeki yumuşak kısımların, birbirine yapışmış taneciklerin ayrılması sağlanır. Daha sonra bu numune 0,075 mm açıklığa sahip elek üzerine boşaltılır. Ancak bu elek çok ince olduğundan, yırtılmasını engellemek için üzerine koruyucu 0,425 mm eleğin konması tavsiye edilir. Bu elek serisine konulan malzeme alttan berrak su akana kadar musluk suyu ile yıkanır. Yıkama işleminin sonunda, elekler üzerinde kalan malzeme bir kaba alınarak 110 °C fırında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Daha sonra fırından çıkartılıp, oda sıcaklığına kadar soğutulan ince malzeme sırasıyla 2.00 mm , 0.425 mm ve 0,075 mm eleklerden elenerek, her elek üzerinde kalan malzeme tartılır ve yazılır (Çizelge 3.3). Toplam elekten geçen malzeme yüzdesi dane çapı bir grafiğe aktarılır (Şekil 3.1).

Çizelge 3.3. Elek analizi

Elek Açıklığı İnç	mm	Elekte Kalan g	(A) Toplam Elekte Kalan g	(B) Toplam Elekte Kalan % (A*100/L)	(C) Toplam Elekten Geçen % (100-B)
No.4	4,75				100
No.10	2	18,7	18,7	1,9	98,1
No.40	0,425	58,2	76,9	7,8	92,2
No.200	0,075	72,3	149,2	15,2	84,8



Şekil 3.1. Katkısız kil numunesine ait elek analizi deneyi

3.3.4. Hidrometre deneyi

Deney AASHTO T-88'e göre yapılmıştır. No.10 altı malzemenin 0,075 mm'den daha küçük kısmının dane boyutu dağılımını, farklı dane boyutundaki daneciklerin, farklı çökelme hızına sahip olmaları esnasından yararlanarak bulunmuştur. Bulunan değerler bir deney formuna aktarılır (Çizelge 3.4). Malzeme sırasıyla 2.00 mm , 0.42 mm ve 0,075 mm eleklerden elenerek, her elek üzerinde kalan malzeme tartılır ve yazılır (Çizelge 3.5). Süspansiyon yüzdesi düzeltilmiş dane çapı ilişkisi bir grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 3.2).

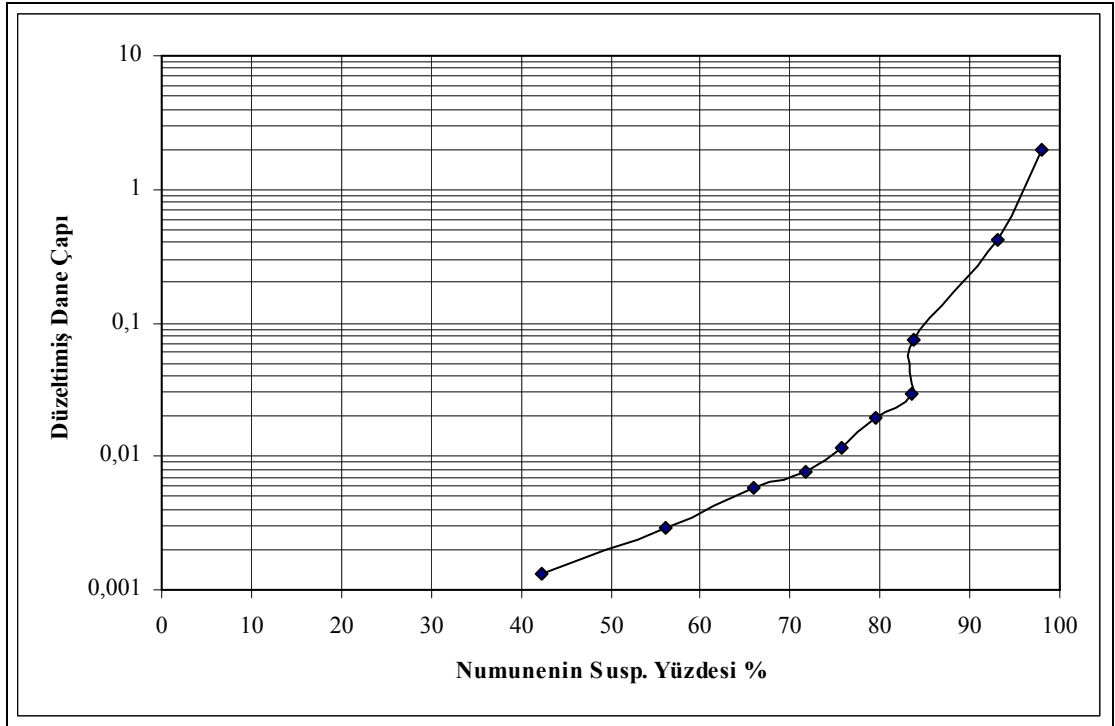
Çizelge 3.4. Hidrometre deneyine ait sonuçlar

HİDROMETRE OKUMASI,g/lt.	OKUMA SICAKLIĞI,°C	SICAKLIK DÜZ.KATSAYISI	DÜZELTİLMİŞ OKUMA	SÜSPANSİYON %Sİ	Σ NUMUNENİN SUSP.%Sİ	MAKSİMUM TANE ÇAPı,mm	TANE ÇAPI DÜZ.KATSAYILARI			DÜZELTİLMİŞ TANE ÇAPI
							kn	kı	kg	
r	S	±M	R=r±M	P	P1	d1	kn	kı	kg	d=d1*kn* k1*kg
45	22	-2,4	42,6	85,2	83,5	0,0400	0,97	0,76	1,00	0,0296
43	22	-2,4	40,6	81,2	79,6	0,0260	0,97	0,77	1,00	0,0195
41	22	-2,4	38,6	77,2	75,7	0,0150	0,97	0,78	1,00	0,0114
39	22	-2,4	36,6	73,2	71,8	0,0100	0,97	0,79	1,00	0,0077
36	22	-2,4	33,6	67,2	65,9	0,0074	0,97	0,81	1,00	0,0058
31	22	-2,4	28,6	57,2	56,1	0,0036	0,97	0,83	1,00	0,0029
24	22	-2,4	21,6	43,1	42,3	0,0015	0,97	0,87	1,00	0,0013

Çizelge 3.5. Elek analizi gradasyonu

ELEKLER		KALAN g	ΣKALAN g	ΣKALAN %	ΣGEÇEN %	Σ NUMUNEDE GEÇEN %
No.	mm					
No.10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00	98,1
No.40	0,42	2,52	2,52	5,04	95,00	93,2
No.200	0,075	4,75	7,27	14,54	85,50	83,8

Özgül Ağırlık(γ) = 2,648 Kuru.Num.Ağır.(W) = 50 Özg.Ağ.D.Fakt(a)=1



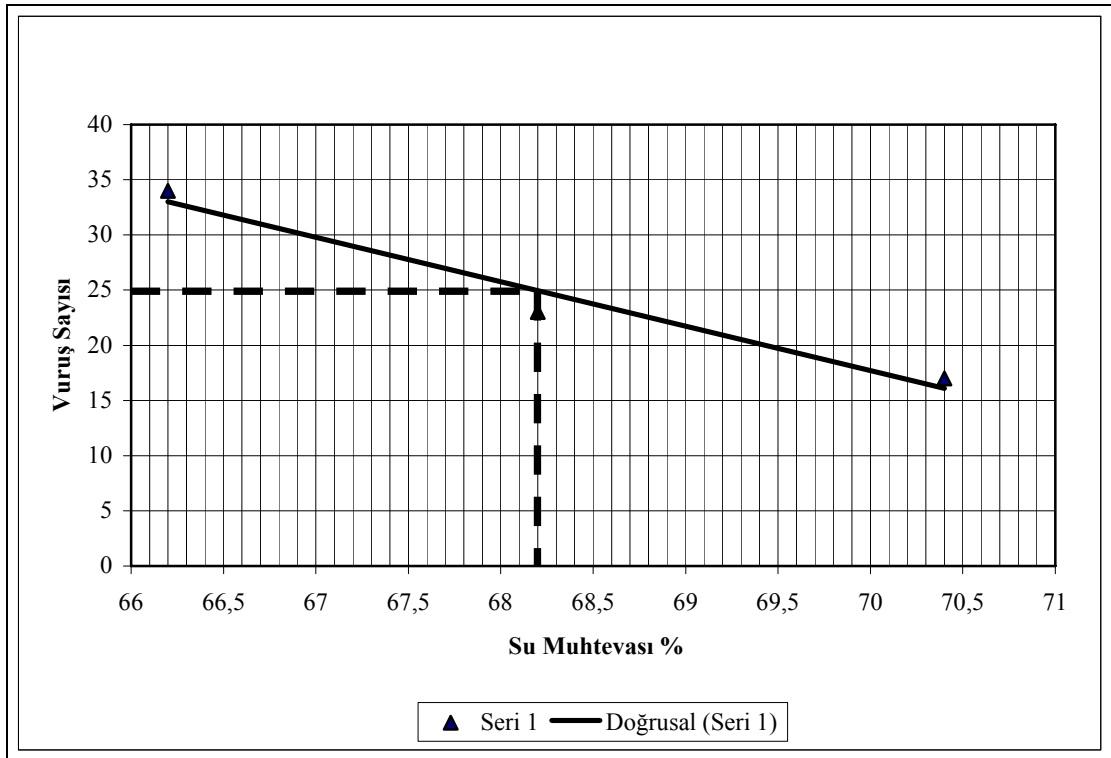
Şekil 3.2. Katkısız kil numunesine ait hidrometre grafiği

3.3.3. Kıvam limitleri deneyi

Deney metodu Likit Limit için AASHTO T-89, Plastik Limit AASHTO T-90'a göre yapılmıştır. Plastik limitin belirlenmesi için zemin numunesi bir cam levha üzerinde avuç içi ile yuvarlanarak ince silindir haline getirilir. Bu silindirin 3 mm çapında 10 mm boyunda parçalara ayrıldığı anda sahip olduğu su muhtevası zeminin plastik limitini gösterir. Bu şekilde gerçekleştirilen deney sonunda plastik limit değeri %27,1 bulunmuştur. Likit limit değeri cassagrande aletiyle 3 noktada çalışarak elde edilmiştir. Likit limitin tayini vuruş sayıları ile bunlara tekabül eden su muhtevaları arasındaki bağıntıdan yapıldığından ,muhtelif su muhtevalarını haiz kil zemin hazırlanmış ve bunlara tekabül eden vuruş sayıları bulunmuştur. Üç noktadan geçirilen doğrudan 25 vuruşa denk gelen su muhtevası zeminin likit limitidir. buradan likit limit % 68,2 olarak bulunmuştur. Aşağıdaki tabloda likit limit ve plastik limit tayini için yapılan deney sonuçları ile bunların değerleri verilmektedir (Çizelge 3.6). N vuruş sayıları ile w su muhtevaları arasındaki bağıntı , yarı logaritmik bir diyagramda, doğru şeklindedir (Şekil 3.3).

Çizelge 3.6. Kıvam limitleri sayısal değerleri

Kıvam Limitleri					
	LL %	LL %	LL %	PL %	PL %
Kap No.	62	167	51	126	46
Vuruş Adedi	34	23	17		
Kap + Yaş Numune Ağır.	50,22	62,36	73,46	35,58	38,10
Kap + Kuru Numune Ağır.	39,87	48,74	56,58	32,86	35,51
Su Ağırlığı	10,35	13,62	16,88	2,72	2,59
Kap Ağırlığı	24,24	28,77	32,61	22,75	26,01
Kuru Numune	15,63	19,97	23,97	10,11	9,50
Su İçeriği %	66,2	68,2	70,40	26,91	27,26



Şekil 3.3. Katkısız kil numunesine ait likit limit deneyi

3.3.2. Özgül ağırlık deneyi

Deney TS-1900-1'e göre yapılmıştır. 10 nolu elek altında kalan 250 gr numune üzerinde yapılan özgül ağırlık deneyinden 2.65 değeri elde edilmiştir. Deney 100 ml'lik piknometre de gerçekleştirilmiş ve etüvde kurutulmuş 20 gr kil numunesi kullanılmıştır. Piknometredeki su kil karışımının havası 760 mmHg (0.1 kPa) lık emiş gücüne sahip vakum pompası ile emilmiş su banyosunda belli bir derecede 24 saat bekletilmiş, daha sonra su banyosundan çıkartılıp tamamen kurutulduktan sonra özgül ağırlığı bulunmuştur.

3.3.5. Standart proctor deneyi

Deney AASHTO T-99 metoduna göre yapılmıştır. Deneyi yapılacak numune nemli ise kolayca ufalanabilecek duruma gelinceye kadar açık havada veya 60°C'lik fırında kurutulur. Sonra agreganın esas yapısı bozulmadan toprağın içindeki iri daneler lastik bir tokmakla havanda ezilir. Numune iyice ufalandıktan sonra 4.75 mm elekten elenir. 4.75 mm elek üzerinde kalan malzeme ise % 7'den daha az olduğu için 4.75 mm elek üzerinde kalan malzeme atıldı ve düzeltme yapılmamıştır. Hazırlanmış numunedan 5 kg kadar numune alınır. Toprağın cinsine göre uygun bir miktar su ile iyice karıştırılır. Toprak-su karışımı, yaka kısmı takılmış 10.16 cm (4") lik kalıpta 3 eşit tabakada ve her tabakaya 2.49 kg'lık tokmakla 25 darbe uygulanarak sıkıştırılır (Resim 3.12). Sıkıştırma esnasında kalıp, düzgün bir beton kütle üzerinde bulundurulmalıdır. Sıkıştırmadan sonra kalıbın ilave yakası çıkartılır ve dikkatli bir, şekilde kalıbın üst kenarına kadar çelik bir cetvelle düzeltilir (Resim 3.11). Kesilip atılan bu zeminin yüksekliği 6 mm'yi aşmamalıdır. Kalıp ve içindeki yaş numune tartılarak ağırlığı kaydedilir. Sıkıştırılan toprak kalıptan çıkarılır ve malzemenin tümünü temsil edecek şekilde rutubet numunesi alınır. Alınacak olan numune kohezyonlu zeminlerde 300 gr olmalıdır. Rutubet numuneleri 110°C'lik fırında sabit ağırlığa gelinceye kadar (en az 12 saat) bekletilir. Kuru numune soğutulduktan sonra tekrar tartılarak ağırlığı deney formuna kaydedilir. Farklı uzunluktaki Polifiber malzeme kil içerisine

ağırlıkça %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 oranlarında karıştırılmış ve MKBA ve OSM değerlerini elde etmek için her katkı yüzdesi için 6 deney yapılmıştır. Her nokta bir su muhtevası ve bir kuru birim hacim ağırlıkla belirlendiğinden bu değerler FU-19 için Çizelge 3.7’de FU-9 katkısı için de Çizelge 3.9’da verilmiştir. Bu çizelgelerden elde edilen değerler ışığında kuru birim hacim ağırlık, su muhtevası grafik üzerinde her katkı yüzdesi için çizilmiş ve MKBA ve OSM değerleri EK-1’de verilmiştir.

Deney sonucunda elde edilen veriler ışığında farklı uzunluklara sahip F tipi polifiber malzeme kil içerisine %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 katkı yüzdelerinde karıştırılmış ancak MKBA ve OSM değerlerine F tipi polifiber malzemenin bir etkisinin olmadığı Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.10’da net bir şekilde görülmektedir.



Resim 3.11. Kalıbın ilave yakasının çıkartılıp elik cetvelle dztilmesi [7]



Resim 3.12. KAK numunesinin proctor aletinde sıkıştırılması [7]

Çizelge 3.7. FU-19 Su muhtevası kuru birim hacim ağırlık değerleri

FU-19 Kompaksiyon Sonuçları									
Katkısız		0,1%		0,2%		0,3%		0,4%	
γ_k	W %	γ_k	W %	γ_k	W %	γ_k	W %	γ_k	W %
1,388	22,6%	1,306	17%	1,358	21,4%	1,333	21,1%	1,335	22,8%
1,423	25,5%	1,355	21,1%	1,424	24,5%	1,362	23,9%	1,369	25,6%
1,429	28,8%	1,455	25,4%	1,457	28,01%	1,37	26,7%	1,368	28,6%
1,4001	32,2%	1,441	30,0%	1,409	32,2%	1,358	32,6%	1,36	31,5%
1,328	35,6%	1,35	34,0%	1,332	35,4%	1,389	27,5%	1,331	33,9%

Çizelge 3.8. FU-19 γ_{kmax} , Wopt % özet tablosu

FU-19		
Katkı Yüzdesi	γ_{kmax}	Wopt %
0%	1,431	27,86
0,1%	1,460	28,36
0,2%	1,453	27,85
0,3%	1,383	28,41
0,4%	1,373	27,81

Çizelge 3.9. FU-9 Su muhtevası kuru birim hacim ağırlık değerleri

FU-9 Kompaksiyon Sonuçları									
Katkısız		0,1%		0,2%		0,3%		0,4%	
γ_k	W %	γ_k	W %	γ_k	W %	γ_k	W %	γ_k	W %
1,314	17,0%	1,396	19,4%	1,384	21,2%	1,409	21,4%	1,407	20,6%
1,44	22,1%	1,446	22,2%	1,458	25,0%	1,457	25,1%	1,434	24,0%
1,469	26,1%	1,497	25,8%	1,455	28,7%	1,445	29,3%	1,464	28,2%
1,459	29,8%	1,44	30,1%	1,415	30,7%	1,394	31,6%	1,407	32,2%
1,354	34,4%	1,345	34,3%	1,327	35,2%	1,323	35,3%	1,327	35,9%

Çizelge 3.10. FU-9 γ_{kmax} , Wopt % özet tablosu

FU-9		
Katkı Yüzdesi	γ_{kmax}	Wopt %
0%	1,475	26,67
0,1%	1,485	25,77
0,2%	1,465	26,17
0,3%	1,462	25,86
0,4%	1,455	27,16

3.3.6. Üç eksenli basınç deneyi

Deney AASHTO T-297'ye göre yapılmıştır. Bu deney, çapı 3,5 cm ve yüksekliği çapının iki katı dolayında olan silindirik deney numuneleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Üç eksenli deney aletlerinin kalibrasyon katsayıları 0,218 ve 0,211 olup deney hızı 0,8 mm/dak. dır. Numune sırasıyla 1.00, 2.00, 3.00 kg/cm² çevre basınçlarında kırılmıştır. (Resim 3.14). FU-19 polifiberinin kile çeşitli katkı yüzdelerinde katılmasıyla elde edilen numunelere üç eksenli (cu) deneyi yapılmıştır (Resim 3.13). Gerçekleştirilen deneylerde kil+polifiber karışımının kohezyon değeri; %0,1 katkılıda hızla azalmış, %0,2 ve %0,3 katkılıda çok az miktarda artma olmuş, %0,4 katkılıda ise kohezyon değeri azalma eğilimi göstermiştir. Dolayısıyla katkı maddesi polifiberin, kilin kohezyonunu maksimum %87 oranında azalttığı gözlemlenmiş olup en büyük azalmayı %0,1 katkılıda yakalamıştır (Şekil 3.4). İçsel sürtünme açısı ise %0,1 katkı yüzdesinde hızlı bir şekilde artış göstermiş, %0,2 katkı yüzdesinde ise pik yapmıştır, fakat %0,3 katkı yüzdesinde biraz düşüşe geçmiştir. İçsel sürtünme açısı %0,4 katkı yüzdesinde ise tekrar artma eğilimi göstermiştir. Katkı maddesi içsel sürtünme açısını maksimum %341 gibi yüksek bir oranda arttırmış olup, bu değeri %0,2'de yakalamıştır (Şekil 3.5). Kohezyon ve içsel sürtünme açısındaki bu değişimler Çizelge 3.11'de verilmiştir. FU-9 tipli polifiberin kile katılmasıyla kohezyon değeri %0,1 katkı yüzdesinde ufak bir artış göstermiş, %0,2 katkı yüzdesinde azalmış %0,3'de minimum seviyeye düşmüştür. Kohezyon %0,4 katkı yüzdesinde tekrar artış eğilimi göstermiştir. Dolayısıyla polifiberin malzemenin kohezyonunu maksimum %33 oranında azalttığı ve en büyük düşüşü %0,3 katkı yüzdesinde yakaladığı görülmüştür (Şekil 3.6). İçsel sürtünme açısı ise %0,1 katkı yüzdesinde çok az miktarda azalma eylemi göstermiş olup %0,2 katkı yüzdesinde artmış, %0,3 katkı yüzdesinde maksimum seviyeye ulaşmıştır. İçsel sürtünme açısı %0,4 katkı yüzdesinde ise tekrar azalma eğilimi göstermiştir. Katkı maddesi polifiber içsel sürtünme açısını maksimum %104 oranında arttırdığı ve bu değeri %0,3 katkıda yakaladığı görülmüştür (Şekil 3.7). Kohezyon ve içsel sürtünme açısındaki bu değişimler Çizelge 3.12'de verilmiştir. FU-9 malzemesiyle yapılan çalışmalarda, %0,4 katkı yüzdesinde içsel sürtünme açısındaki değer düşüşünün nedeni olarak, malzemenin kil içerisinde homojen olarak dağılmadığı düşünülmektedir.

%0,3 katkılıda bir, %0,4 katkı yüzdesinde ise deney iki kez tekrarlanmıştır. Ancak deney sonucunda verilerde değişen bir şey olmamıştır. Buda EK-2’de daha net bir şekilde görülmektedir. Üç eksenli deney aletinden elde edilen verilerle çizilen kırılma dairelerinden en uygun kırılma zarfı geçirilerek kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri elde edilmiştir (EK-2). EK-2’de görüldüğü gibi bazı kırılma dairelerindeki sapmaların ise fiberin kil içerisinde, homojen olarak dağılmadığından kaynaklandığı görülmüştür. Farklı fiber uzunluklarının kohezyon ve içsel sürtünme açısı üzerindeki değişimlere önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Yapılan deneylerde her iki fiberinde, kil-polifiber karışım parametrelerinden kohezyon değerini düşürdüğü, içsel sürtünme açısı değerini ise arttırdığı görülmüştür. Kohezyon, en küçük düşüş değerine FU-19’da %0,1 katkı yüzdesinde ulaşırken bu değere FU-9’da %0,3 katkı yüzdesinde ulaşılmıştır. İçsel sürtünme açısında ise pik değerlere FU-19’da %0,2 katkı yüzdesinde ulaşırken bu değere FU-9’da %0,3 katkı yüzdesinde ulaşılmıştır.



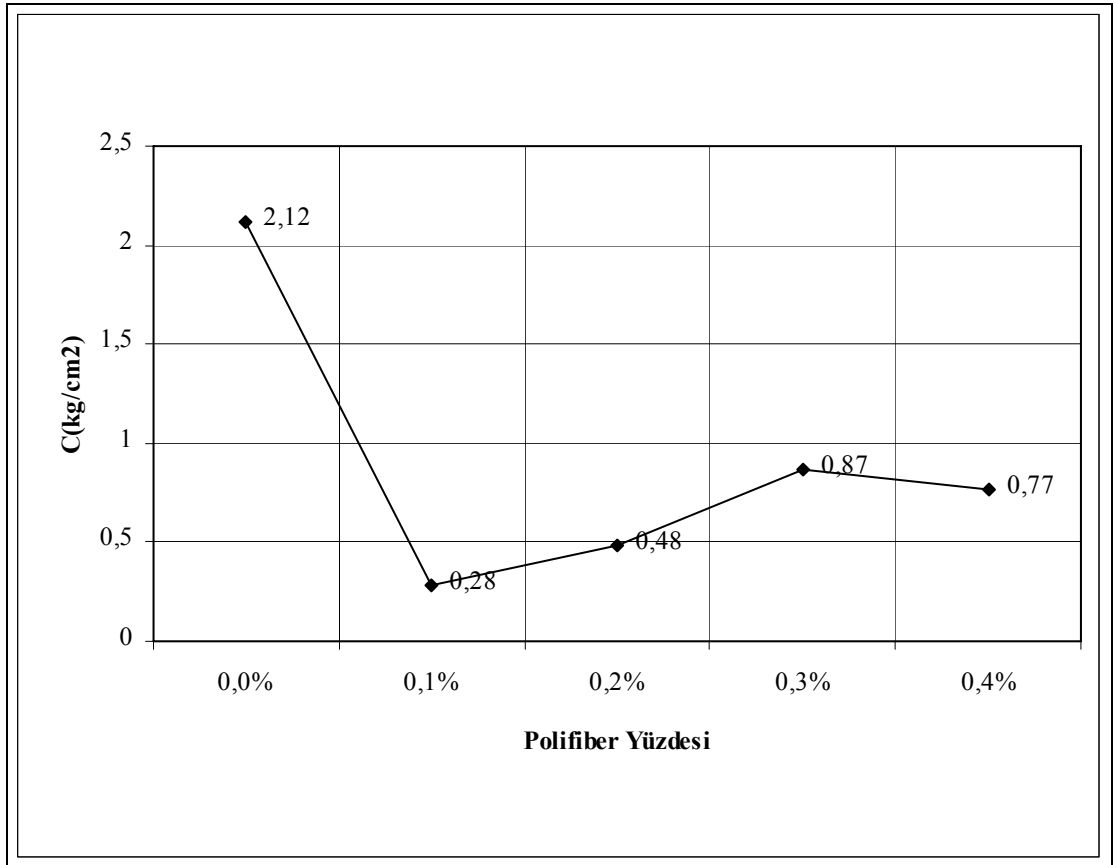
Resim 3.13. KAK numunesinin üç eksenli deney aletine yerleştirilmesi [7]



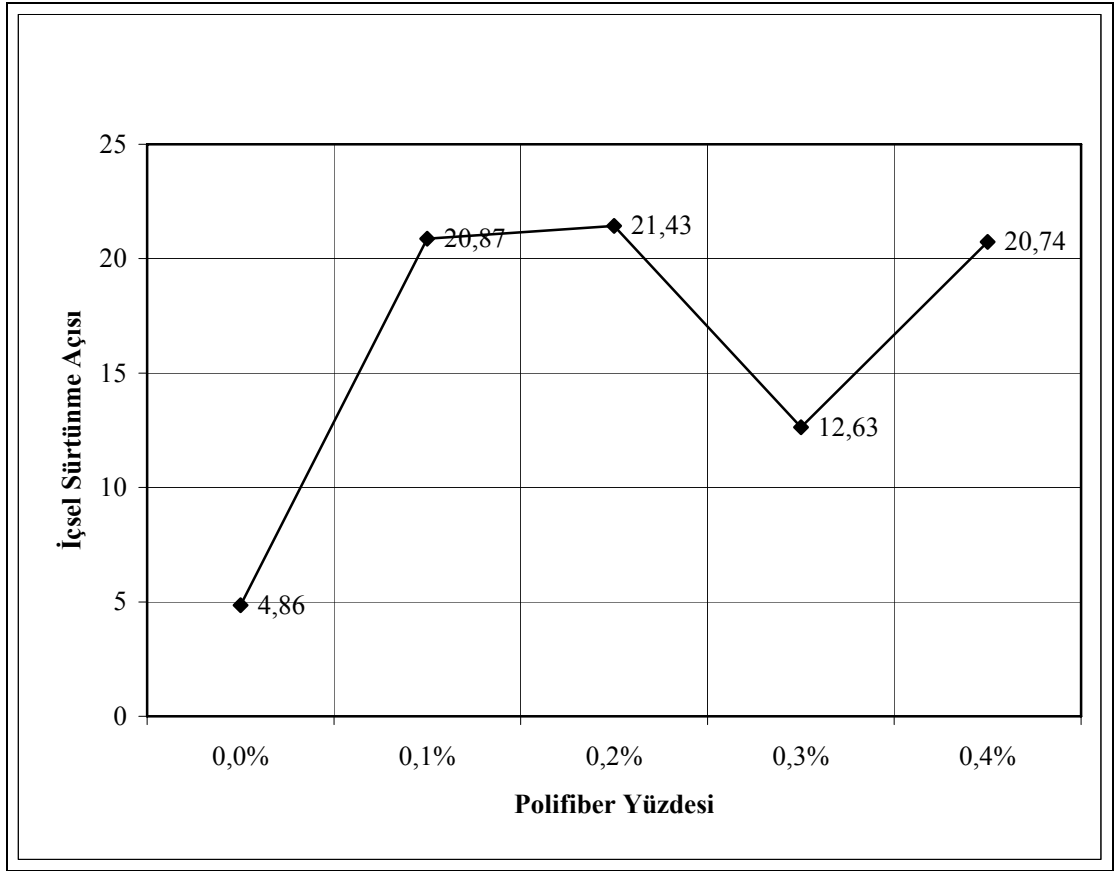
Resim 3.14. Kırılan KAK numunesinin üç eksenli deney aletinden çıkartılması [7]

Çizelge 3.11. KAK19 numunesine ait C, Φ değerleri

FU-19					
	KİL	KAK 19-1 POLİFİBER	KAK 19-2 POLİFİBER	KAK 19-3 POLİFİBER	KAK 19-4 POLİFİBER
C (Kg/cm ²)	2,12	0,28	0,48	0,87	0,77
Φ°	4,86	20,87	21,43	12,63	20,74



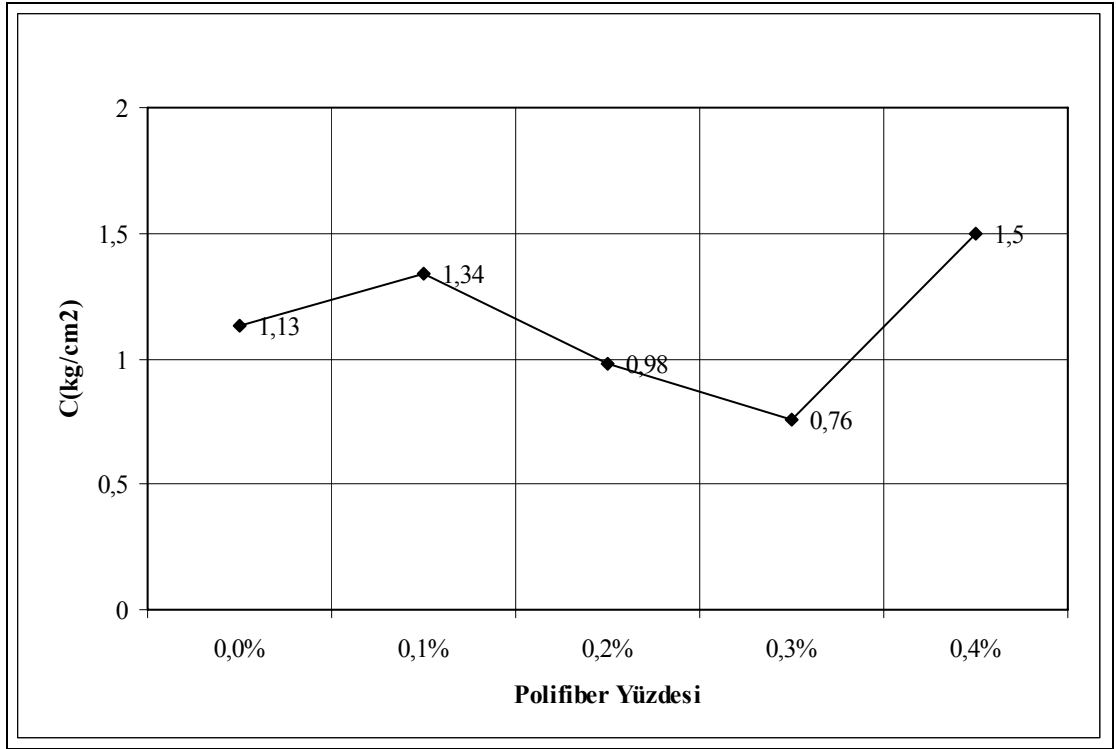
Şekil 3.4. FU-19 Kohezyon polifiber yüzdesi ilişkisi



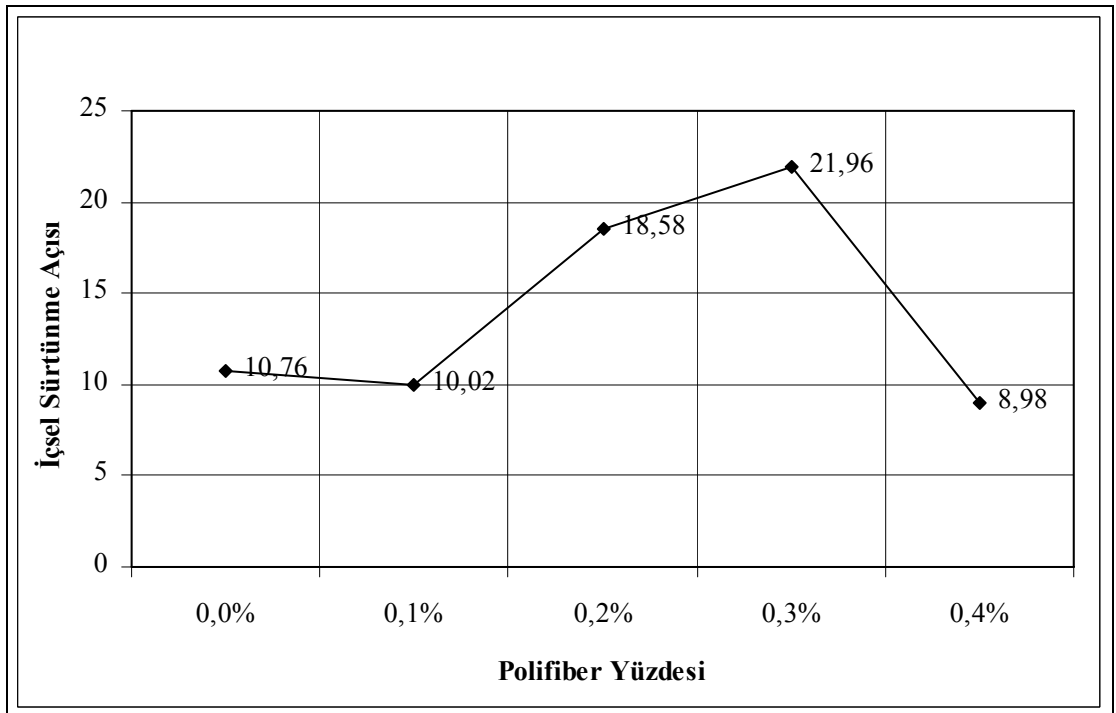
Şekil 3.5. FU-19 İçsel sürtünme açısı polifiber yüzdesi ilişkisi

Çizelge 3.12. KAK9 numunesine ait C, Φ değerleri

FU-9					
	KİL	KAK 9-1 POLİFİBER	KAK 9-2 POLİFİBER	KAK 9-3 POLİFİBER	KAK 9-4 POLİFİBER
C (Kg/cm ²)	1,13	1,34	0,98	0,76	1,5
Φ°	10,76	10,02	18,58	21,96	8,98



Şekil 3.6. FU-9 Kohezyon Polifiber yüzdesi ilişkisi



Şekil 3.7. FU-9 İçsel sürtünme açısı polifiber yüzdesi ilişkisi

Polifiber genel olarak kilin kohezyonunu düşürürken içsel sürtünme açısını da arttırmıştır. Bu artma ve azalmanın kayma dayanımını nasıl etkilediğini Mohr Coulomb kırılma zarfı kriteriyle irdelenmiştir. ($\tau=c+\sigma*\tan\theta$) kil-polifiber karışımının her katkı yüzdesi için $\sigma=2$ kg/cm² değeri Mohr Coulomb denkleminde yerine konarak kayma dayanımları hesaplanmıştır (Çizelge 3.13) ve (Çizelge 3.14). Kayma dayanımı değerlerini FU-19 katkısı olağan bir şekilde düşürmüş ve bu düşüş %0,1 katkı yüzdesinde en fazla olmuştur. FU-9 katkısı ise kayma dayanımı değerlerini arttırmış ve en büyük artış değeri %0,4 katkı yüzdesinde gerçekleşmiştir. Katkı maddesinin uzunluğunun kil numunenin kayma dayanımına önemli bir etkisinin olduğunu açıkça görülmektedir. Kayma dayanımını FU-9 katkısı FU-19 katkısına göre her katkı yüzdesinde daha etkin bir biçimde arttırdığı görülmüştür.

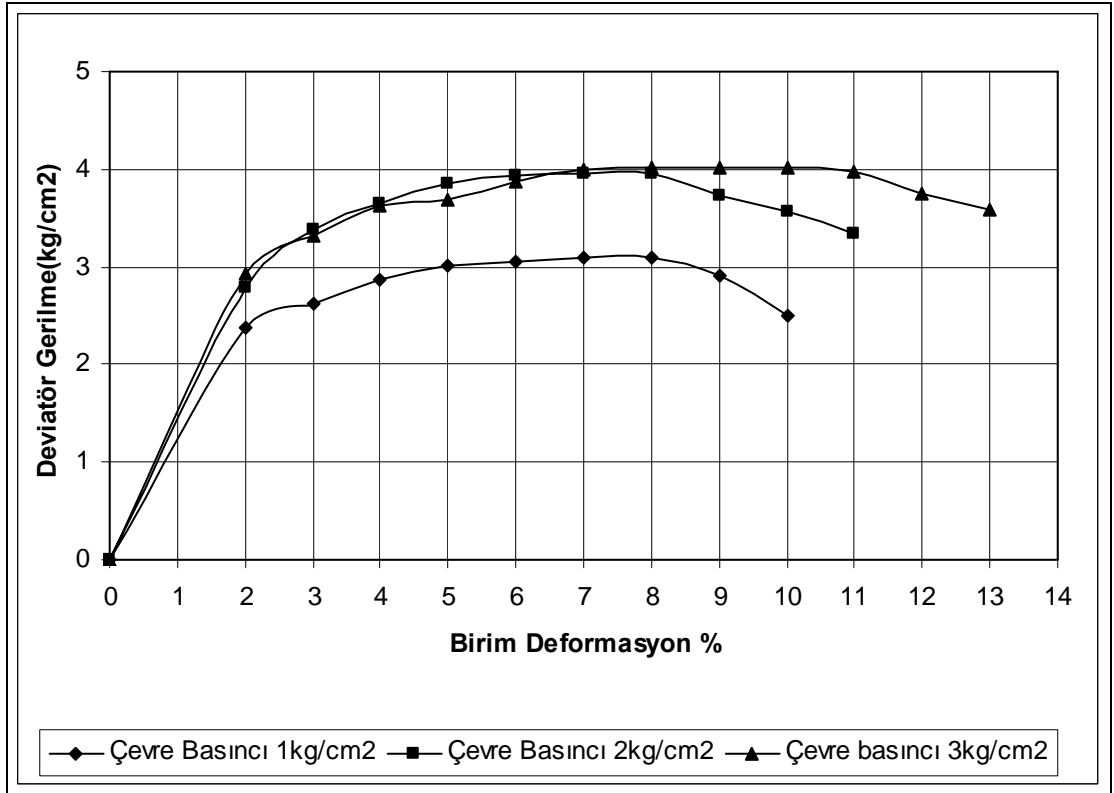
Çizelge 3.13. FU-19 $\sigma=2$ kg/cm² için kayma dayanımı değerleri

FU-19						
Polifiber %	Toplam Büyük Asal Gerilme σ_1 (kg/cm ²)	Toplam Küçük Asal Gerilme σ_3 (kg/cm ²)	C (kg/cm ²)	Φ°	$\sigma=2$ kg/cm ² için kayma dayanımı değerleri τ (kg/cm ²)	
0%	5,81	1	2,12	4,86	τ	2,29
	6,98	2				
	8,18	3				
0,1%	2,82	1	0,28	20,87	τ	1,04
	5,21	2				
	7,03	3				
0,2%	3,62	1	0,48	21,43	τ	1,26
	5,59	2				
	7,92	3				
0,3%	3,64	1	0,87	12,63	τ	1,32
	5,93	2				
	6,59	3				
0,4%	4,06	1	0,77	20,74	τ	1,53
	7,46	2				
	8,44	3				

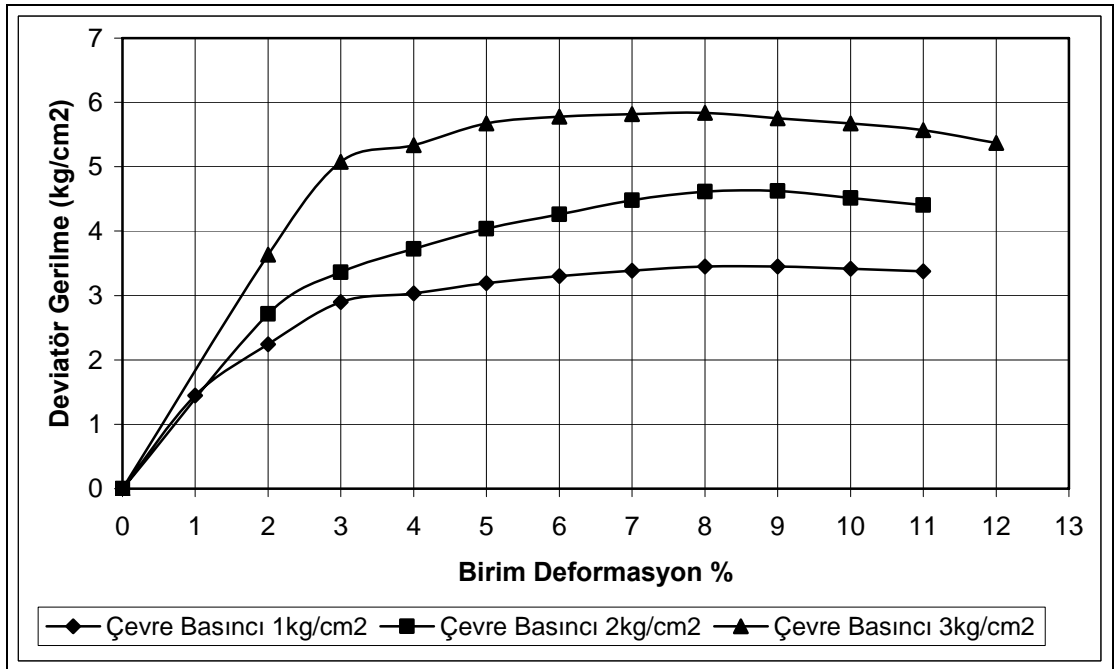
Çizelge 3.14. FU-9 $\sigma=2$ kg/cm² için kayma dayanımı değerleri

FU-9						
Polifiber %	Toplam Büyük Asal Gerilme σ_1 (kg/cm ²)	Toplam Küçük Asal Gerilme σ_3 (kg/cm ²)	C (kg/cm ²)	Φ°	$\sigma=2$ kg/cm ² için kayma dayanımı değerleri τ (kg/cm ²)	
0%	4,1	1	1,13	10,76	τ	1,51
	5,96	2				
	7,01	3				
0,1%	4,49	1	1,34	10,2	τ	1,70
	6,95	2				
	7,1	3				
0,2%	4,69	1	0,98	18,58	τ	1,65
	6,57	2				
	8,56	3				
0,3%	4,45	1	0,76	21,96	τ	1,57
	6,62	2				
	8,84	3				
0,4%	4,77	1	1,5	8,98	τ	1,82
	7,18	2				
	7,28	3				

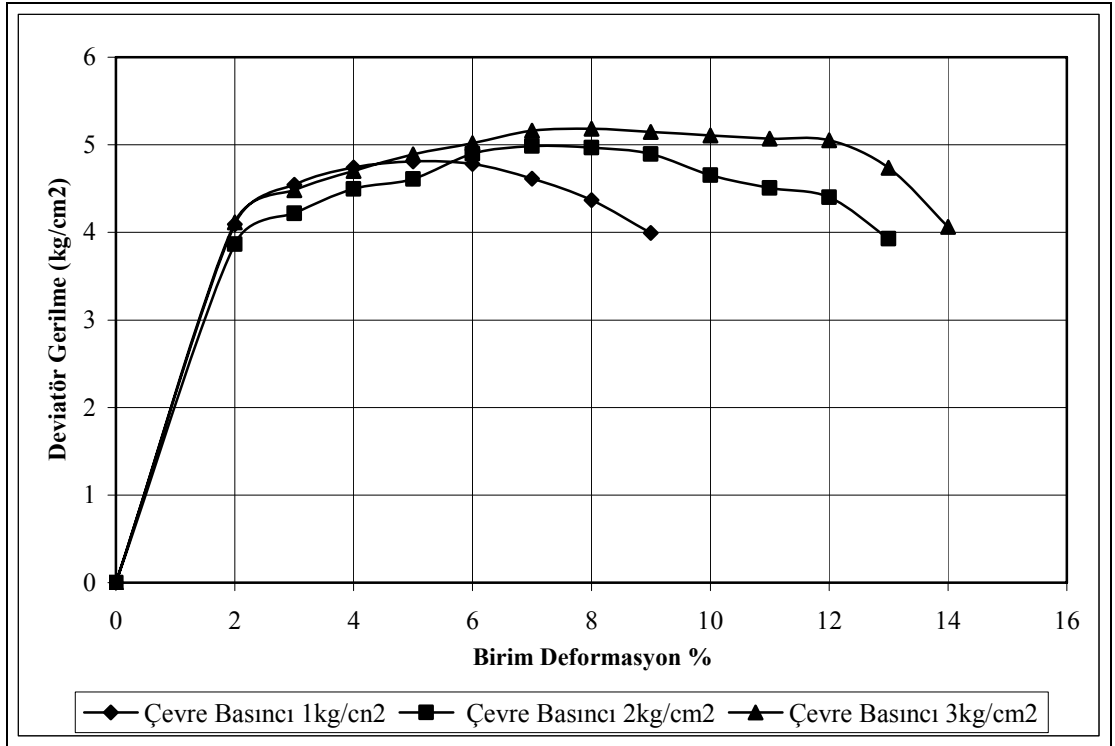
Üç eksenli basınç deneyi sonucunda elde edilen kohezyon ve içsel sürtünme açısı pik değerlere: FU-9'da %0,3 katkı yüzdesinde, FU-19'da ise %0,2 katkı yüzdesinde ulaşmıştı. Pik değerlerin elde edildiği bu katkı yüzdesinde (%0,2-%0,3) ve her üç çevre basıncında (1-2-3 kg/cm²) kil-polifiber karışımının deviyör gerilme birim deformasyon değerlerini EK-3'den alarak ve bu değerleri bir grafiğe aktararak numunenin gevrek yada sünek bir davranış gösterip göstermediğini, deviyör gerilme-Birim deformasyon grafiklerinden daha iyi görebiliriz. Buna göre kil numunesinin içerisine katılan FU-9 polifiberi %0,3 katkı yüzdesinde ve her üç çevre basıncında da Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da görüldüğü gibi malzeme davranışının sünekliliğinde bir artış gözlenmiştir. Kil içerisine %0,2 oranında katılan FU-19 polifiberi de her üç çevre basıncında da Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de görüldüğü gibi malzeme davranışının sünekliliğini arttırmıştır. Her üç çevre basıncında ve her iki katkı uzunluğunda, malzeme davranışının sünekliliğindeki artışı Şekil 3.12, Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'de daha net bir şekilde görülmektedir.



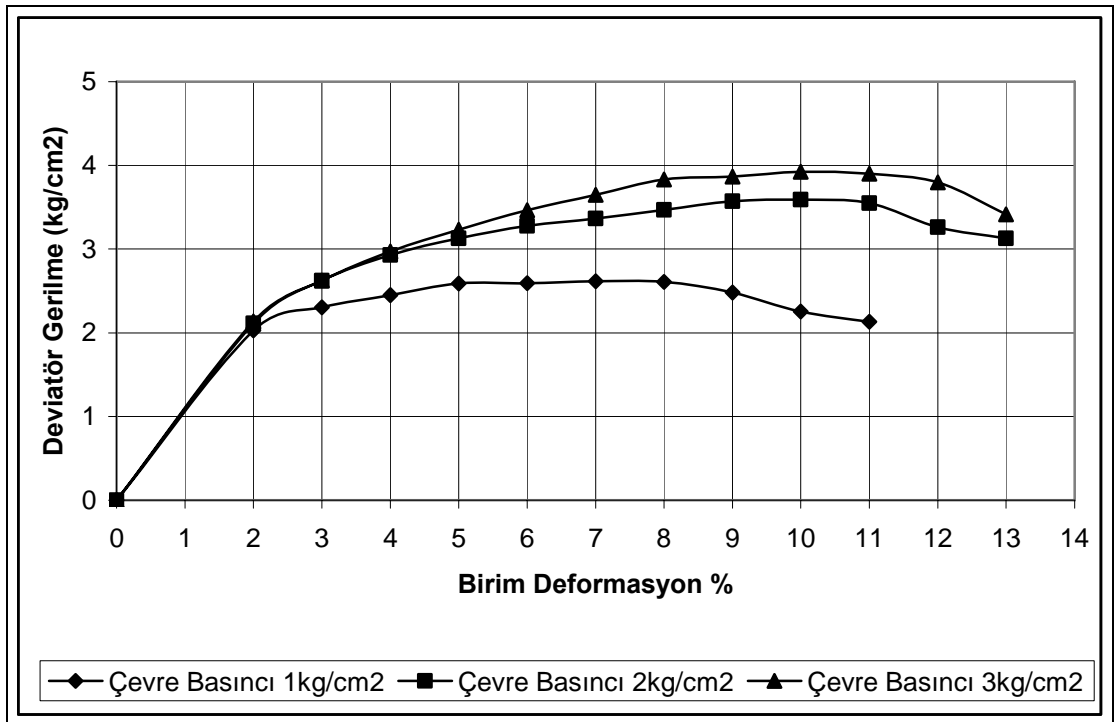
Şekil 3.8. KAK 9-0 Numunesinin deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi



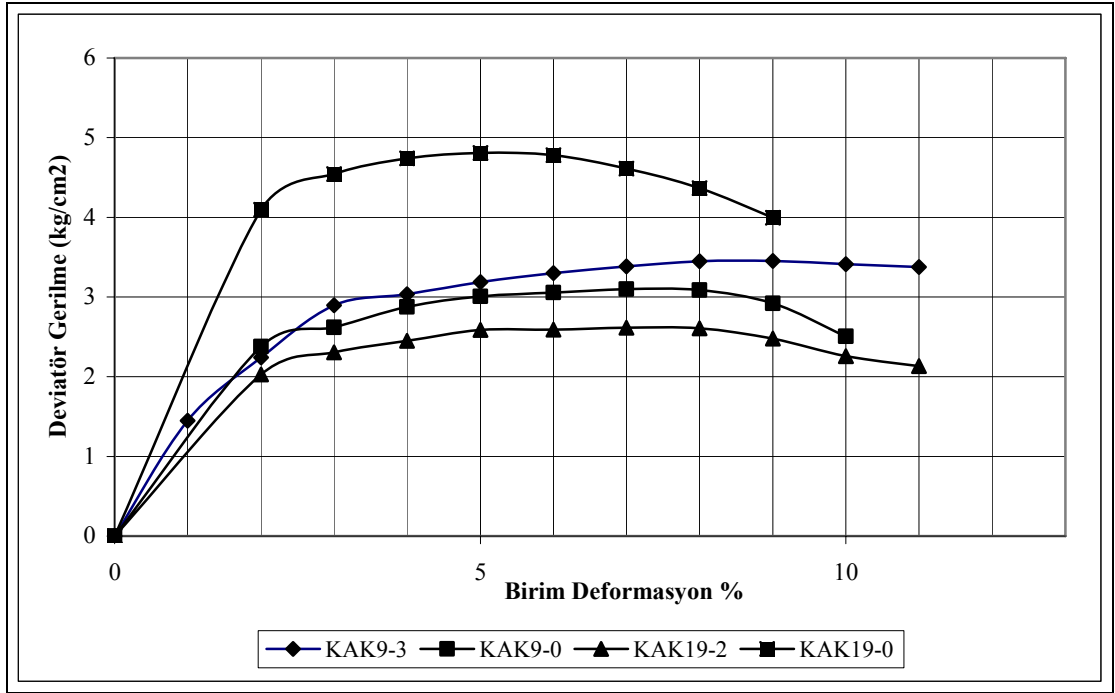
Şekil 3.9. KAK 9-3 Numunesinin deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi



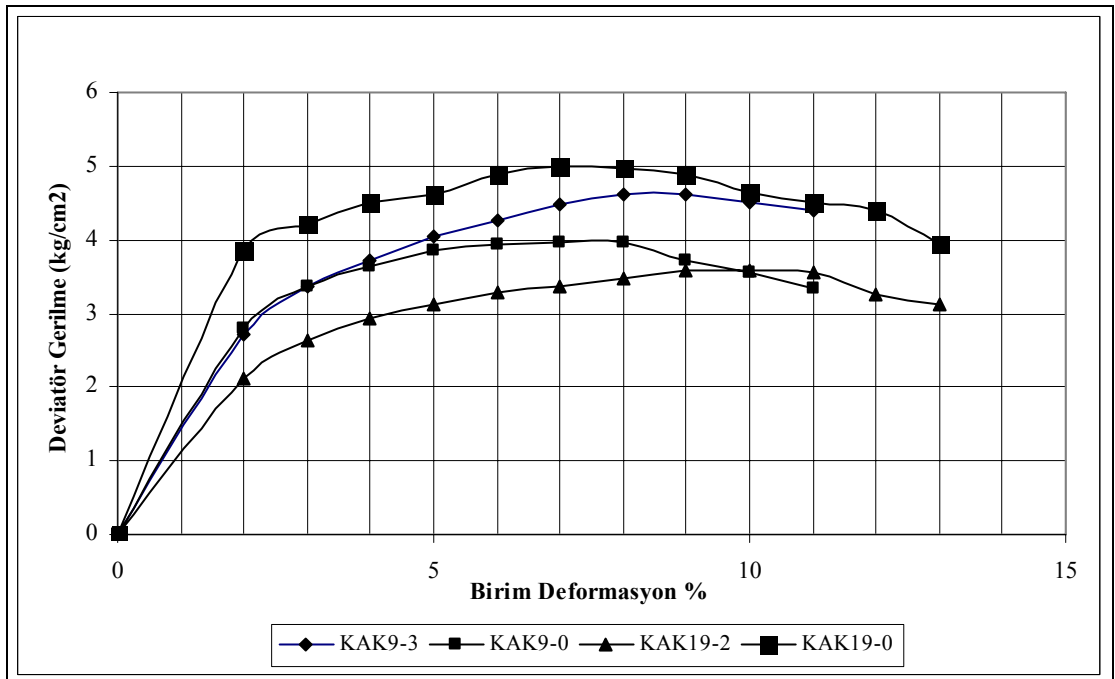
Şekil 3.10. KAK 19-0 Numunesinin deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi



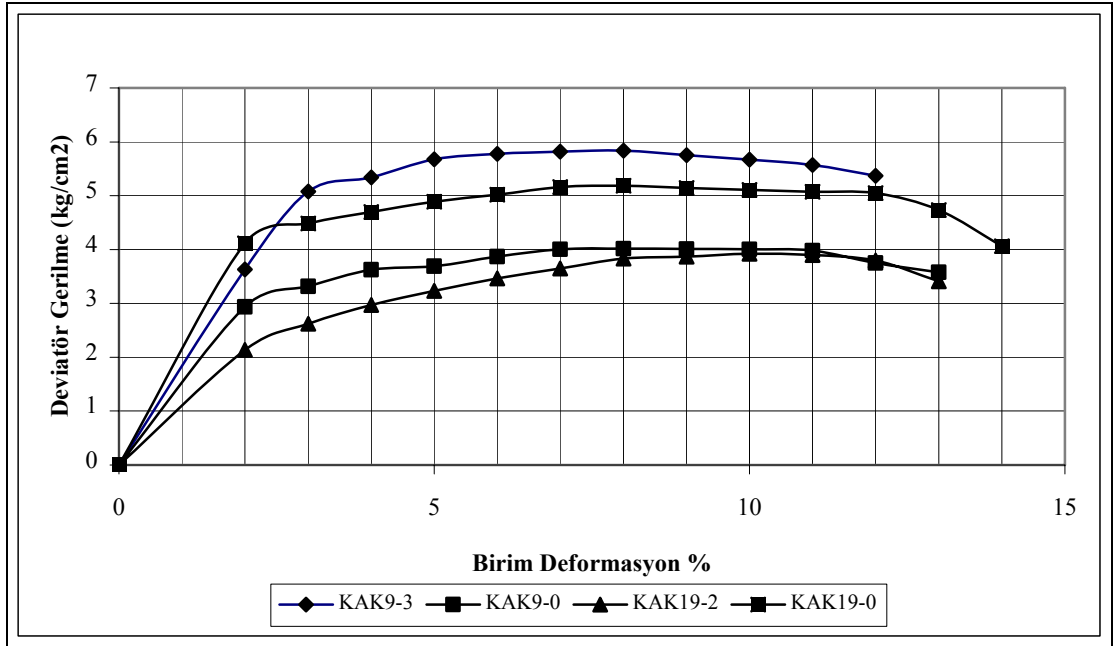
Şekil 3.11. KAK 19-2 Numunesinin deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi



Şekil 3.12. 1 kg/cm² çevre basıncında deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi



Şekil 3.13. 2 kg/cm² çevre basıncında deviatör gerilme birim deformasyon ilişkisi



Şekil 3.14. 3 kg/cm² çevre basıncında deviator gerilme birim deformasyon ilişkisi

3.3.7. Serbest basınç deneyi

Bu metod TS 1900'e göre gerçekleştirilmiştir. Serbest basınç deneyinden elde edilen maksimum gerilme birim deformasyon değerleri FU-19 için Çizelge 3.15'de FU-9 içinde Çizelge 3.16'da verilmiştir. Maksimum kuru birim hacim ağırlık (MKBA) ve optimum su muhtevasında (OSM) sıkıştırılmış polifiber-kil karışımlarında rastgele dağılmış FU-19 katkısının numunenin serbest basınç dayanımında (SBD) düzenli bir artış yada azalış kaydedilememiş ancak deformasyonlarda düzenli bir artış yakalanmıştır (Şekil 3.15). FU-9 katkısında ise numunenin hem deformasyonları hem serbest basınç dayanımında (SBD) bir artış olmuştur. Ancak %0,4 katkı yüzdesinde SBD değeri geri düşmüştür (Şekil 3.16). Numune boyunun artması deformasyonların daha fazla artışına neden olmuştur. Sonuç olarak her iki katkıda da kırılma anındaki deformasyonların artmış olduğu tespit edilmiştir, serbest basınç dayanımı ise genel olarak FU-9 katkısında artarken FU-19 katkısında net bir artış veya azalış gözlenmemiştir. KAK malzemesi katkısız kil numunesine göre farklı kırılma şekli göstermiştir (Resim 3.15). Her katkı yüzdesinde numune aynı kırılma şekli göstermemiştir (Resim 3.16).



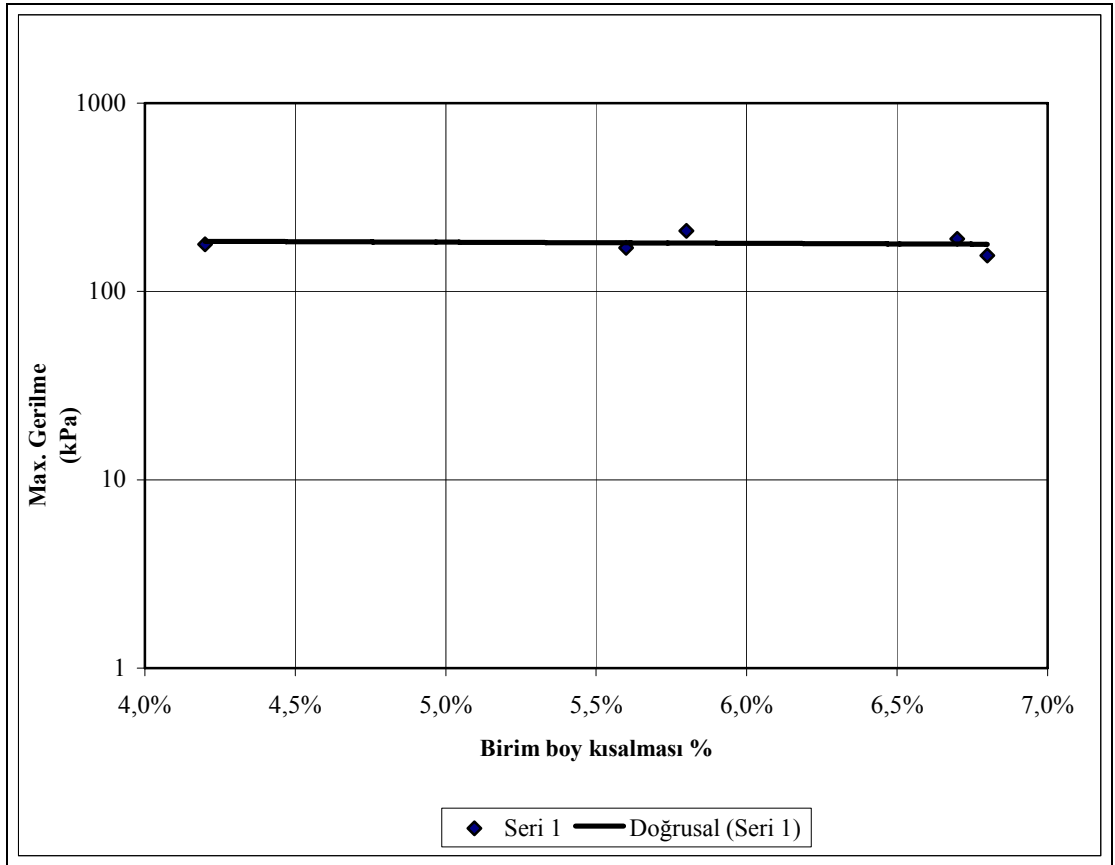
Resim 3.15. Serbest basınç cihazında KAK numunesinin kırılma anı [7]



Resim 3.16. KAK numunesinin kırılma şekli [7]

Çizelge 3.15. KAK19 Tek eksenli basınç aletinde alınan okuma değerleri

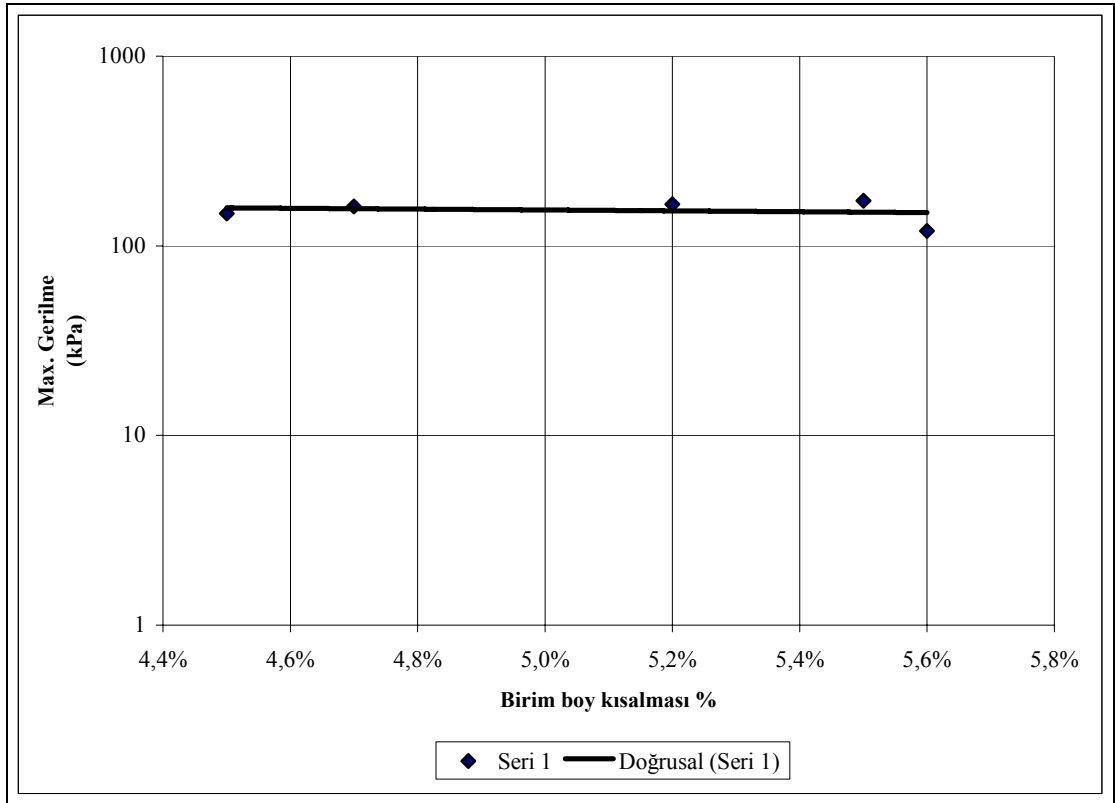
FU-19 Tek Eksenli Basınç Deneyi		
Katkı %	Max. Gerilme (kPa)	Deformasyon
0,0%	178,3	4,2%
0,1%	170,5	5,6%
0,2%	209,9	5,8%
0,3%	155,2	6,8%
0,4%	190,3	6,7%



Şekil 3.15. KAK 19 Max. gerilme birim boy kısalması ilişkisi

Çizelge 3.16. KAK9 Tek eksenli basınç aletinde alınan okuma değerleri

FU-9 Tek Eksenli Basınç Deneyi		
Katkı %	Gerilme (kPa)	Deformasyon
0,0%	148,1	4,5%
0,1%	165,8	5,2%
0,2%	161,2	4,7%
0,3%	173,2	5,5%
0,4%	119,8	5,6%



Şekil 3.16. KAK 9 Max. gerilme birim boy kısalması ilişkisi

3.3.8.CBR deneyi

Deney AASHTO T-193 metoduna göre yapılmıştır. Farklı uzunluklardaki fiber lifler kil içerisine ağırlıkça %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 oranlarında karıştırılarak ve suda bekletmek suretiyle gerçekleştirilen CBR deneylerinde (Resim 3.17), genel olarak 2.54 mm batmaya karşılık gelen CBR değeri, taşıma oranı olarak alınır. Eğer 5.08 mm batmadaki oran daha büyük ise deney tekrarlanmalıdır. Yine aynı sonuç elde ediliyorsa 5.08 mm'lik batmaya karşı gelen oran CBR değeri olarak alınır. Deney sonuçları ortalama değerlerin %10'undan az sapma gösterdiği için, sonuçların ortalaması EK-4'de verilmiştir. Değilse deney tekrarlanır. Elde edilen sayısal veriler ışığında %0,4'e kadar fiber oranı artışı donatısız CBR değerini değiştirmedeği net bir şekilde görülmüştür (Çizelge 3.17).



Resim 3.17. KAK numunesinin yaş CBR'a yatırılması [7]

Çizelge 3.17. Çeşitli katkı yüzdelerinde ortalama CBR değerleri

KAK 9 Ortalama CBR %					
Katkı Yüzdesi	0,0%	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%
Ortalama CBR %	3,7	4,2	4,2	4	4,1
KAK 19 Ortalama CBR %					
Katkı Yüzdesi	0,0%	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%
Ortalama CBR %	3,6	3,75	3,27	3,2	2,4

3.3.9. Yük oturma deneyi

Deney ASTM D 4546'ya göre gerçekleştirilmiştir. KAK numunesi çeşitli katkı yüzdelerinde konsolidasyon aletine yerleştirilmiş (Resim 3.18) ve her yük kademesinde dial okumaları alınmıştır (Resim 3.19). Her yük kademesinde alınan dial okumaları ve nihai oturma değerleri FU-9 için Çizelge 3.18 ve Çizelge 3.19'da, FU-19 için ise Çizelge 3.20 ve Çizelge 3.21'de verilmiştir. FU-9 polifiber malzemesi kil içerisine ağırlıkça %0,1 ve %0,2 katıldığında oturmaları düzenli bir şekilde azaltmış, oturma miktarı %0,3 ve %0,4 katkılarında ise çok az miktarda artma göstermiştir. Dolayısıyla FU-9 katkısı oturmayı azaltmış diyebiliriz (Şekil 3.17). FU-19 katkısı oturma miktarını %0,1, %0,2, %0,3 katkı yüzdelerinde olağan bir şekilde azaltmış, %0,4 katkı yüzdesinde oturma miktarı az oranda artma göstermiştir (Şekil 3.18). Sonuç olarak kilin oturmasını azaltmada FU-19 malzemesi FU-9'a göre daha etkili olmuştur. Dolayısıyla katkı maddesinin boyu arttıkça oturma miktarı daha etkili azalmaktadır.



Resim 3.18. KAK numunelerinin konsolidasyon aletinde yüklenmesi [7]



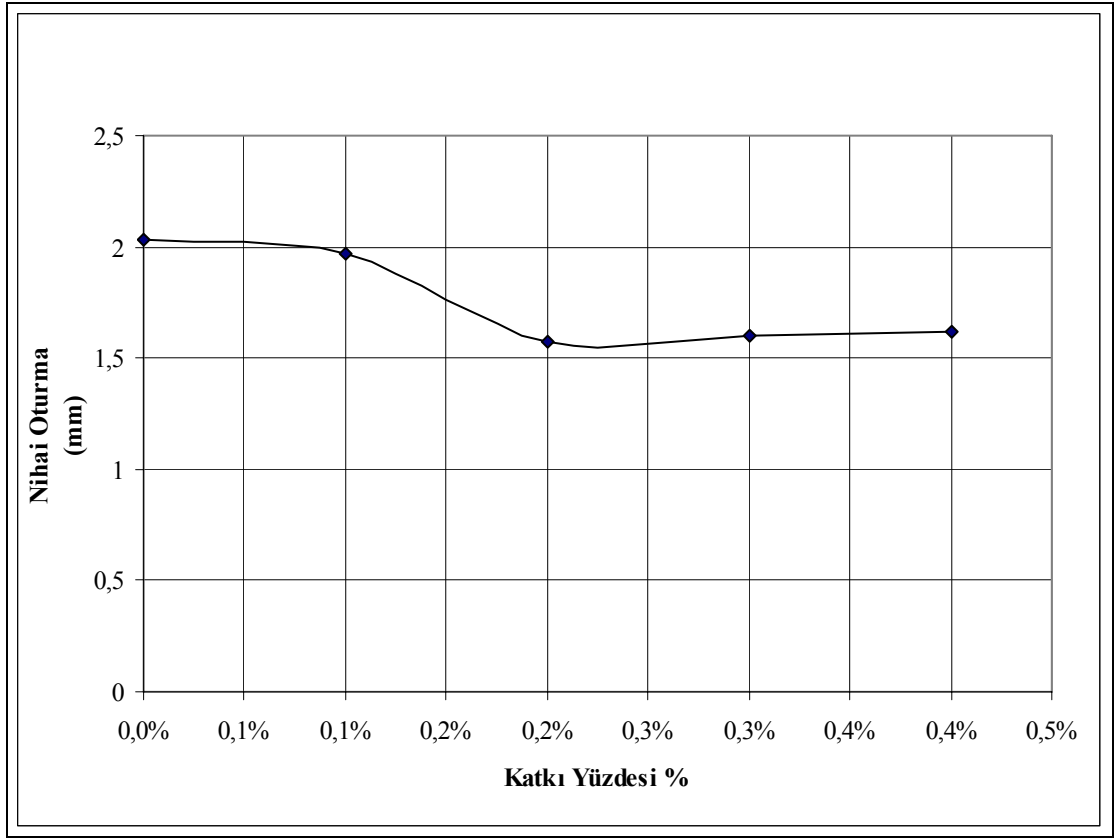
Resim 3.19. KAK numunesinin yük kademelerinde okumalarının alınması [7]

Çizelge 3.18. FU-9'un çeşitli katkı ve Yük kademelerinde dial okumaları

FU-9					
Yük kademesi (kg/cm2)	Fiber katkısız	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%
	Dial Oku.	Dial Oku.	Dial Oku.	Dial Oku.	Dial Oku.
	1107	1096	1097	1094	1085
2	1191	1140	1115	1114,5	1108
4	1381	1323	1216	1203,5	1185
8	1758	1714	1518	1511,5	1499
16	2123	2079	1884	1892,5	1895

Çizelge 3.19. FU-9'un çeşitli katkı ve Yük kademelerinde oturma miktarı

Gün	FU-9 Yük Kademelerinde Oturma Miktarı (mm)				
	0,0%	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%
1. gün	0,168	0,088	0,036	0,041	0,046
2.gün	0,548	0,454	0,238	0,219	0,2
3.gün	1,302	1,236	0,842	0,835	0,828
4.gün	2,032	1,966	1,574	1,597	1,62



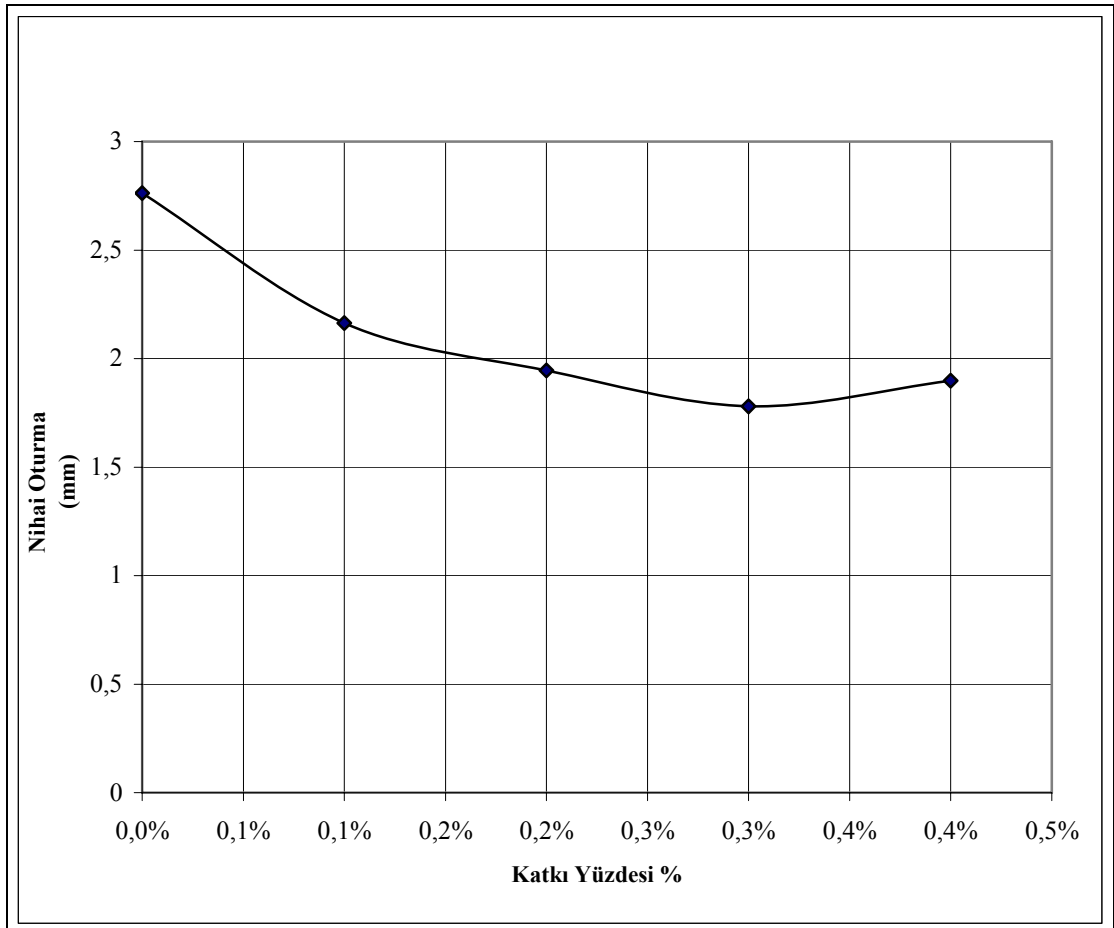
Şekil 3.17. KAK 9 4. gün sonunda elde edilen, nihai oturma katkı yüzdesi ilişkisi

Çizelge 3.20. FU-19'un çeşitli katkı ve Yük kademelerinde dial okumaları

FU-19					
	Fiber katkısız	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%
Yük kademesi (kg/cm ²)	Dial Oku.	Dial Oku.	Dial Oku.	Dial Oku.	Dial Oku.
	1175	1218	1121,5	1105	1176
2	1426	1348	1206	1185	1279,5
4	1754	1520	1359	1298	1418
8	2184	1928	1722	1619	1757
16	2556	2300	2094	1995	2125

Çizelge 3.21. FU-19'un çeşitli katkı ve Yük kademelerinde oturma miktarı

Gün	FU-19 Yük Kademelerinde Oturma Miktarı (mm)				
	0,0%	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%
1. gün	0,502	0,26	0,169	0,16	0,207
2.gün	1,158	0,604	0,475	0,386	0,484
3.gün	2,018	1,42	1,201	1,028	1,162
4.gün	2,762	2,164	1,945	1,78	1,898



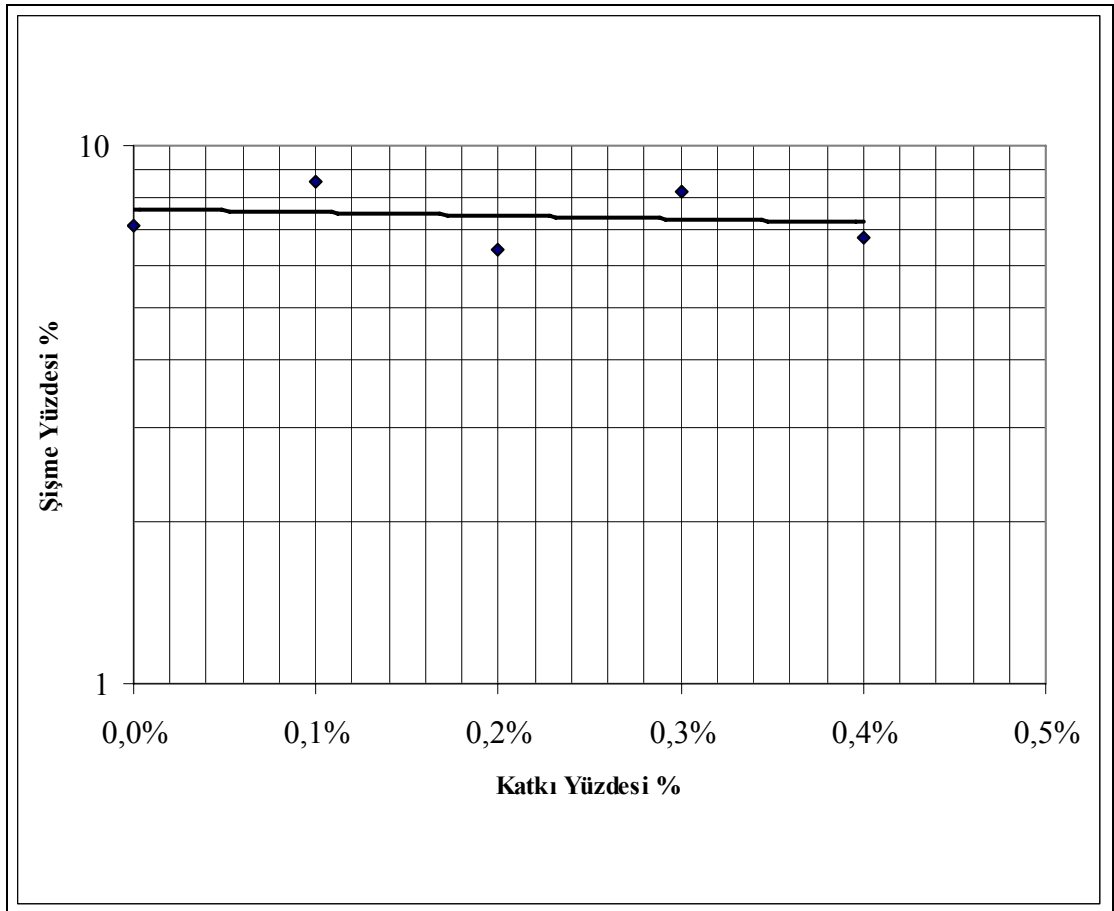
Şekil 3.18. KAK 19 4. gün sonunda elde edilen, nihai oturma katkı yüzdesi ilişkisi

3.3.10. Şişme yüzdesi deneyi

Bu deney konsolidasyon aletiyle gerçekleştirilmiş olup, ASTM-D4546'ya göre yapılmıştır. Numune uygun kalıba alınarak konsolidasyon aletine yerleştirildi ve haznesine su ilave edilerek şişmeye bırakıldı. Şişme değeri sabitlenince ilk numune yüksekliği ile arasında oluşan fark numune yüksekliğine oranlanarak zeminin serbest şişme miktarı (şişme yüzdesi) hesaplanmıştır. Kil içerisine ağırlıkça %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 oranlarında katılan FU-19 kilin şişme yüzdesinde bir değişiklik yapmamıştır (Çizelge 3.22). Şekil 3.19'da bu sonuç daha net görülmektedir. FU-9 katkısında kilin şişme yüzdesinde bir değişiklik yapmamıştır (Çizelge 3.23). Şekil 3.20'de şişme yüzdesinin değişmediği görülmektedir. Sonuç olarak şişme yüzdesine F tipi polifiberlerin bir katkısı yoktur.

Çizelge 3.22. FU-19 Çeşitli katkı yüzdelerinde şişme yüzdesi

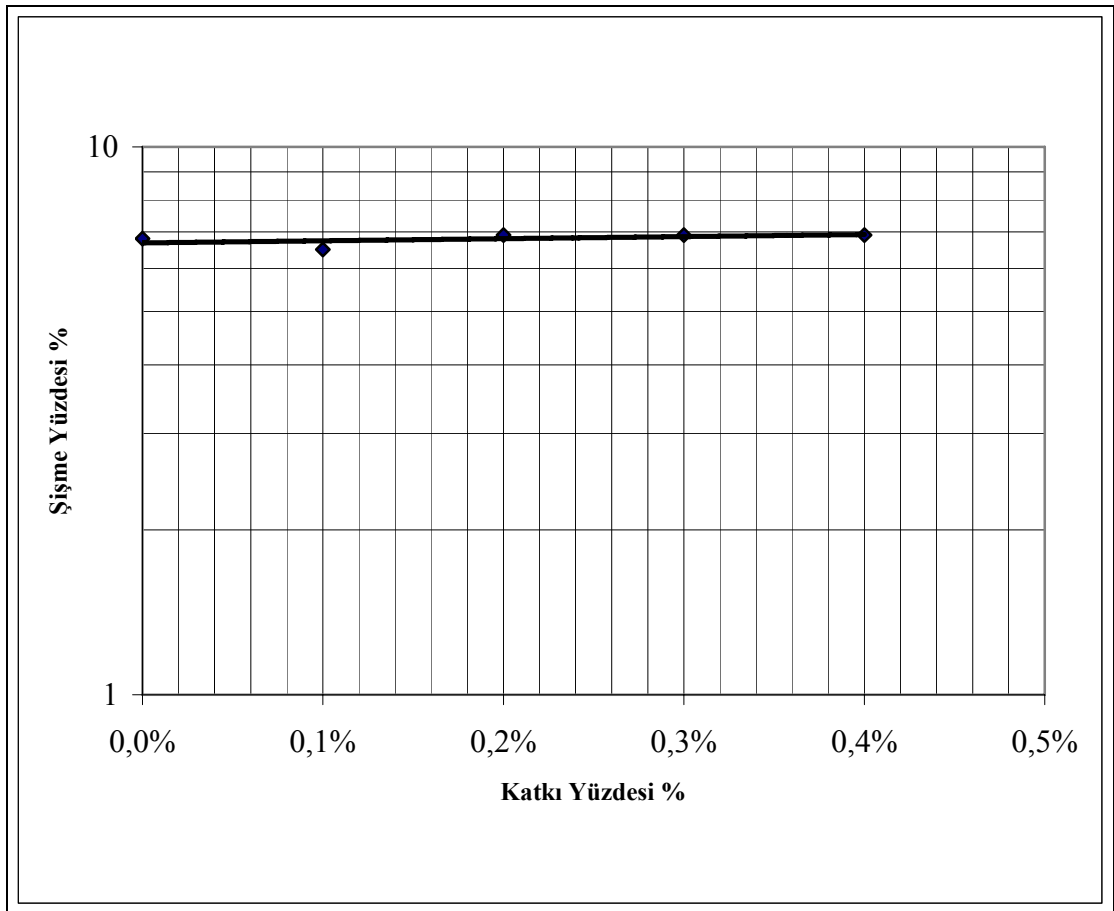
Şişme Yüzdesi % FU-19	
Kil	7,1
Kil+%0,1 Katkılı	8,6
Kil+%0,2 Katkılı	6,4
Kil+%0,3 Katkılı	8,19
Kil+%0,4 Katkılı	6,77



Şekil 3.19. FU-19 Şişme yüzdesi katkı oranı ilişkisi

Çizelge 3.23. FU-9 Çeşitli katkı yüzdelerinde şişme yüzdesi

Şişme Yüzdesi % FU-9	
Kil	6,8
Kil+%0,1 Katkılı	6,5
Kil+%0,2 Katkılı	6,9
Kil+%0,3 Katkılı	6,9
Kil+%0,4 Katkılı	6,9



Şekil 3.20. FU-9 Şişme yüzdesi katkı oranı ilişkisi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Üç Eksenli Basınç Deneyi sonucunda polifiber katkı maddesinin, kil-polifiber karışımının genel olarak kohezyon değerini düşürdüğü, içsel sürtünme açısını ise arttırdığı görülmüştür. Fiber uzunluklarının bu artış ve azalış miktarlarını önemli derecede değiştirdiği saptanmıştır. Uzun olan fiber kısa fibere göre kohezyon ve içsel sürtünme açısını daha fazla değiştirmiştir. Kil-polifiber karışımının kayma dayanımına bakıldığında ise kısa fiberin daha etkili olduğu görülmüştür. Polifiber boyunun kısılması polifiber malzemenin kil içerisinde daha homojen dağılmasını sağlamış ve kayma dayanımını genel olarak arttırmıştır. FU-19 katkısı kil-polifiber karışımının kayma dayanımını azaltmış FU-9 katkısı ise arttırmıştır. Ankara Kili gibi yüksek plastisiteli bir malzemenin dayanımını arttırmak istiyorsak FU-9 katkısı tercih edilmelidir. Üç eksenli basınç aletiyle gerçekleştirilen deneylerde kil içerisine FU-9 malzemesi %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 katkı yüzdelerinde karıştırılmış ve her üç çevre basıncında (1, 2, 3 kg/cm²) kayma dayanımı %0,3 katkı yüzdesinde pik değere ulaşmıştır. Sonuç olarak kil içerisine FU-9 malzemesi %0,3 yüzdesinde karıştırıldığında kil-polifiber karışımının kayma dayanımı pik değere ulaşmıştır. Her iki katkı maddesinde de malzeme davranışının sünekliliğinde artış gözlenmiştir. Polifiber uzunluklarının, malzeme sünekliliğindeki artışı üzerindeki değişimi çok belirgin değildir.

Serbest Basınç Deneyinde FU-19, FU-9 katkı maddeleri KAK malzemesinin deformasyonlarını arttırmıştır. Polifiber malzemenin uzunluğu deformasyonlardaki artışı etkilemektedir. FU-19 katkısı FU-9 katkısına göre deformasyonları daha fazla arttırmıştır. Serbest Basınç Dayanımında (SBD) FU-19 katkı malzemesinde düzenli bir artış yada azalış meydana gelmemiştir. SBD FU-9 katkısında düzenli bir artış göstermiştir.

Standart Proctor Deney Aletiyle yapılan, farklı uzunluktaki Polifiber malzemenin kil içerisine ağırlıkça %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 oranlarında karıştırılmasıyla MKBA ve

OSM değerlerinde kayda değer bir değişiklik yapmamıştır. Polifiber malzemenin MKBA ve OSM değerlerine hiçbir katkısı yoktur.

CBR deneyinde ise farklı uzunluklardaki fiberler kil içerisine ağırlıkça %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 oranlarında karıştırılarak ve suda bekletmek suretiyle gerçekleştirilmiş ve CBR oranlarında bir değişikliğe neden olmamıştır. Dolayısıyla Polifiber malzeme kil-polifiber karışımının CBR değerlerinde hiçbir değişiklik yapmamıştır.

Yük-oturma deneyinde farklı yük kademelerinde kil-polifiber oturmasını azaltmada FU-19 malzemesi FU-9'a göre daha etkili olmuştur. Dolayısıyla katkı maddesinin uzunluğu arttıkça oturma miktarı daha etkili olarak azalmaktadır.

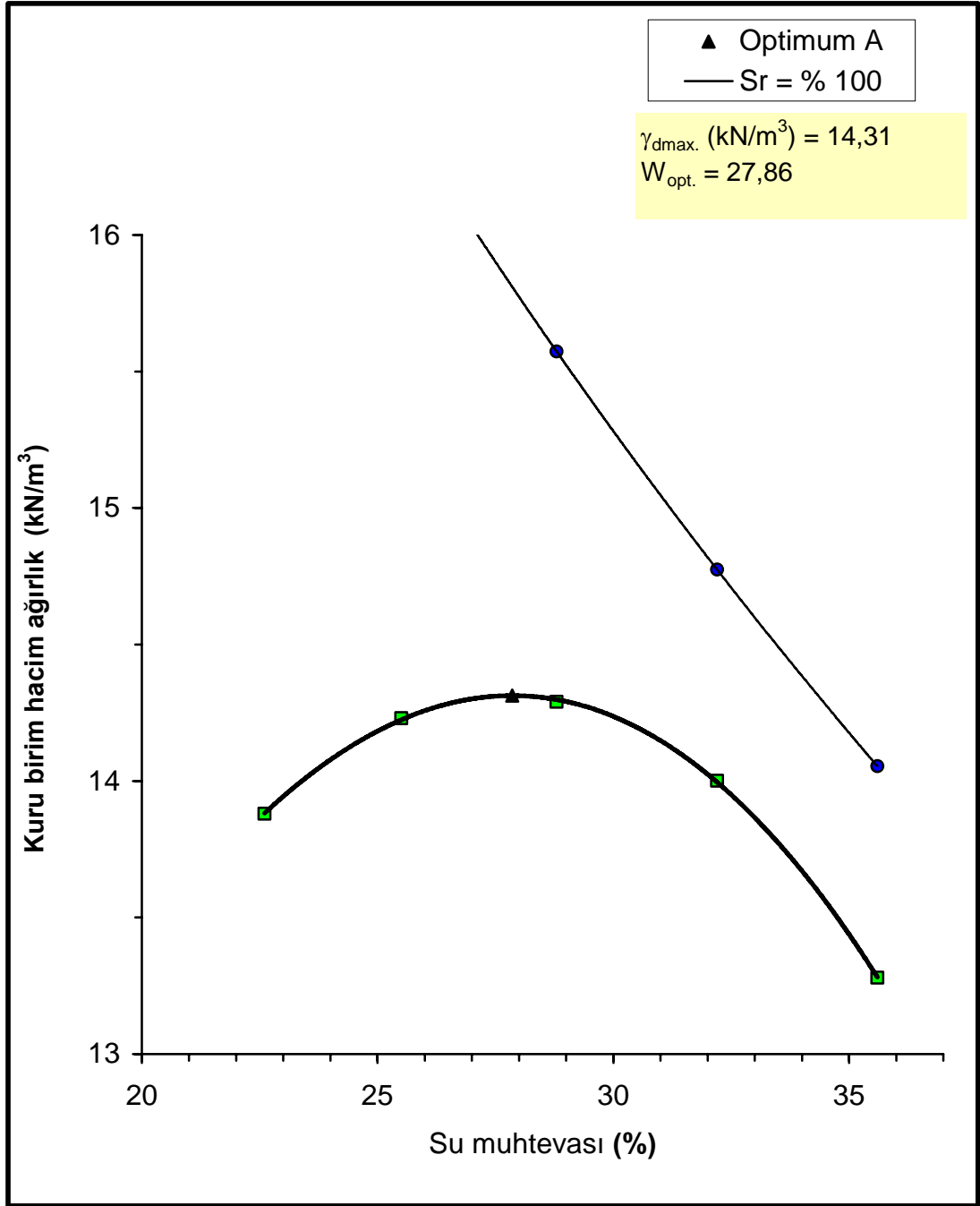
Şişme Yüzdesi Deneyinde Kil içerisine ağırlıkça %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 oranlarında katılan FU-9 ve FU-19 polifiberleri kilin şişme yüzdelerinde bir değişiklik yapmamıştır. Sonuç olarak şişme yüzdesine F tipi polifiberlerin bir katkısı yoktur.

KAYNAKLAR

1. Yıldırım, S., “Zemin İncelemesi Ve Temel Tasarımı”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 430, (2002).
2. Kaniraj, S., Havanagi, R. “Behaviour of Cement-Stabilized Fiber-Reinforced Fly Ash-Soil Mixtures”, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127(7): 574-583(2001).
3. Kumar, R., Kanaujia, V.K., Chadra, D., “Engineering Behavior Of Fiber-Reinforced Pond Ash And Silty Sand”, *Geosynthetics International*, 6 (6): 509-518(1999).
4. Yetimoğlu, T., Salbaş, Ö., “A Study on Shear Strength of Sands Reinforced with Randomly Distributed Discrete Fibers”, *Geotextiles and Geomembranes, Journal of the International Geosynthetics Society*, 21 (2): 103-110(2003).
5. Nataraj, M.S., McManis, K.L.”Strenght and Deformation of Properties of Soils Reinforced with Fibrillated Fibers.”, *Geosynthetics International*, 4(1),65-79(1996).
6. Polipropilen Elyaf Sanayi ve Dış Ticaret Ltd. Şti., Katalog(2006)
7. Özdemir, A., Fotoğraf Arşivi(2006)

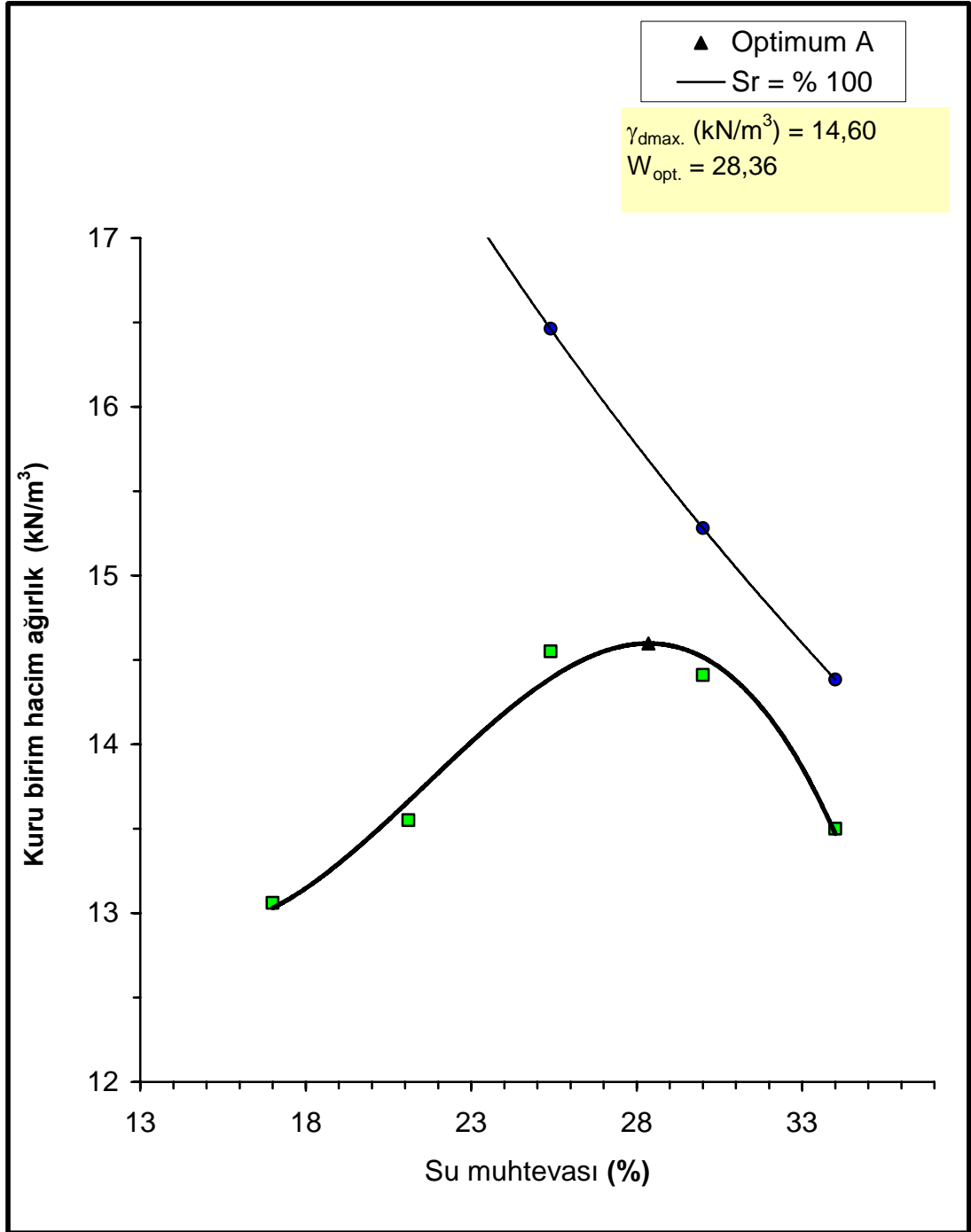
EKLER

EK-1 Proctor deneyi sonuçları



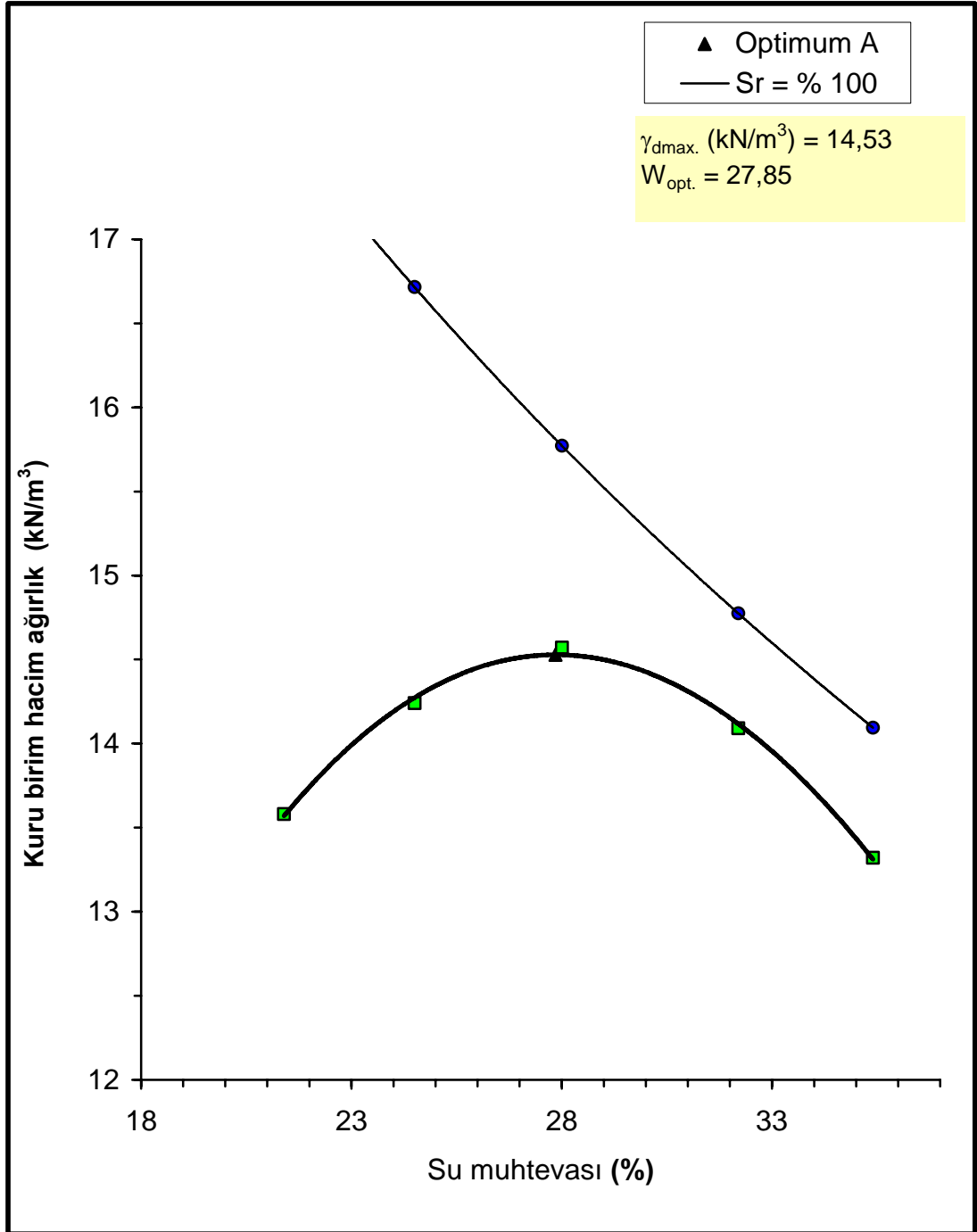
Şekil 1.1. KAK 19-0 Standart proctor eğrisi

EK-1 (Devam) Proctor deneyi sonuçları



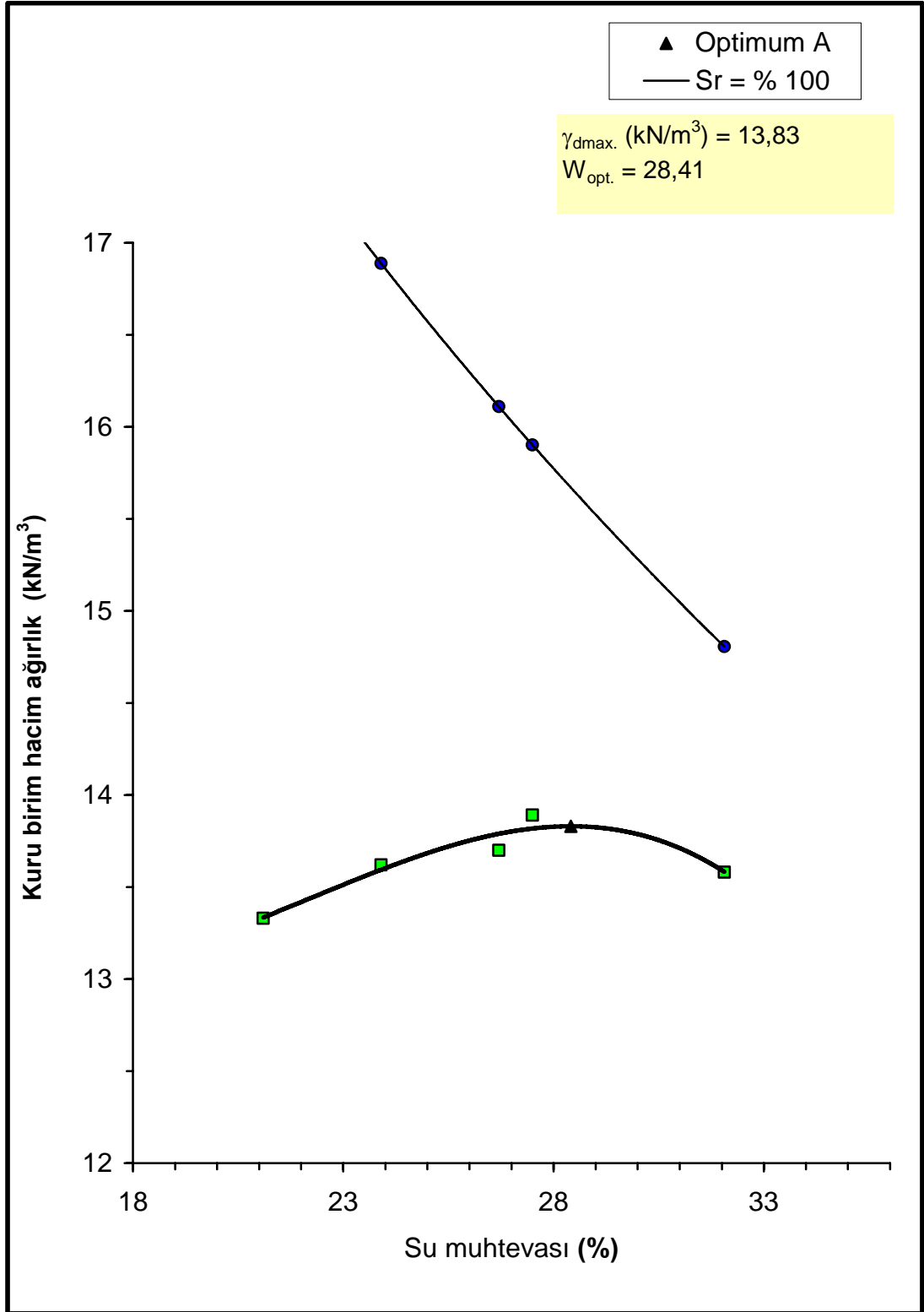
Şekil 1.2. KAK 19-1 Standart proctor eğrisi

EK-1 (Devam) Proctor deneyi sonuçları



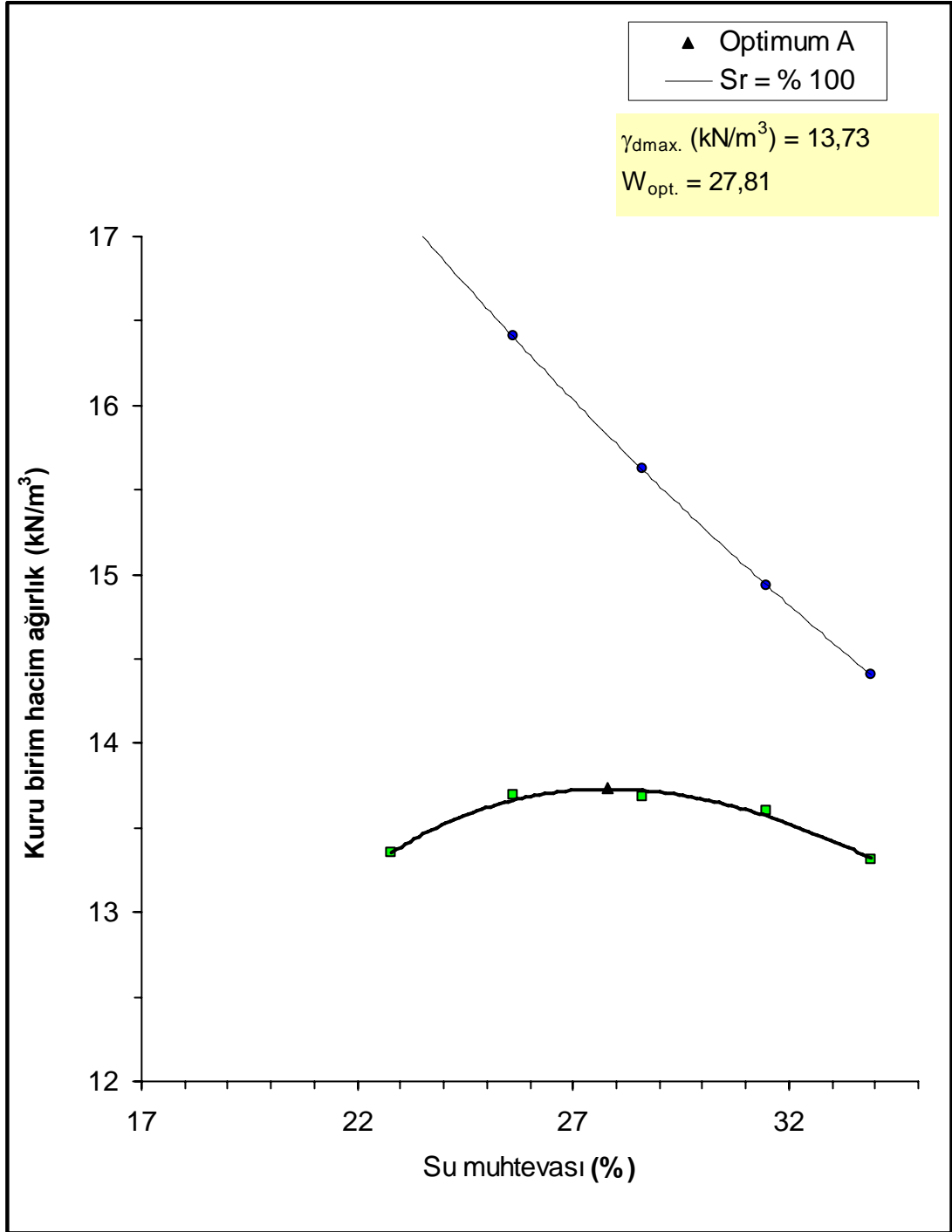
Şekil 1.3. KAK 19-2 Standart proctor eğrisi

EK-1 (Devam) Proctor deneyi sonuçları



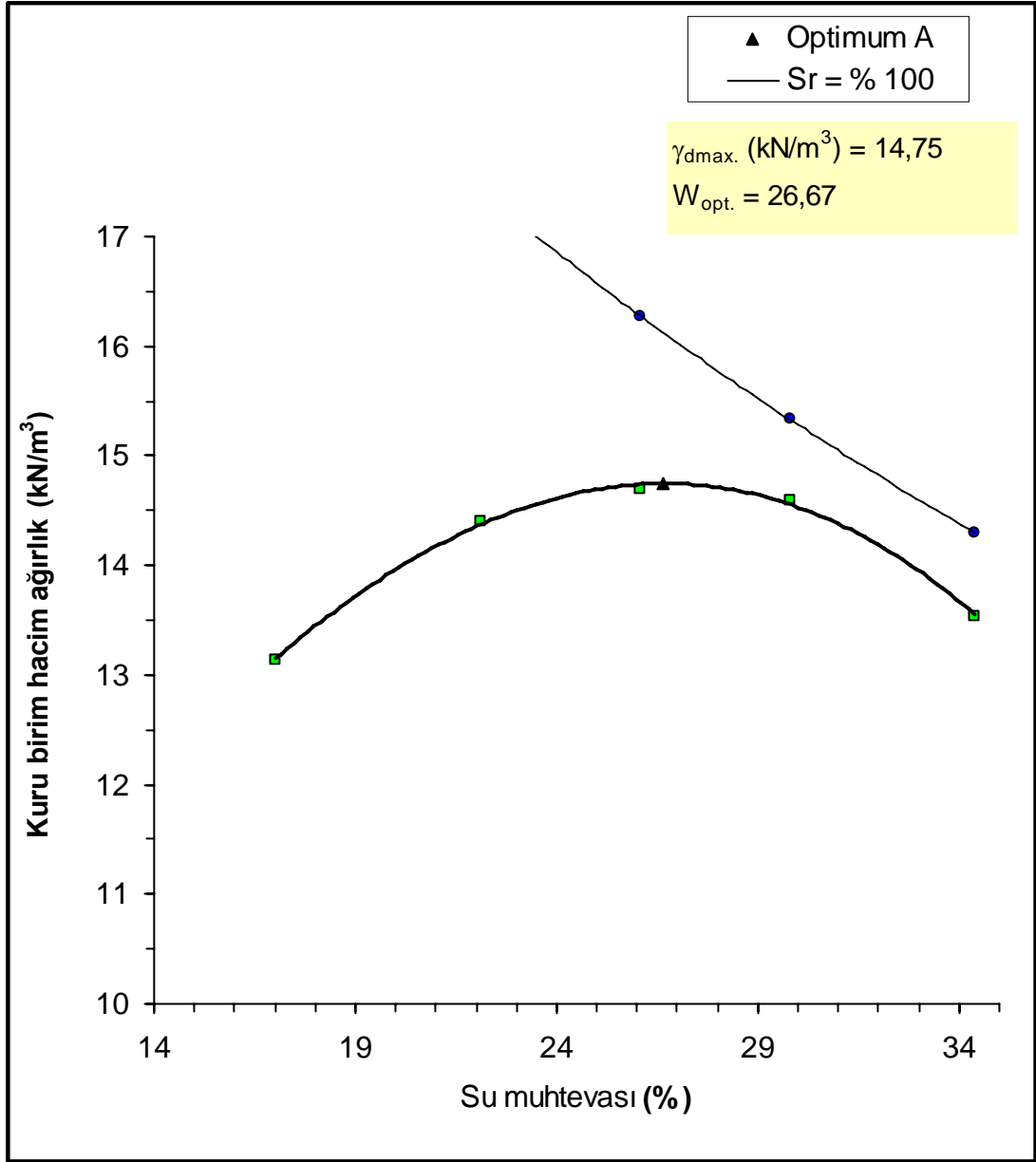
Şekil 1.4. KAK 19-3 Standart proctor eğrisi

EK-1 (Devam) Proctor deneyi sonuçları



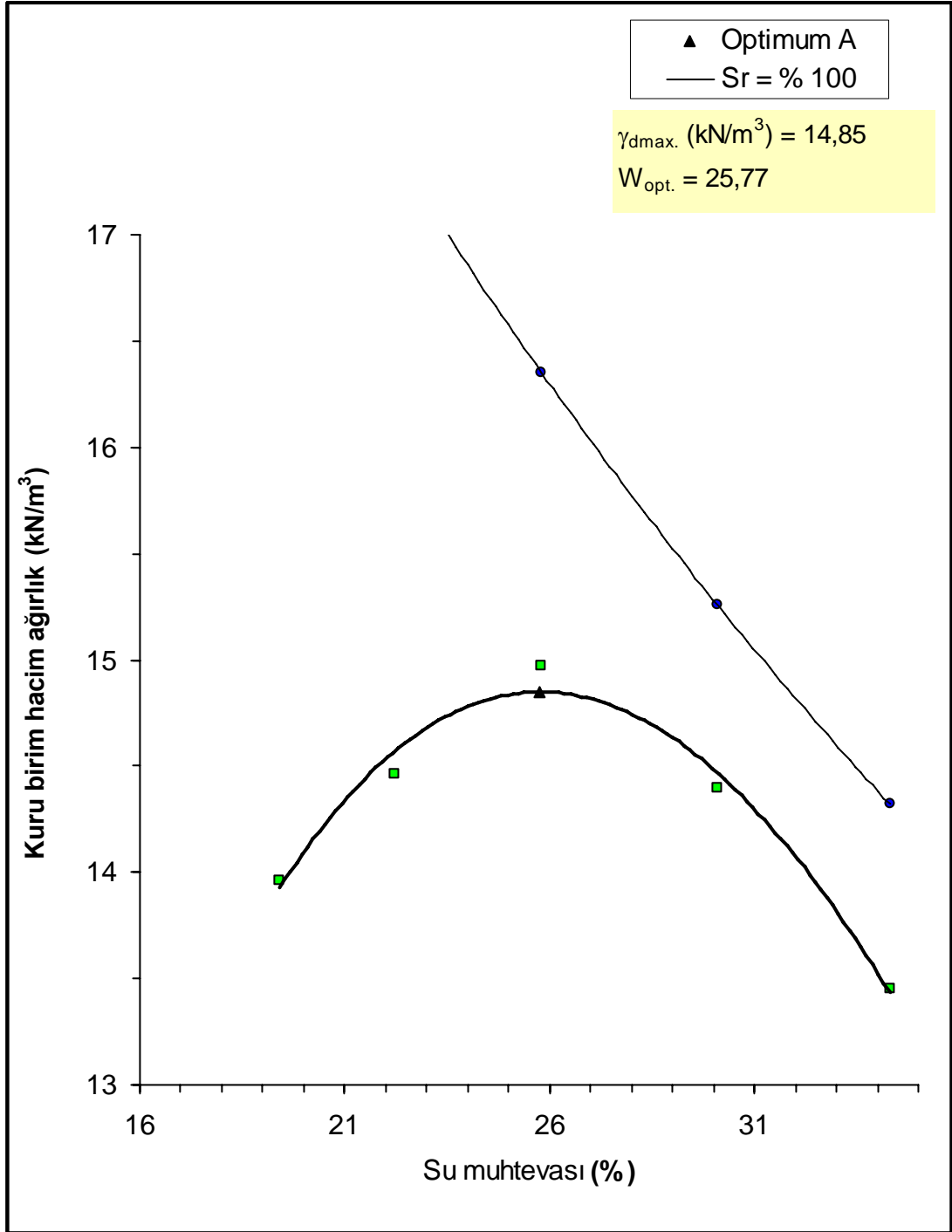
Şekil 1.5. KAK 19-4 Standart proctor eğrisi

EK-1 (Devam) Proctor deneyi sonuçları



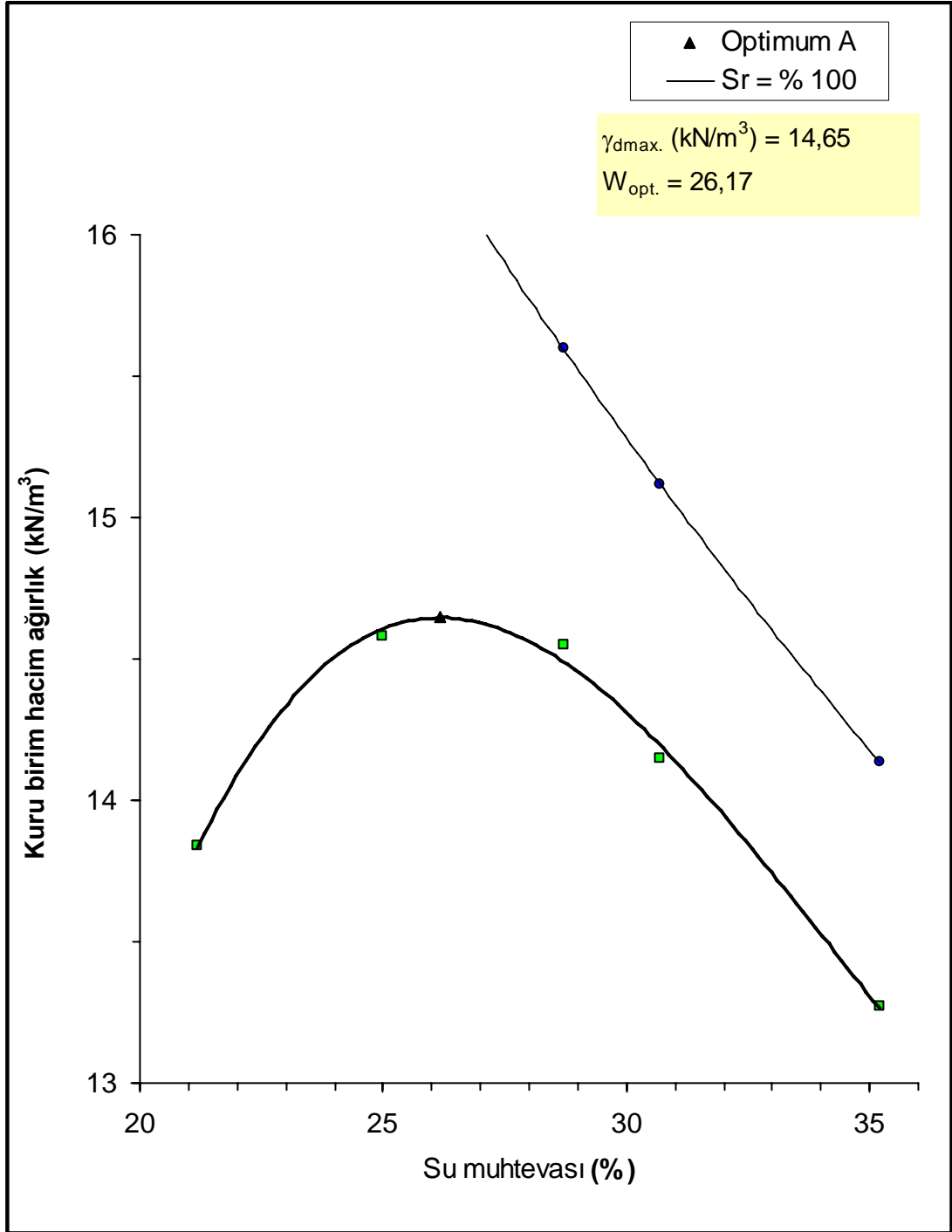
Şekil 1.6. KAK 9-0 Standart proctor eğrisi

EK-1 (Devam) Proctor deneyi sonuçları



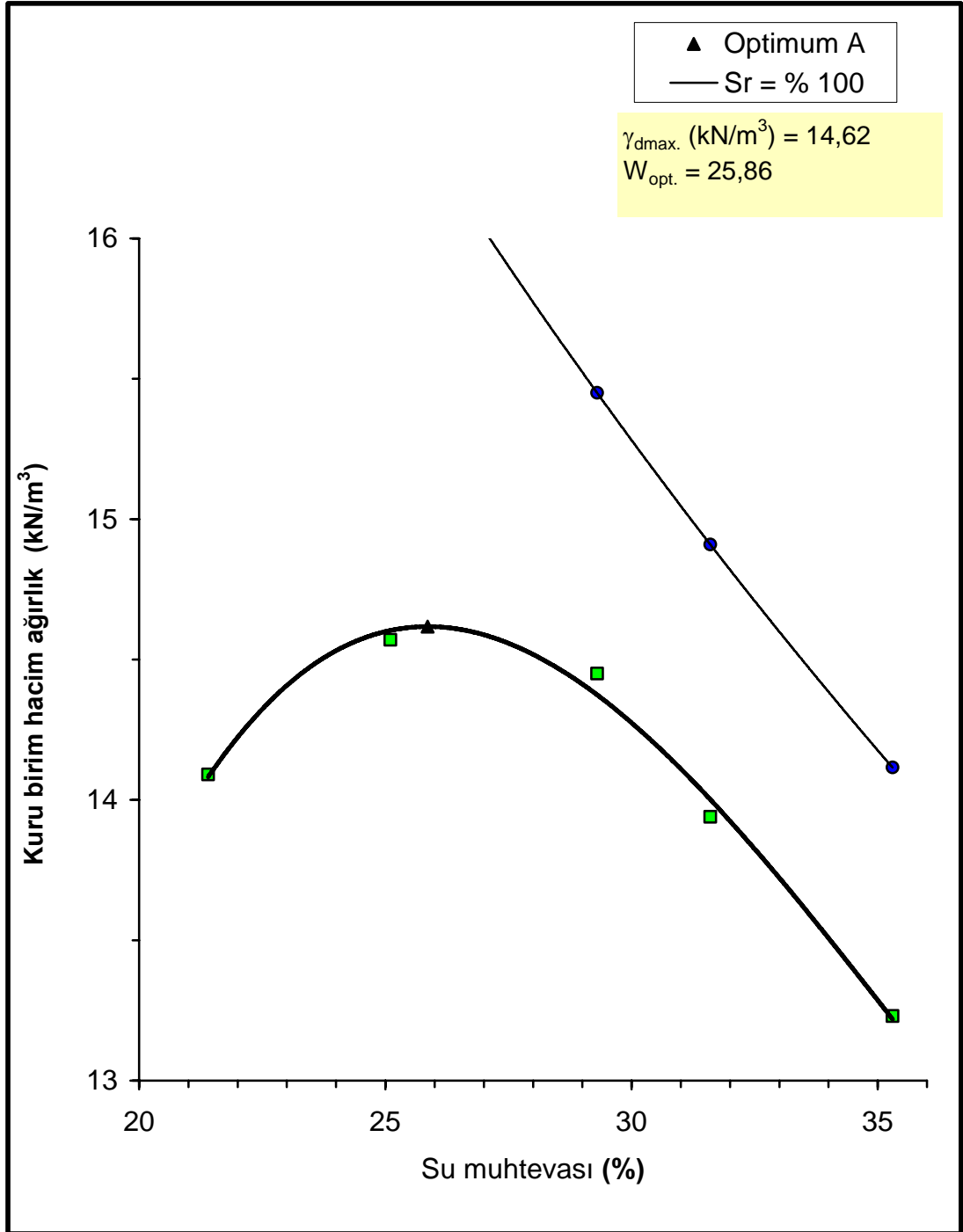
Şekil 1.7. KAK 9-1 Standart proctor eğrisi

EK-1 (Devam) Proctor deneyi sonuçları



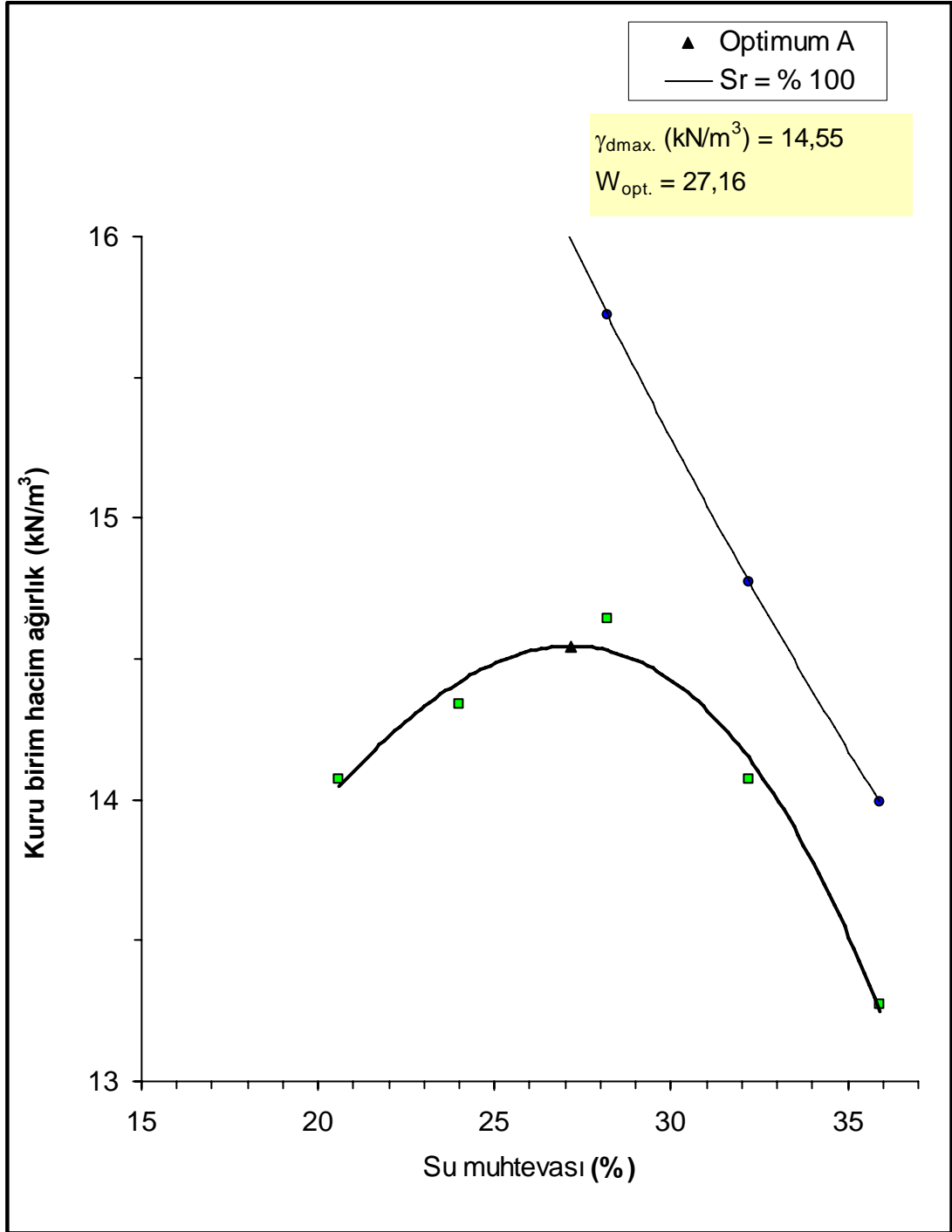
Şekil 1.8. KAK 9-2 Standart proctor eğrisi

EK-1 (Devam) Proctor deneyi sonuçları



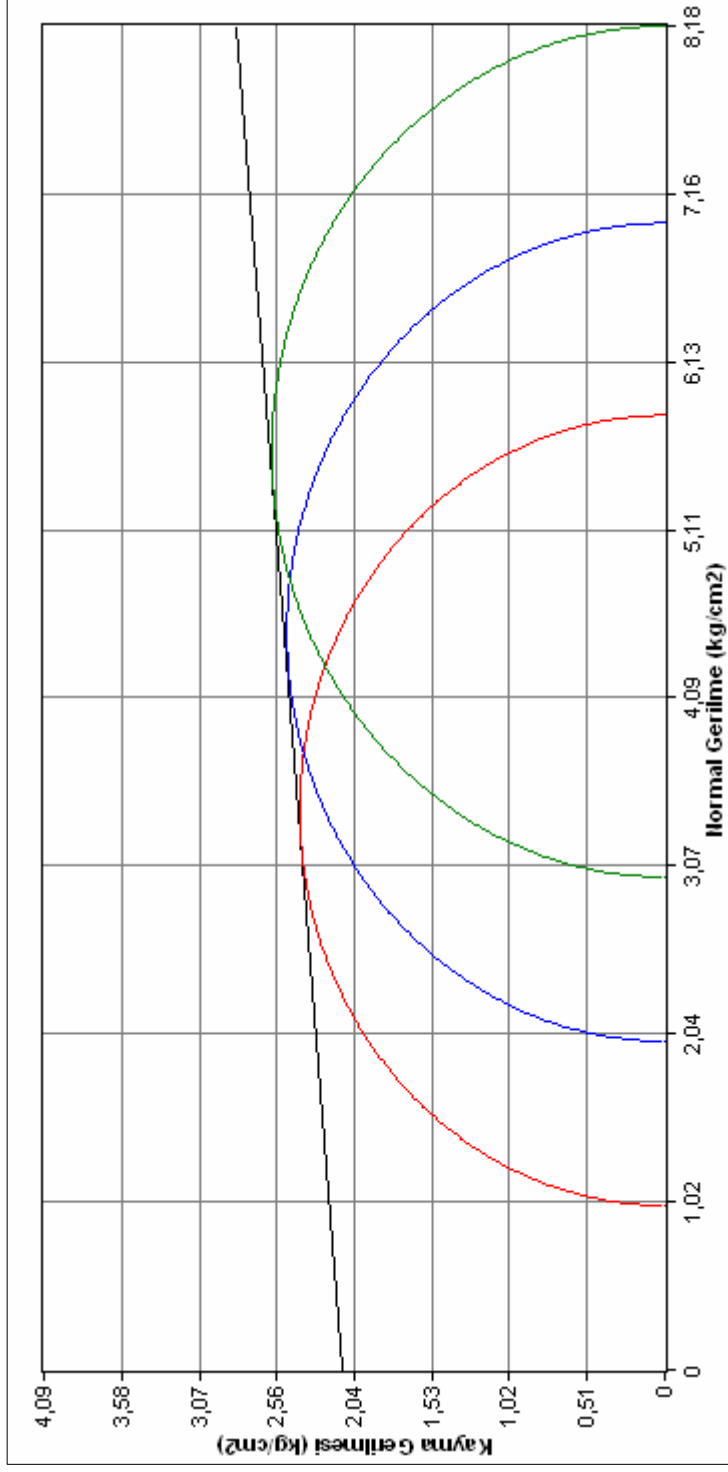
Şekil 1.9. KAK 9-3 Standart proctor eğrisi

EK-1 (Devam) Proctor deneyi sonuçları



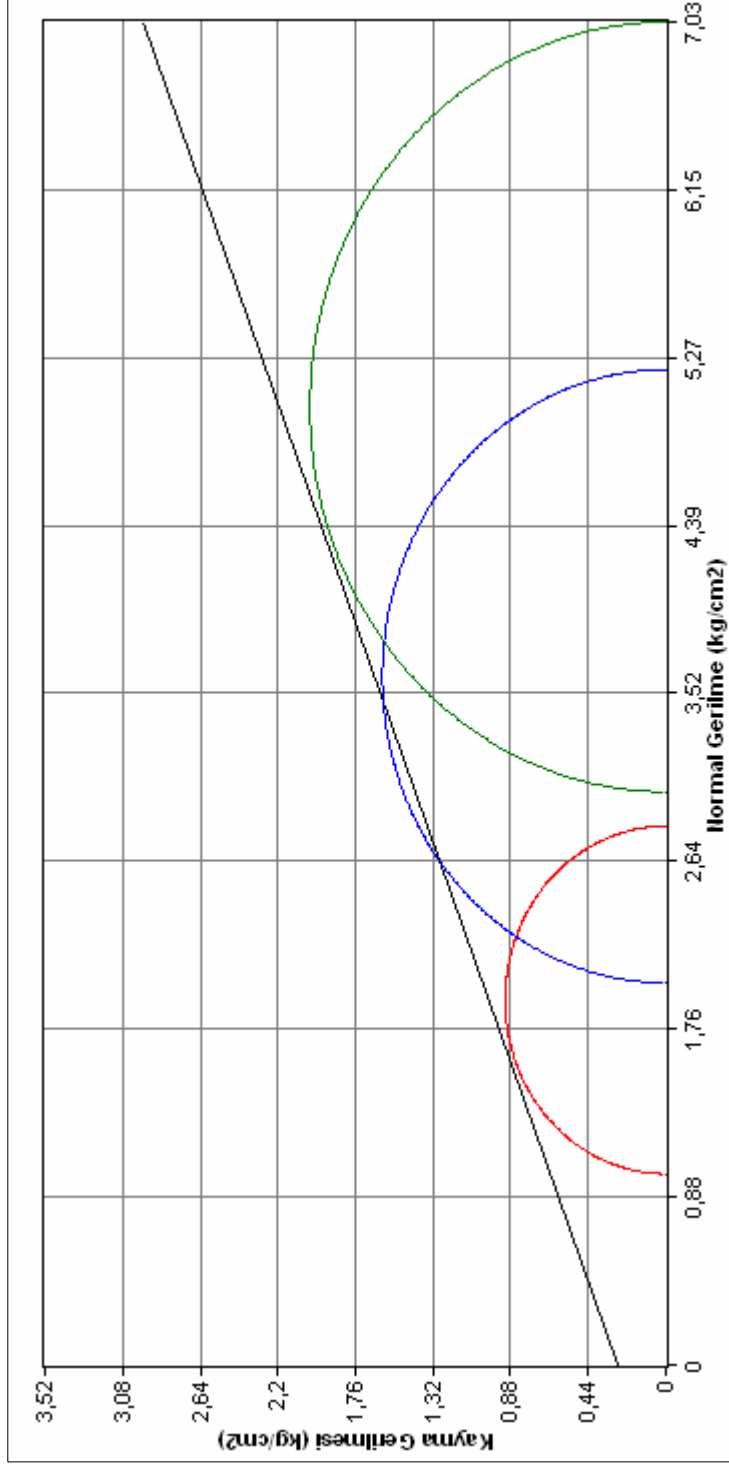
Şekil 1.10. KAK 9-4 Standart proctor eğrisi

EK-2 Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



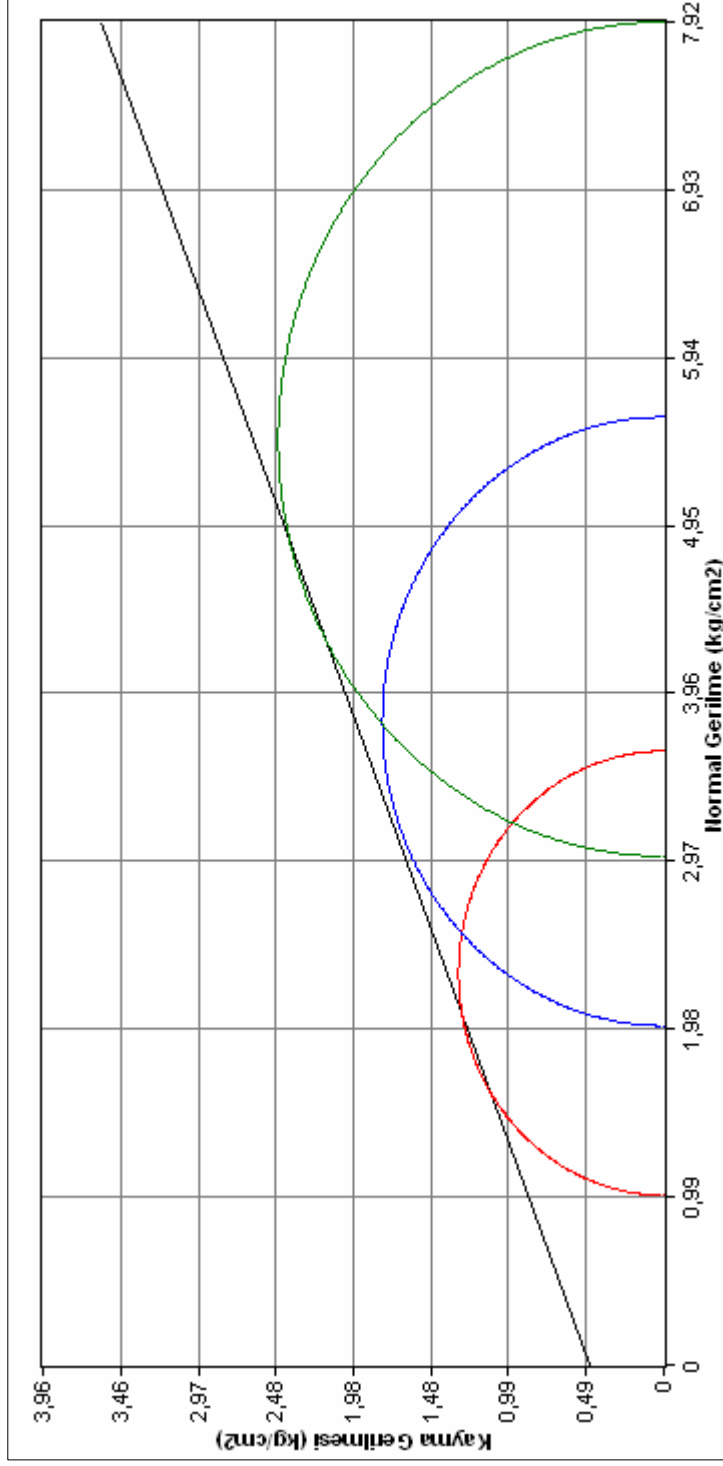
Şekil 2.1. KAK19-0 $c=2,12$ kg/cm², $\Phi=4,86$

EK-2 (Devam) Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



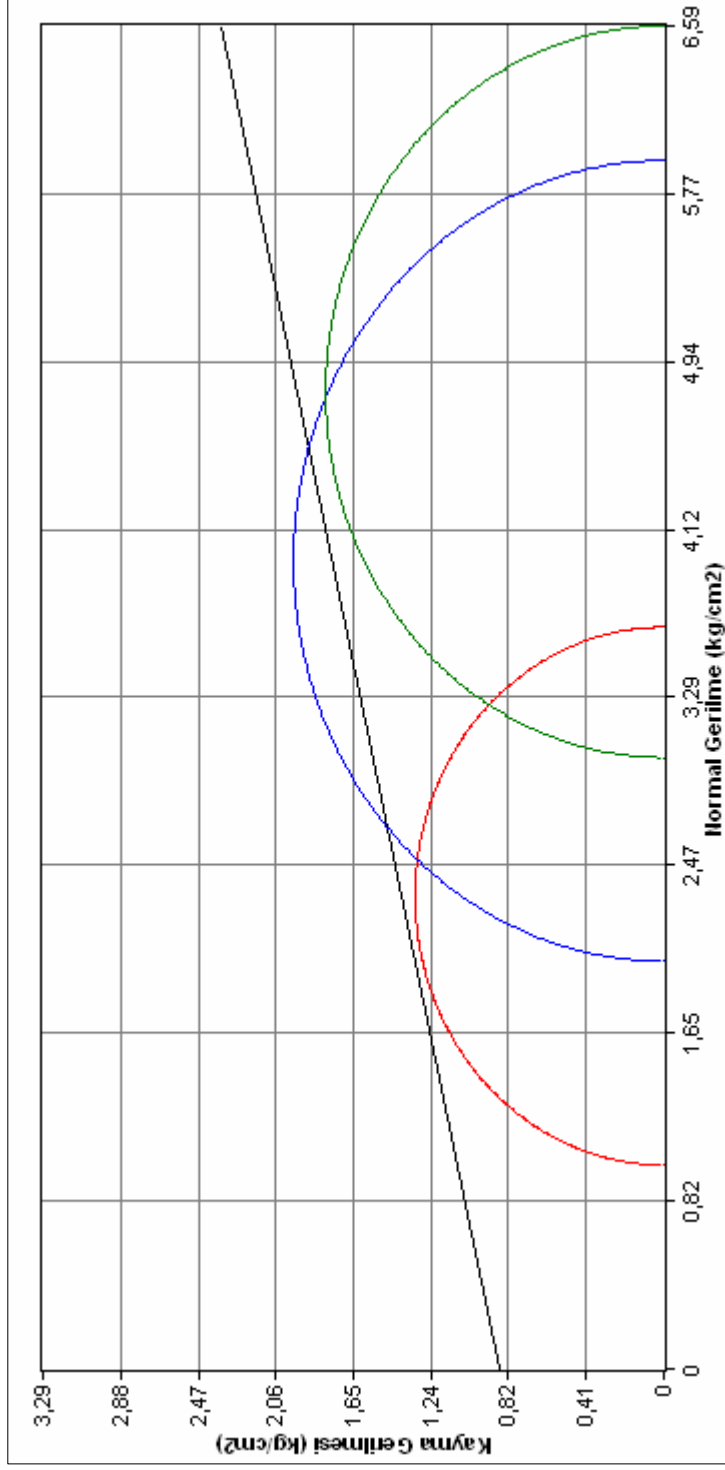
Şekil 2.2. KAK19-1 $c=0,28$ kg/cm², $\Phi=20,87$

EK-2 (Devam) Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



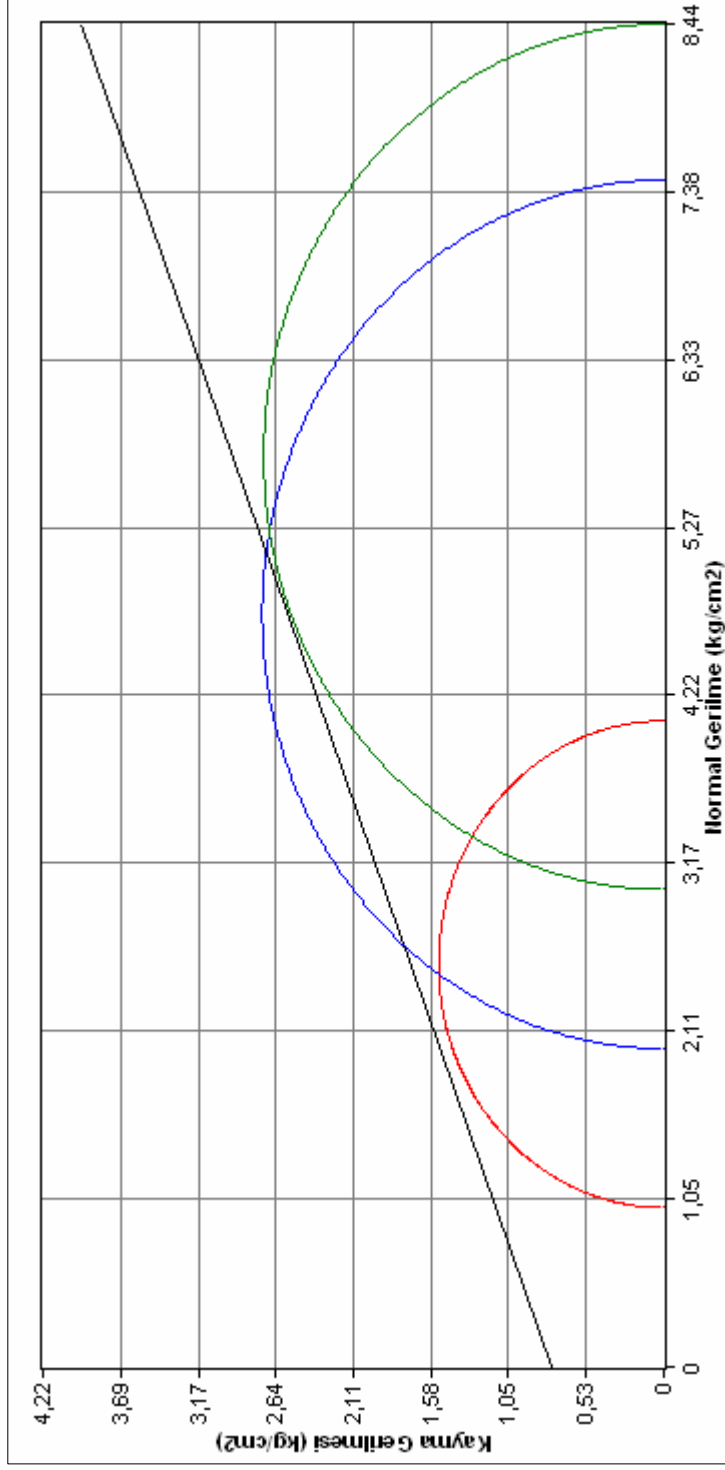
Şekil 2.3. KAK19-2 c=0,48cm², $\Phi=21,43$

EK-2 (Devam) Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



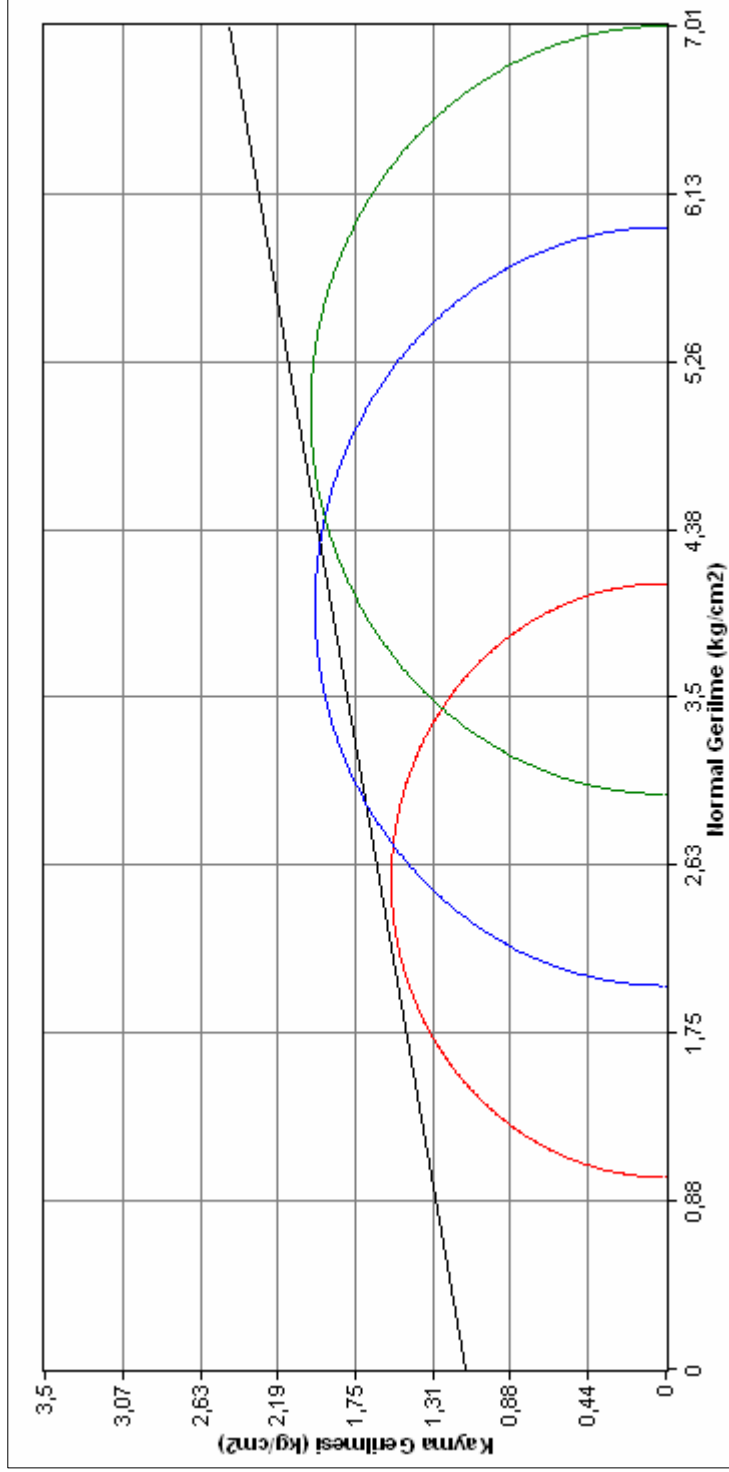
Şekil 2.4. KAK19-3 c=0,87cm², $\Phi=12,63$

EK-2 (Devam) Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



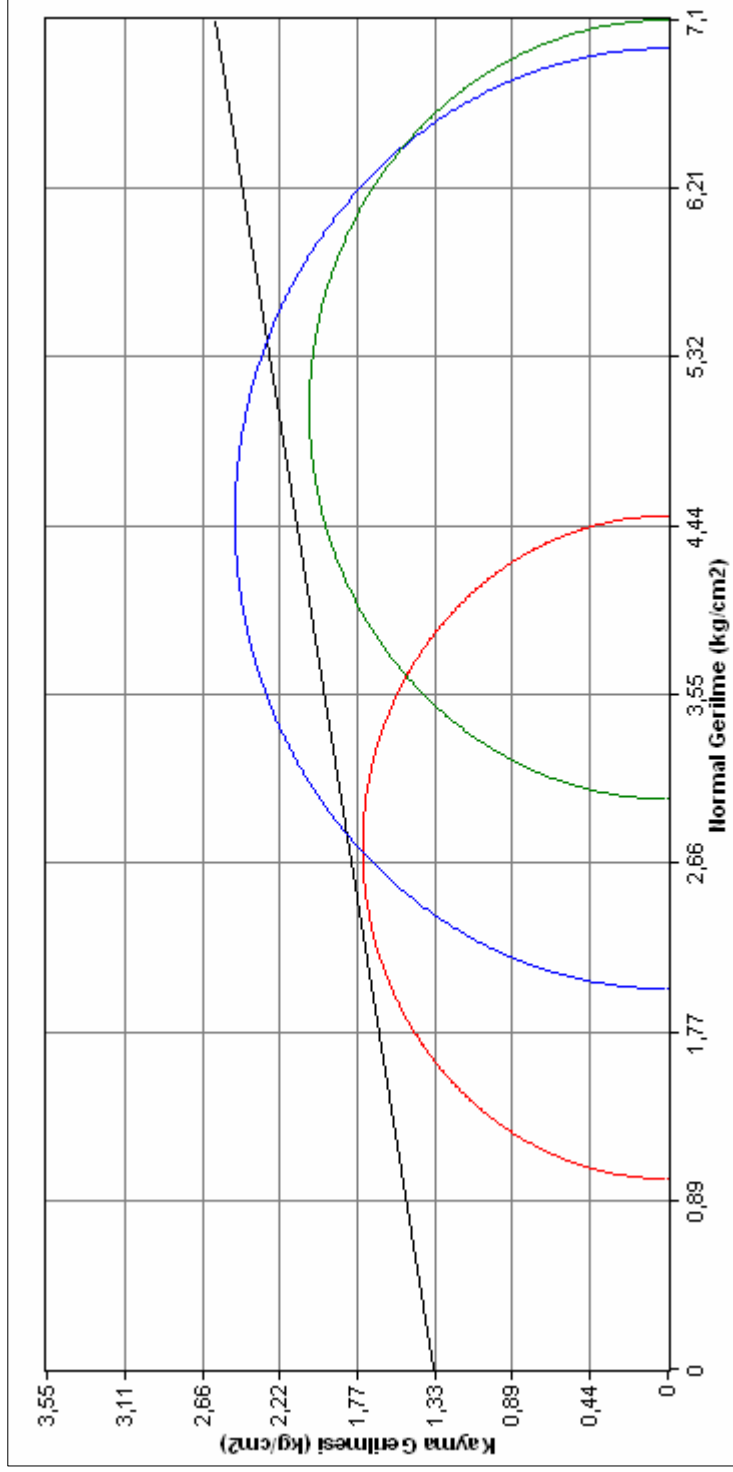
Şekil 2.5. KAK19-4 c=0,77cm², $\Phi=20,74$

EK-2 (Devam) Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



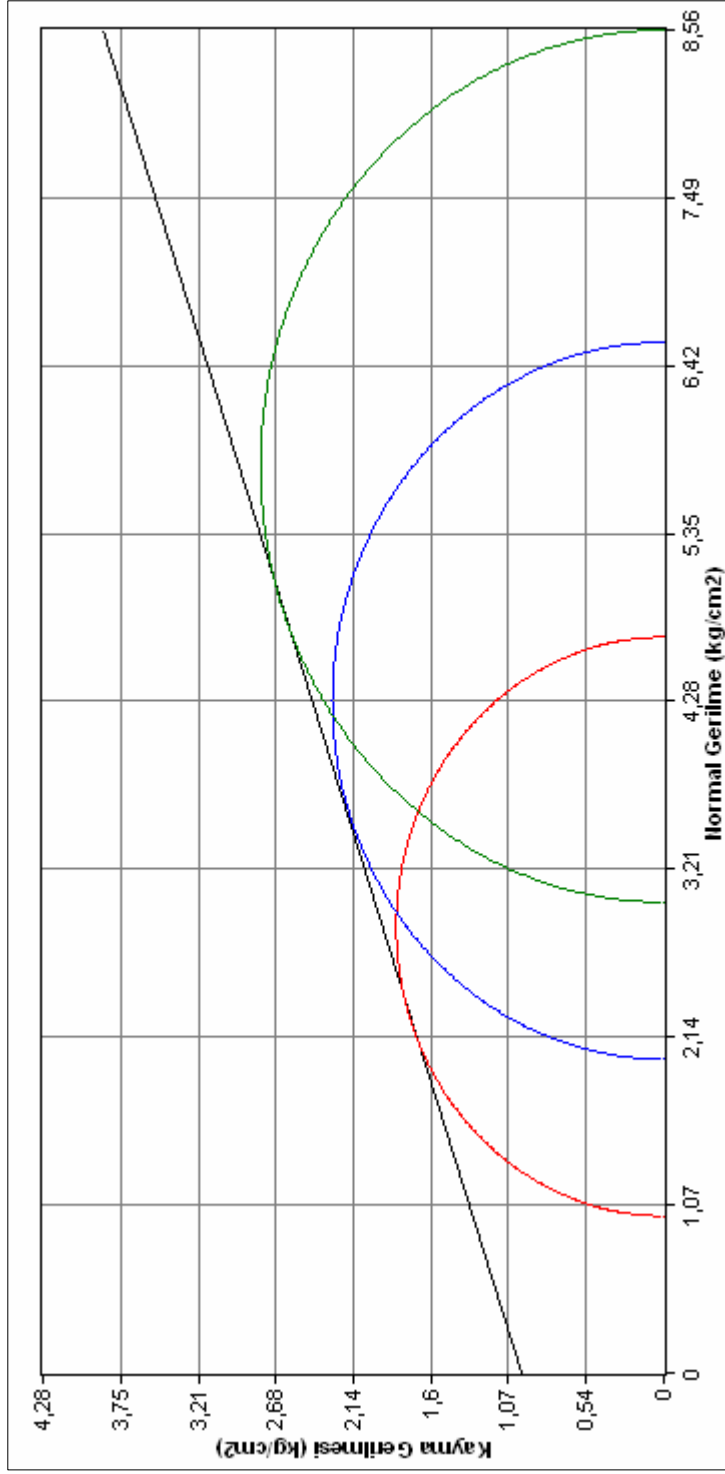
Şekil 2.6. KAK9-0 c=1,13cm², $\Phi=10,76$

EK-2 (Devam) Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



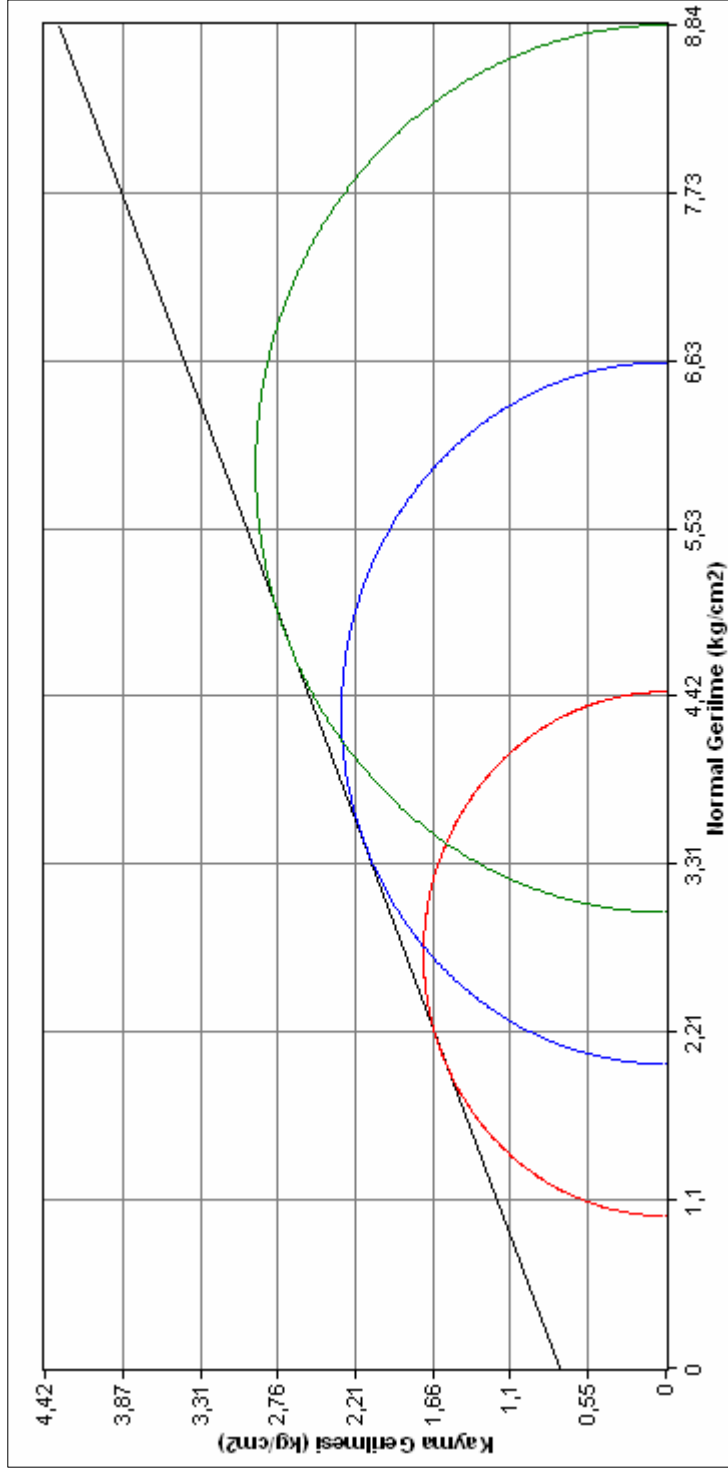
Şekil 2.7. KAK9-1 c=1,34cm², $\Phi=10,02$

EK-2 (Devam) Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



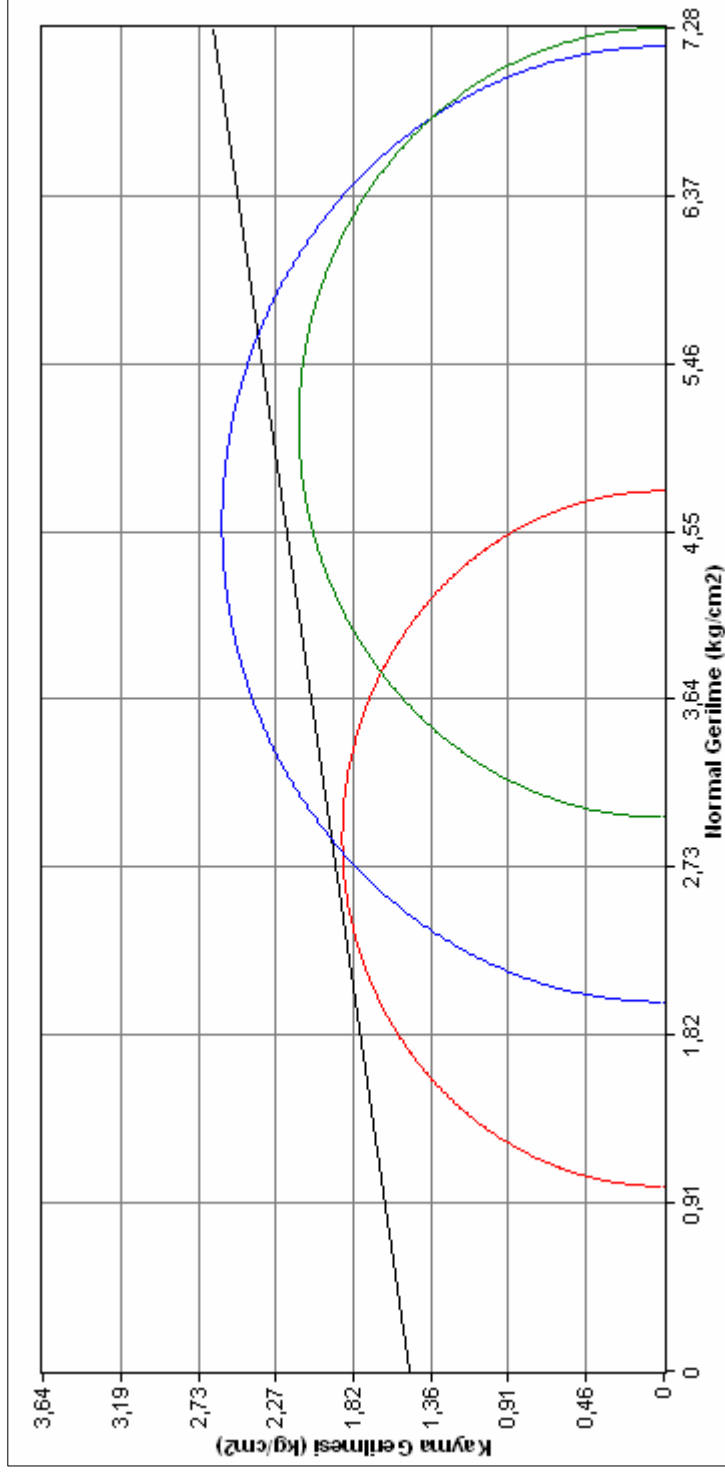
Şekil 2.8. KAK9-2 c=0,98cm², $\Phi=18,58$

EK-2 (Devam) Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



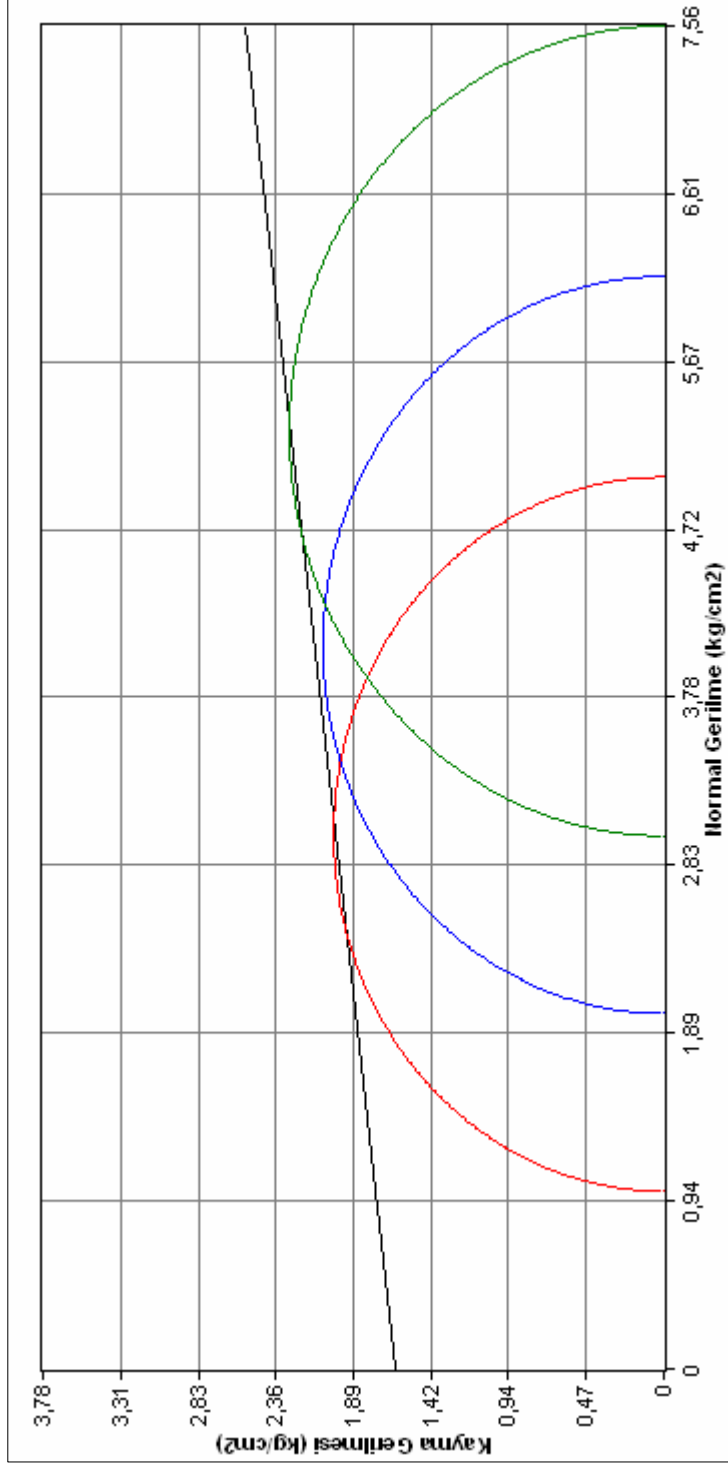
Şekil 2.9. KAK9-3 c=0,76cm², $\Phi=21,96$

EK-2 (Devam) Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



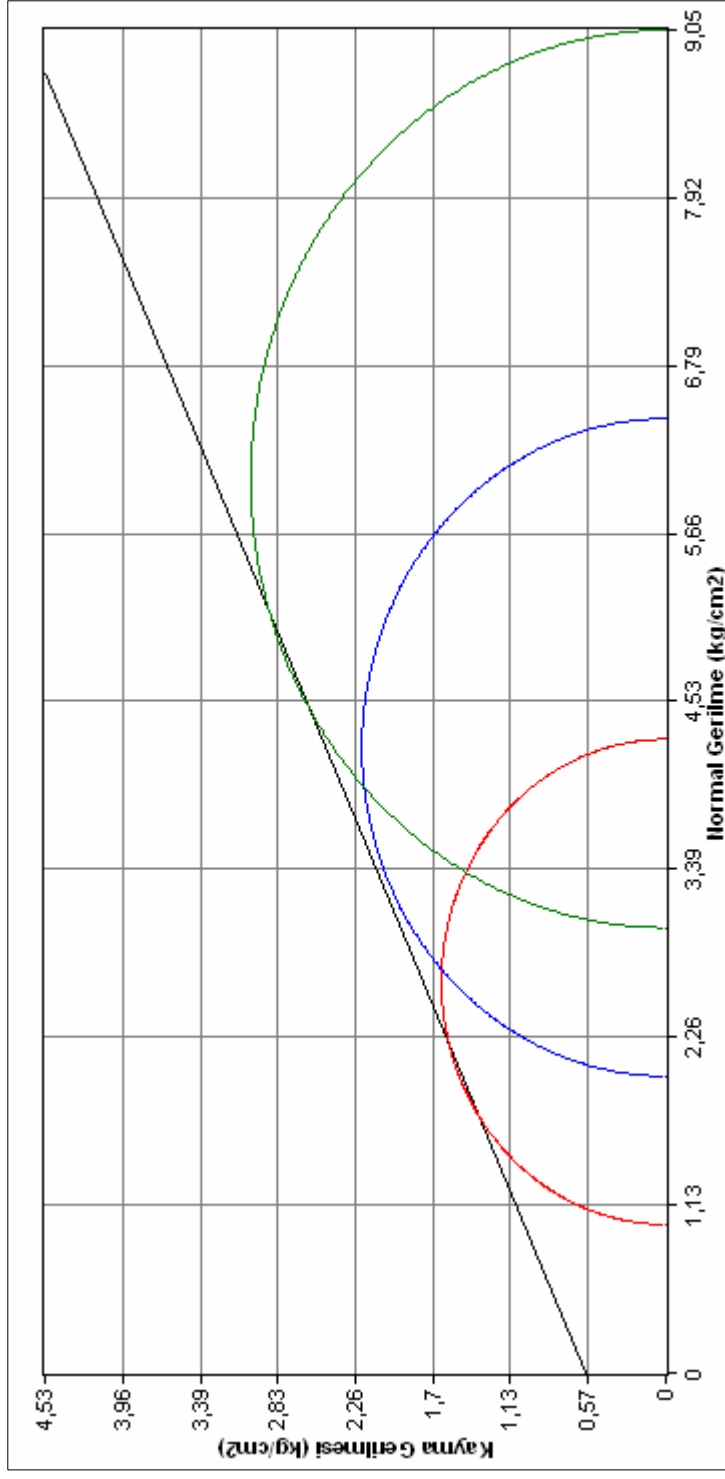
Şekil 2.10. KAK9-4 c=1,50cm², $\Phi=8,98$

EK-2 (Devam) Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



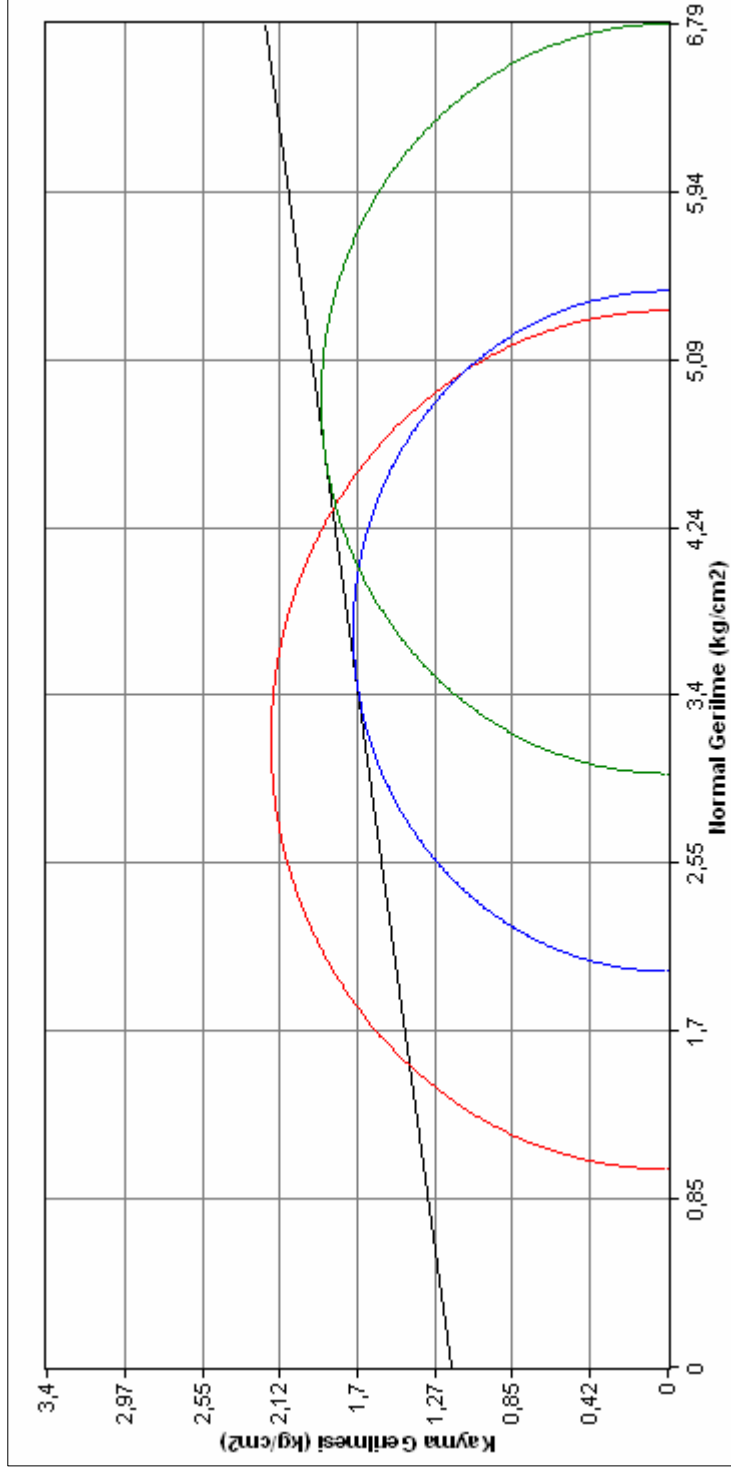
Şekil 2.11. KAK9-4 $c=1,64\text{cm}^2$, $\Phi=6,90$

EK-2 (Devam) Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



Şekil 2.12. KAK9-3 c=0,58cm², $\Phi=24,23$

EK-2 (Devam) Üç eksenli deney sonucu elde edilen kırılma zarfları



Şekil 2.13. KAK9-4 c=1,18 cm², $\Phi=8,57$

EK-3 Üç eksenli deney aleti birim deformasyon deviatör gerilme sonuçları

Çizelge 3.1. Üç eksenli deney aletinde, 1 kg/cm² çevre basıncı altında KAK numunesinde meydana gelen deformasyon ve deviatör gerilme değerleri

KAK 9-0 Çevre basıncı 1 kg/cm ²		
Deformasyon %	Dial okuması	Deviatör Gerilme (kg/cm ²)
2	115	2,38
3	128	2,62
4	142	2,88
5	150	3,01
6	154	3,05
7	158	3,10
8	159	3,09
9	152	2,92
10	132	2,51

Çizelge 3.2. Üç eksenli deney aletinde, 2 kg/cm² çevre basıncı altında KAK numunesinde meydana gelen deformasyon ve deviatör gerilme değerleri

KAK 9-0 Çevre basıncı 2 kg/cm ²		
Deformasyon %	Dial okuması	Deviatör Gerilme(kg/cm ²)
2	135	2,79
3	165	3,38
4	180	3,65
5	192	3,85
6	198	3,93
7	202	3,96
8	204	3,96
9	194	3,72
10	188	3,57
11	178	3,34

EK-3 (Devam) Üç eksenli deney aleti birim deformasyon deviatör gerilme sonuçları

Çizelge 3.3. Üç eksenli deney aletinde, 3 kg/cm² çevre basıncı altında KAK numunesinde meydana gelen deformasyon ve deviatör gerilme değerleri

KAK 9-0 Çevre basıncı 3 kg/cm ²		
Deformasyon %	Dial okuması	Deviatör Gerilme(kg/cm ²)
2	142	2,94
3	162	3,32
4	179	3,63
5	184	3,69
6	195	3,87
7	204	4,00
8	207	4,02
9	209	4,01
10	211	4,01
11	212	3,98
12	202	3,75
13	195	3,58

Çizelge 3.4. Üç eksenli deney aletinde, 1 kg/cm² çevre basıncı altında KAK numunesinde meydana gelen deformasyon ve deviatör gerilme değerleri

KAK 19-0 Çevre basıncı 1 kg/cm ²		
Deformasyon %	Dial okuması	Deviatör Gerilme(kg/cm ²)
2	198	4,09
3	222	4,54
4	234	4,74
5	240	4,81
6	241	4,78
7	235	4,61
8	225	4,37
9	208	3,99

EK-3 (Devam) Üç eksenli deney aleti birim deformasyon deviatör gerilme sonuçları

Çizelge 3.5. Üç eksenli deney aletinde, 2 kg/cm² çevre basıncı altında KAK numunesinde meydana gelen deformasyon ve deviatör gerilme değerleri

KAK 19-0 Çevre basıncı 2 kg/cm ²		
Deformasyon %	Dial okuması	Deviatör Gerilme(kg/cm ²)
2	187	3,87
3	206	4,22
4	222	4,50
5	230	4,61
6	247	4,90
7	254	4,98
8	256	4,97
9	255	4,90
10	245	4,65
11	240	4,51
12	237	4,40
13	214	3,93

Çizelge 3.6. Üç eksenli deney aletinde, 3 kg/cm² çevre basıncı altında KAK numunesinde meydana gelen deformasyon ve deviatör gerilme değerleri

KAK 19-0 Çevre basıncı 3 kg/cm ²		
Deformasyon %	Dial okuması	Deviatör Gerilme(kg/cm ²)
2	199	4,11
3	219	4,48
4	232	4,70
5	244	4,89
6	253	5,02
7	263	5,16
8	267	5,18
9	268	5,15
10	269	5,11
11	270	5,07
12	272	5,05
13	258	4,74
14	224	4,06

EK-3 (Devam) Üç eksenli deney aleti birim deformasyon deviatör gerilme sonuçları

Çizelge 3.7. Üç eksenli deney aletinde, 1 kg/cm² çevre basıncı altında KAK numunesinde meydana gelen deformasyon ve deviatör gerilme değerleri

KAK 9-3 Çevre basıncı 1 kg/cm ²		
Deformasyon %	Dial okuması	Deviatör Gerilme(kg/cm ²)
1	67	1,45
2	105	2,24
3	137	2,90
4	145	3,03
5	154	3,19
6	161	3,30
7	167	3,39
8	172	3,45
9	174	3,45
10	174	3,41
11	174	3,38

Çizelge 3.8. Üç eksenli deney aletinde, 2 kg/cm² çevre basıncı altında KAK numunesinde meydana gelen deformasyon ve deviatör gerilme değerleri

KAK 9-3 Çevre basıncı 2 kg/cm ²		
Deformasyon %	Dial okuması	Deviatör Gerilme(kg/cm ²)
2	127	2,71
3	159	3,36
4	178	3,73
5	195	4,04
6	208	4,26
7	221	4,48
8	230	4,61
9	233	4,62
10	230	4,51
11	227	4,40

EK-3 (Devam) Üç eksenli deney aleti birim deformasyon deviatör gerilme sonuçları

Çizelge 3.9. Üç eksenli deney aletinde, 3 kg/cm² çevre basıncı altında KAK numunesinde meydana gelen deformasyon ve deviatör gerilme değerleri

KAK 9-3 Çevre basıncı 3 kg/cm ²		
Deformasyon %	Dial okuması	Deviatör Gerilme(kg/cm ²)
2	170	3,63
3	240	5,08
4	255	5,34
5	274	5,67
6	282	5,78
7	287	5,82
8	291	5,84
9	290	5,75
10	289	5,67
11	287	5,57
12	280	5,37

Çizelge 3.10. Üç eksenli deney aletinde, 3 kg/cm² çevre basıncı altında KAK numunesinde meydana gelen deformasyon ve deviatör gerilme değerleri

KAK 19-2 Çevre basıncı 1 kg/cm ²		
Deformasyon %	Dial okuması	Deviatör Gerilme(kg/cm ²)
2	95	2,03
3	109	2,30
4	117	2,45
5	125	2,59
6	126,5	2,59
7	129	2,62
8	130	2,61
9	125	2,48
10	115	2,26
11	110	2,13

EK-3 (Devam) Üç eksenli deney aleti birim deformasyon deviatör gerilme sonuçları

Çizelge 3.11. Üç eksenli deney aletinde, 2 kg/cm² çevre basıncı altında KAK numunesinde meydana gelen deformasyon ve deviatör gerilme değerleri

KAK 19-2 Çevre basıncı 2 kg/cm ²		
Deformasyon %	Dial okuması	Deviatör Gerilme(kg/cm ²)
2	99	2,12
3	124	2,62
4	140	2,93
5	151	3,13
6	160	3,28
7	166	3,37
8	173	3,47
9	180	3,57
10	183	3,59
11	183	3,55
12	170	3,26
13	165	3,13

Çizelge 3.12. Üç eksenli deney aletinde, 3 kg/cm² çevre basıncı altında KAK numunesinde meydana gelen deformasyon ve deviatör gerilme değerleri

KAK 19-2 Çevre basıncı 3 kg/cm ²		
Deformasyon %	Dial okuması	Deviatör Gerilme(kg/cm ²)
2	100	2,14
3	124	2,62
4	142	2,97
5	156	3,23
6	169	3,46
7	180	3,65
8	191	3,83
9	195	3,87
10	200	3,92
11	201	3,90
12	198	3,80
13	180	3,41

EK-4 CBR deneyi elde edilen ortalama CBR % sonuçları

Çizelge 4.1. KAK 9-0 ortalama CBR değeri

KAK 9-0										
PENETRASYON		Standart basınç kg/cm ²	Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR		Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR	
İnç	mm		Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0,025	0,625	70	8	1,1			7	1		
0,050	1,250		13	1,8			12	1,7		
0,075	1,875		17	2,4			15	2,1		
0,100	2,500		20	2,8	2,8	4	17	2,4	2,4	3,4
0,125	3,125	105	23	3,2			19	2,7		
0,150	3,750		25	3,5			20	2,8		
0,175	4,375		26	3,6			21	2,9		
0,200	5,000		26	3,6	3,6	3,4	21	2,9	2,9	2,8
0,225	5,625	134	26,5	3,7			21,5	3		
0,250	6,250		26,5	3,7			21,5	3		
0,275	6,875		26,5	3,7			22	3,1		
0,300	7,500		26,5	3,7			22	3,1		
0,400	10,000	162								
(Kullanılan) Yük halkası:			Ortalama CBR % =3,7							

Çizelge 4.2. KAK 9-1 ortalama CBR değeri

KAK 9-1										
PENETRASYON		Standart basınç kg/cm ²	Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR		Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR	
İnç	mm		Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0,025	0,625	70	8	1,1			8	1,1		
0,050	1,250		13	1,8			14	2		
0,075	1,875		17	2,4			18	2,5		
0,100	2,500		20	2,8	2,8	4	22	3,1	3,1	4,4
0,125	3,125	105	22	3,1			24	3,4		
0,150	3,750		23	3,2			25	3,5		
0,175	4,375		23,5	3,3			26	3,6		
0,200	5,000		24	3,4	3,4	3,2	26	3,6	3,6	3,4
0,225	5,625	134	24	3,4			26	3,6		
0,250	6,250		24	3,4			26	3,6		
0,275	6,875		24,5	3,5			26,5	3,7		
0,300	7,500		24,5	3,5			26,5	3,7		
0,400	10,000	162								
(Kullanılan) Yük halkası:			Ortalama CBR % =4,2							

EK-4 (Devam) CBR deneyi elde edilen ortalama CBR % sonuçları

Çizelge 4.3. KAK 9-2 ortalama CBR değeri

KAK 9-2										
PENETRASYON		Standart basınç kg/cm2	Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR		Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR	
İnç	mm		Dialde okunan	kg/cm2	kg/cm2	%	Dialde okunan	kg/cm2	kg/cm2	%
0,025	0,625	70	6	0,8			9	1,3		
0,050	1,250		11	1,5			15	2,1		
0,075	1,875		16	2,2			19	2,7		
0,100	2,500		20	2,8	2,8	4	22	3,1	3,1	4,4
0,125	3,125	105	22	3,1			23	3,2		
0,150	3,750		24	3,4			24	3,4		
0,175	4,375		25	3,5			25	3,5		
0,200	5,000		25	3,5	3,5	3,3	25	3,5	3,5	3,3
0,225	5,625	134	25	3,5			25,5	3,6		
0,250	6,250		25,5	3,6			25,5	3,6		
0,275	6,875		25,5	3,6			26	3,6		
0,300	7,500		25,5	3,6			26	3,6		
0,400	10,000	162								
(Kullanılan) Yük halkası:			Ortalama CBR % =4,2							

Çizelge 4.4. KAK 9-3 ortalama CBR değeri

KAK 9-3										
PENETRASYON		Standart basınç kg/cm2	Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR		Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR	
İnç	mm		Dialde okunan	kg/cm2	kg/cm2	%	Dialde okunan	kg/cm2	kg/cm2	%
0,025	0,625	70	8	1,1			8	1,1		
0,050	1,250		14	2			13	1,8		
0,075	1,875		18	2,5			16	2,2		
0,100	2,500		21	2,9	2,9	4,1	19	2,7	2,7	3,9
0,125	3,125	105	23	3,2			21	2,9		
0,150	3,750		24	3,4			22	3,1		
0,175	4,375		25	3,5			23	3,2		
0,200	5,000		25	3,5	3,3	3,3	24	3,4	3,4	3,2
0,225	5,625	134	25	3,5			24	3,4		
0,250	6,250		25,5	3,6			24	3,4		
0,275	6,875		25,5	3,6			24,5	3,5		
0,300	7,500		26	3,6			24,5	3,5		
0,400	10,000	162								
(Kullanılan) Yük halkası:			Ortalama CBR % =4							

EK-4 (Devam) CBR deneyi elde edilen ortalama CBR % sonuçları

Çizelge 4.5. KAK 9-4 ortalama CBR değeri

KAK 9-4										
PENETRASYON		Standart basınç kg/cm ²	Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR		Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR	
İnç	mm		Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0,025	0,625	70	7	1			8	1,1		
0,050	1,250		11	1,5			14	2,1		
0,075	1,875		15	2,1			19	2,7		
0,100	2,500		18	2,5	2,5	3,6	23	3,2	3,2	4,6
0,125	3,125	105	20	2,8			25	3,5		
0,150	3,750		22	3,1			26	3,6		
0,175	4,375		23	3,2			26,5	3,7		
0,200	5,000		23	3,2	3,2	3,1	27	3,8	3,8	3,6
0,225	5,625	134	23,5	3,3			27	3,8		
0,250	6,250		24	3,4			27	3,8		
0,275	6,875		24	3,4			27	3,8		
0,300	7,500		25	3,5			27	3,8		
0,400	10,000	162								
(Kullanılan) Yük halkası:			Ortalama CBR % =4,1							

Çizelge 4.6. KAK 19-4 ortalama CBR değeri

KAK 19-4										
PENETRASYON		Standart basınç kg/cm ²	Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR		Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR	
İnç	mm		Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0,025	0,625	70	6	0,8			5,5	0,8		
0,050	1,250		11	1,5			11	1,5		
0,075	1,875		15	2,1			14,5	2,1		
0,100	2,500		18	2,5		3,6	18	2,5	3,2	3,6
0,125	3,125	105	19,5	2,8			20	2,8		
0,150	3,750		21	2,9			21,5	3		
0,175	4,375		22	3,1			23	3,2		
0,200	5,000		22,5	3,2		3,1	23	3,2	3,8	3
0,225	5,625	134	22,5	3,2			23	3,2		
0,250	6,250		22,5	3,2			23	3,2		
0,275	6,875		22,5	3,2			23	3,2		
0,300	7,500		23	3,2			23	3,2		
0,400	10,000	162								
(Kullanılan) Yük halkası:			Ortalama CBR % =3,6							

EK-4 (Devam) CBR deneyi elde edilen ortalama CBR % sonuçları

Çizelge 4.7. KAK 19-3 ortalama CBR değeri

KAK 19-3										
PENETRASYON		Standart basınç kg/cm ²	Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR		Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR	
İnç	mm		Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0,025	0,625	70	4	0,6			6	0,8		
0,050	1,250		10	1,4			11	1,5		
0,075	1,875		14	2			15	2,1		
0,100	2,500		18	2,5		3,6	19	2,7		3,9
0,125	3,125	105	19	2,7			21	2,9		
0,150	3,750		20,5	2,9			22,5	3,2		
0,175	4,375		21	2,9			23	3,2		
0,200	5,000		21,5	3,1		3	24	3,4		3,2
0,225	5,625	134	21,5	3,1			24	3,4		
0,250	6,250		21,5	3,1			24	3,4		
0,275	6,875		21,5	3,1			24	3,4		
0,300	7,500		21,5	3,1			24	3,4		
0,400	10,000	162								
(Kullanılan) Yük halkası:			Ortalama CBR % =3,75							

Çizelge 4.8. KAK 19-2 ortalama CBR değeri

KAK 19-2										
PENETRASYON		Standart basınç kg/cm ²	Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR		Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR	
İnç	mm		Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0,025	0,625	70	5	0,7			5	0,7		
0,050	1,250		10	1,4			10	1,4		
0,075	1,875		14	2			13	1,8		
0,100	2,500		17	2,4	2,4	3,4	16	2,2	2,2	3,14
0,125	3,125	105	18	2,5			18	2,5		
0,150	3,750		19	2,7			18,5	2,6		
0,175	4,375		19,5	2,8			19	2,7		
0,200	5,000		20	2,8	2,8	2,66	19,5	2,7	2,7	2,57
0,225	5,625	134	20,5	2,8			20	2,8		
0,250	6,250		20,5	2,8			20,5	2,8		
0,275	6,875		21	2,9			20,5	2,8		
0,300	7,500		21	2,9			21	2,9		
0,400	10,000	162								
(Kullanılan) Yük halkası:			Ortalama CBR % =3,27							

EK-4 (Devam) CBR deneyi elde edilen ortalama CBR % sonuçları

Çizelge 4.9. KAK 19-1 ortalama CBR değeri

KAK 19-0										
PENETRASYON		Standart basınç kg/cm ²	Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR		Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR	
İnç	mm		Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0,025	0,625	70	4	0,6			9,5	0,5		
0,050	1,250		7	1			7	1		
0,075	1,875		10	1,4			10	1,4		
0,100	2,500		12	1,7	1,7	2,43	12	1,7	1,7	2,43
0,125	3,125	105	14	2			14	2		
0,150	3,750		15,5	2,1			15,5	2,2		
0,175	4,375		16	2,2			16,5	2,3		
0,200	5,000		16,5	2,3	2,3	2,19	17	2,4	2,4	2,29
0,225	5,625	134	17	2,4			17	2,4		
0,250	6,250		17	2,4			17	2,4		
0,275	6,875		17	2,4			17	2,4		
0,300	7,500		17	2,4			17	2,4		
0,400	10,000	162								
(Kullanılan) Yük halkası:			Ortalama CBR % =2,4							

Çizelge 4.10. KAK 19-0 ortalama CBR değeri

KAK 19-1										
PENETRASYON		Standart basınç kg/cm ²	Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR		Okunan Yük		Düzeltilmiş CBR	
İnç	mm		Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dialde okunan	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0,025	0,625	70	5	0,7			6	0,8		
0,050	1,250		10	1,4			11	1,5		
0,075	1,875		13	1,8			14	2		
0,100	2,500		15	2,1	2,1	3	17	2,4	2,4	3,4
0,125	3,125	105	17	2,4			18	2,5		
0,150	3,750		18	2,5			18,5	2,6		
0,175	4,375		18,5	2,6			19	2,7		
0,200	5,000		19	2,7	2,7	2,57	19,5	2,7	2,7	2,57
0,225	5,625	134	19,5	2,8			20	2,8		
0,250	6,250		20	2,8			20,5	2,8		
0,275	6,875		20,5	2,9			21	2,9		
0,300	7,500		20,5	2,9			21	2,9		
0,400	10,000	162								
(Kullanılan) Yük halkası:			Ortalama CBR % =3,2							

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZDEMİR, Abdulaziz
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 18.09.1981 Kırşehir
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 415 85 61
e-mail : azizoz_cfl@hotmail.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Çukurova Üniversitesi İnşaat Müh. Böl.	2004
Lise	Kızılırmak Lisesi (Kırıkkale)	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-2005	Ankara Bina Şantiyesi	Hakediş Mühendisi
2005-2006	Karayolları Genel Müdürlüğü	Zemin Mek. Müh.

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Tenis, Bilgisayar teknolojileri, Basketbol, Futbol