

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KİMYASAL ATIK ALÇILARIN  
ZEMİN STABİLİZASYONUNDA  
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Metin TÜLEK**

**Balıkesir, Mart – 2007**

T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KİMYASAL ATIK ALÇILARIN  
ZEMİN STABİLİZASYONUNDA  
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Metin TÜLEK

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr.Arzu OKUCU

Sınav Tarihi : 06.03.2007

Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Turgut ÖZDEMİR

(BAÜ)

Yrd.Doç.Dr. Arzu OKUCU

(Danışman-BAÜ)

Yrd.Doç.Dr. Nurhayat DEĞİRMENÇİ

(BAÜ)

Balıkesir, Mart – 2007

## ÖZET

### KİMYASAL ATIK ALÇILARIN ZEMİN STABİLİZASYONUNDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

**Metin TÜLEK**  
**Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,**  
**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı : Yard.Doç. Dr. Arzu OKUCU)**

**Balıkesir, 2007**

Bu çalışmada, ülkemizde her geçen gün artan miktarlarda çevre ve ekonomi sorunlarına sebep olan kimyasal atık alçıların, azalan doğal stabilizasyon malzemeleri yerine kullanılması hedeflenmiştir. Kimyasal atık alçı sınıfında yer alan fosfojips, kalsiyum tuzlu borajips, sodyum tuzlu borajips ve desülfojipsin kohezyonlu zeminlerde stabilizasyon malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Bu amaçla atık alçılar kohezyonlu zemine %0, %5, %10 ve %15 oranlarında ilave edilerek katkılı zemin numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan katkılı zemin numuneleri üzerinde likit limit, plastik limit, kompaksiyon, 2 ve 7 günlük serbest basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre numunelerin plastisite indisi, maksimum kuru birim hacim ağırlığı, optimum su içeriği ve serbest basınç dayanımları belirlenmiştir.

Genel olarak kohezyonlu zemine %5 ve %10 kalsiyum tuzlu borajips ve sodyum tuzlu borajips, %10 ve %15 fosfojips ve desülfojips katkısı; plastisite indislerini düşürmüş, maksimum kuru birim hacim ağırlıkları ve su ihtiyaçlarını arttırmış, aynı gerilmelerde daha düşük şekil değiştirmeler yaptırmış ve serbest basınç dayanımlarını arttırmıştır.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Kohezyonlu zemin / kimyasal atık alçı / fosfojips / desülfojips / kalsiyum tuzlu borajips / sodyum tuzlu borajips / zemin stabilizasyonu

## **ABSTRACT**

### **A STUDY OF THE USE OF CHEMICAL WASTE GYPSUMS IN SOIL STABILIZATION**

**Metin TULEK**  
**Balikesir University, Institute of Science, Department of  
Civil Engineering**

**(Master Thesis / Supervisor:Asistant Prof.Dr.Arzu OKUCU)**

**Balikesir , 2007**

The objective of this experimented study is to use the chemical waste gypsums, which cause serious storage and environmental problems each year in our country, instead of diminishing natural stabilization materials. The possible usage of phosphogypsum, calcium salted-borogypsum, sodium salted- borogypsum and desulphogypsum classified as chemical waste gypsums as stabilization materials in cohesive soils was investigated.

For this reason, the samples were prepared by addition of the chemical waste gypsum to the selected cohesive soils in contents of 0, 5, 10 and 15 %. The consistency limits, compaction properties and unconfined compressive strength were conducted for prepared samples. The unconfined compressive strength (UCS) was determined at different curing times and the change of UCS by time was also determined.

Generally addition of phosphogypsum and desulphogypsum by 10% and 15%, calcium-salted and sodium salted borogypsum by 5% and 10% had had reduced the plasticity index, increased the required amount of water and maximum dry density, led to lower deformation under the same strength and increased the values of UCS.

**KEYWORDS :** Cohesion soil / chemical waste plaster / phosphogypsum / desulphogypsum / calcium salted borogypsum / sodium salted borogypsum / soil stabilization

## İÇİNDEKİLER

	<i>Sayfa</i>
ÖZET, ANAHTAR SÖZCÜKLER	ii
ABSTRACT, KEYWORDS	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SEMBOL LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xiii
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1 Konu	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
<b>2. ZEMİN STABİLİZASYONU</b>	<b>3</b>
2.1 Kompaksiyon (Sıkıştırma)	6
<b>3. FOSFOJİPS</b>	<b>14</b>
<b>4. BOROJİPS</b>	<b>17</b>
<b>5. DESÜLFOJİPS</b>	<b>21</b>
<b>6. DENEYLER VE YÖNTEMLER</b>	<b>24</b>
6.1 Kimyasal Atık Alçıların Kimyasal Özellikleri, Tane Çapı Dağılımları ve Özgül Ağırlıkları	24
6.2 Zemin Numunesi ve Özelliklerinin Tespiti	26
6.2.1 Tane Birim Hacim Ağırlığı	26
6.2.2 Zemin Numunesinin Tane Çapı Dağılımı ve Sınıflandırılması	27
6.2.3 Maksimum Boşluk Oranı ( $e_{max}$ )	32
6.3 Zemin Numunelerinin Hazırlanması	32
6.4 Hazırlanan Zemin Numuneleri Üzerinde Yapılan Deneyler	33
6.5 Kıvam Limitleri	33
6.5.1 Likit Limit	34
6.5.2 Plastik Limit	35
6.6 Kompaksiyon (Standart Proktor) Deneyi	36
6.7 Serbest Basınç Deneyi Numunelerinin Hazırlanması	37
6.8 Serbest Basınç Deneyi	38

<b>7. DENEY SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRİLMESİ</b>	40
7.1 Likit Limit ve Plastik Limit Deney Sonuçları	40
7.2 Kompaksiyon Deneyi Sonuçları	41
7.3 Serbest Basınç Deneyi Sonuçları	43
<b>8. SONUÇLAR ve YORUMLAR</b>	47
<b>KAYNAKLAR</b>	54
<b>EKLER</b>	
EK A Kıvam Limitlerinin Tespiti için Yapılan Deneylerin Sonuçları ve Sonuçlara göre Çizilen Grafikler	56
EK B Kompaksiyon Deneyleri Sonuçları ve Sonuçlara Göre Çizilen Grafikler	70
EK C Serbest Basınç Deneylerinin Sonuçları ve Sonuçlara göre Çizilen Grafikler	85
EK D Katkılı Numunelerin Serbest Basınç Dayanımlarının Katkı Oranı ve Kür Süreleri ile Birlikte Çizilen Grafikler	109

## SEMBOL LİSTESİ

Simge	Adı	Birimi
$\omega$	Su muhtevası	%
$\gamma_k$	Kuru birim hacim ağırlık	gr/cm <sup>3</sup>
$\gamma_s$	Tane birim hacim ağırlık	gr/cm <sup>3</sup>
$W_k$	Zemin numunesine ait kuru ağırlık	gr
$W_1$	Damıtık su ile dolu piknometre ağırlığı	gr
$W_2$	Kuru numune ilave edilmiş damıtık su ile dolu piknometre ağırlığı	gr
$C_m$	Menisküs düzeltmesi,	--
X	Dağıtma faktörü	--
$H_R$	Kalibrasyon eğrisi	--
$R'_h$	Hidrometre Okuması	--
$R_h$	Gerçek Okuma	--
K	Geçen Yüzde	%
$e_{max}$	Maksimum Boşluk Oranı	--
$P_{max}$	Kırılma anındaki en büyük yük	kg/cm <sup>2</sup>
$A_f$	Kırılma Anı enkesit alanına	cm <sup>2</sup>
$q_u$	Serbest basınç dayanımı	kg/cm <sup>2</sup>
$H_o$	Başlangıç Boyu	cm
$H_f$	Kırılma Anındaki Boy	cm
$A_f$	Başlangıç Enkesit alanı	cm <sup>2</sup>

$\gamma_{su}$  Suyun birim hacim ağırlığı gr/cm<sup>3</sup>

G Özgül ağırlık --

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No	Adı	Sayfa
Şekil 2.1	Artan su içeriği ile kuru birim hacim ağırlığının değişimi	8
Şekil 2.2	Tipik bir Proktor deney grafiği	10
Şekil 2.3	Sıkıştırma deneylerinde kullanılan kalıp ve tokmaklar	11
Şekil 2.4	Kompaksiyon enerjisinin kompaksiyona etkisi	11
Şekil 2.5	Zemin türünün kuru birim hacim ağırlığa etkisi	12
Şekil 2.6	Zemin türünün kuru birim hacim ağırlığa etkisinin kompaksiyon enerjisi ile ilişkisi	12
Şekil 6.1	Piknometre Yöntemi	27
Şekil 6.2	Elek analizi için kullanılan elekler ve sarsma makinesi	28
Şekil 6.3	İnce taneli zeminler için birleşik zemin sınıflandırması	29
Şekil 6.4	Zemin numunesine ait tane çapı dağılım (granülometri) eğri	31
Şekil 6.5	Koni penetrasyon deney yöntemi	34
Şekil 6.6	Plastik limit deneyi	35
Şekil 6.7	Plastik limit deneyi	36
Şekil 7.1	Katkılı zemin numunelerinin plastisite indisi değişimleri	41
Şekil 7.2	Katkılı zemin numunelerinin optimum su içerikleri	42
Şekil 7.3	Katkılı zemin numunelerinin maks.kuru biri hacim ağırlıkları	42
Şekil 7.4	Fosfojips katkılı numunelerinin 2 günlük gerilme – şekil değiştirmeleri	43
Şekil 7.5	Fosfojips katkılı numunelerinin 7 günlük gerilme – şekil değiştirmeleri	43
Şekil 7.6	Sodyum tuzlu borajips katkılı numunelerin serbest basınç dayanımlarının 2 günlük sonuçları	44
Şekil 7.7	Sodyum tuzlu borajis katkılı numunelerin serbest basınç dayanımlarının 7 günlük sonuçları	44
Şekil 7.8	Kalsiyum tuzlu borajips katkılı numunelerin serbest basınç dayanımlarının 2 günlük sonuçları	45
Şekil 7.9	Kalsiyum tuzlu borajips katkılı numunelerin serbest basınç dayanımlarının 7 günlük sonuçları	45
Şekil 7.10	Desülfojips katkılı numunelerin serbest basınç dayanımlarının 2 günlük sonuçları	46
Şekil 7.11	Desülfojips katkılı numunelerin serbest basınç dayanımlarının 7 günlük sonuçları	46
Şekil 7.12	Kimyasal atık alçı katkılı numunelerin 2 günlük gerilme değerleri	47
Şekil 7.13	Kimyasal atık alçı katkılı numunelerin 7 günlük gerilme değerleri	47
Şekil A.3	Likit limit belirlenmesi (KZ + % 10 F)	59
Şekil A.4	Likit limit belirlenmesi (KZ + % 15 F)	60
Şekil A.5	Likit limit belirlenmesi (KZ + % 5 SB)	61
Şekil A.6	Likit limit belirlenmesi (KZ + % 10 SB)	62



<b>Şekil No</b>	<b>Adı</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil A.7	Likit limit belirlenmesi (KZ + % 15 SB)	63
Şekil A.8	Likit limit belirlenmesi (KZ + % 5 KB)	64
Şekil A.9	Şekil A.9 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 10 KB)	65
Şekil A.10	Şekil A.10 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 15 KB)	66
Şekil A.11	Likit limit belirlenmesi (KZ + % 5 D)	67
Şekil A.12	Likit limit belirlenmesi (KZ + % 10 D)	68
Şekil A.13	Likit limit belirlenmesi (KZ + % 15 D)	69
Şekil B.1	Optimum su muhtevası–kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+ %0)	71
Şekil B.2	Optimum su muhtevası - kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%5KB)	72
Şekil B.3	Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%10KB)	73
Şekil B.4	Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%15KB)	74
Şekil B.5	Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%5SB)	75
Şekil B.6	Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%10SB)	76
Şekil B.7	Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%15SB)	76
Şekil B.8	Optimum su muhtevası kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%5 F)	78
Şekil B.9	Optimum su muhtevası kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%10 F)	79
Şekil B.10	Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%15 F)	79
Şekil B.11	Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%5 D)	81
Şekil B.12	Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%10 D)	81
Şekil B.13	Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%15 D)	83
Şekil C.1	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %5F (2 Gün)	85
Şekil C.2	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %5F (7 Gün)	86
Şekil C.3	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %10F (2 Gün)	87
Şekil C.4	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %10F (7 Gün)	88
Şekil C.5	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %15F (2 Gün)	89
Şekil C.6	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %15F (7 Gün)	90
Şekil C.7	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %5KB (2 Gün)	91
Şekil C.8	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %5KB (7 Gün)	92
Şekil C.9	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %10KB (2 Gün)	93
Şekil C.10	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %10KB (7 Gün)	94
Şekil C.11	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %15KB (2 Gün)	95
Şekil C.12	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %15KB (7 Gün)	96
Şekil C.13	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %5SB (2 Gün)	97
Şekil C.14	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %5SB (7 Gün)	98

<b>Şekil No</b>	<b>Adı</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil C.15	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %15B (2 Gün)	99
Şekil C.16	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %10SB (7 Gün)	100
Şekil C.17	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %10SB (2 Gün)	101
Şekil C.18	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ + %15SB (7 Gün)	102
Şekil C.19	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ + %5 D (2 Gün)	103
Şekil C.20	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ + %5 D (7 Gün)	104
Şekil C.21	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %10 D (2 Gün)	105
Şekil C.22	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %10 D (7 Gün)	106
Şekil C.23	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %15 D (2 Gün)	107
Şekil C.24	Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %15 D (7Gn)	108
Şekil D.1	Fosfojips katkılı numunelerin 2 günlük serbest basınc dayanımları	110
Şekil D.2	Fosfojips katkılı numunelerin 7 gün kürlü basınc dayanımları	111
Şekil D.3	Sodyum tuzlu borajips katkılı numunelerin 2 gün kürlü basınc dayanımları	112
Şekil D.4	Sodyum tuzlu borajips katkılı numunelerin 7 gün kürlü basınc dayanımları	113
Şekil D.5	Kalsiyum tuzlu borajips katkılı numunelerin 2 gün kürlü basınc dayanımları	114
Şekil D.6	Kalsiyum tuzlu borajips katkılı numunelerin 7 gün kürlü basınc dayanımları	115
Şekil D.7	Desülfojips katkılı numunelerin 2 gün kürlü basınc dayanımları	116
Şekil D.8	Desülfojips katkılı numunelerin 7 gün kürlü basınc dayanımları	117

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No	Adı	Sayfa
Çizelge 2.1	Sıkıştırma gereçlerinin genel karakteristikleri	13
Çizelge 4.1	Ülkemizdeki bor mineralleri ve rezervleri	18
Çizelge 6.1	Kimyasal atık alçıkların kimyasal özellikleri	25
Çizelge 6.2	Kimyasal atık alçıkların tane çapı dağılımı ve özgül ağırlıkları	25
Çizelge 6.3	Zemin numunesine ait elek analizi sonuçları	28
Çizelge 6.4	Zemin numunesine ait hidrometri deney sonuçları	30
Çizelge 6.5	Zemin numunelerine ait kodlar	33
Çizelge 6.6	Kompaksiyon deney numuneleri karışım oran ve miktarları	37
Çizelge 7.1	Katkılı zemin numunelerinin likit limit, plastik limit ve plastisite indisleri	40
Çizelge 7.2	Katkılı zemin numunelerinin maks. kuru birim hacim ağırlık ve su içerileri	41
Çizelge A.1	Plastik ve likit limit deney sonuçları (KZ+%0)	56
Çizelge A.2	Kıvam limitleri (KZ + %0)	56
Çizelge A.3	Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 5 F)	57
Çizelge A.4	Kıvam limitleri (KZ + % 5 F)	57
Çizelge A.5	Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 10 F)	58
Çizelge A.6	Kıvam limitleri (KZ + % 10 F)	58
Çizelge A.7	Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 15 F)	59
Çizelge A.8	Kıvam limitleri (KZ + % 15 F)	59
Çizelge A.9	Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 5 SB)	60
Çizelge A.10	Kıvam limitleri (KZ + % 5 SB)	60
Çizelge A.11	Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 10 SB)	61
Çizelge A.12	Kıvam limitleri (KZ + % 10 SB)	61
Çizelge A.13	Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 15 SB)	62
Çizelge A.14	<b>Kıvam limitleri (KZ + % 15 SB)</b>	62
Çizelge A.15	Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 5 KB)	63
Çizelge A.16	Kıvam limitleri (KZ + % 5 KB)	63
Çizelge A.17	Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 10 KB)	64
Çizelge A.18	Kıvam limitleri (KZ + % 10 KB)	64
Çizelge A.19	Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 15 KB)	65
Çizelge A.20	Kıvam limitleri (KZ + % 15 KB)	65
Çizelge A.21	Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 5 D)	66
Çizelge A.22	Kıvam limitleri (KZ + % 5 D)	66
Çizelge A.23	Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 10 D)	67
Çizelge A.24	Kıvam limitleri (KZ + % 10 D)	67
Çizelge A.25	Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 15 D)	68
Çizelge A.26	Kıvam limitleri (KZ + % 15 D)	68
Çizelge B.1	Standart proktor deney sonuçları KZ + %0	70

<b>Çizelge No</b>	<b>Adı</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge B.2	Standart proktor deney sonuçları (KZ+%5 KB)	71
Çizelge B.3	Standart proktor deney sonuçları (KZ+%10KB)	72
Çizelge B.4	Standart proktor deney sonuçları (KZ+%15KB)	73
Çizelge B.5	Standart proktor deney sonuçları (KZ+%5SB)	74
Çizelge B.6	Standart proktor deney sonuçları (KZ+%10SB)	75
Çizelge B.7	Standart proktor deney sonuçları (KZ+%15SB)	76
Çizelge B.8	Standart proktor deney sonuçları (KZ+%5 F)	77
Çizelge B.9	Standart proktor deney sonuçları (KZ+%10 F)	78
Çizelge B.10	Standart proktor deney sonuçları (KZ+%15 F)	79
Çizelge B.11	Standart proktor deney sonuçları (KZ+%5 D)	80
Çizelge B.12	Standart proktor deney sonuçları (KZ+%10 D)	81
Çizelge B.13	Standart proktor deney sonuçları (KZ+%15 D)	82
Çizelge C.1	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %5F (2 Gün)	84
Çizelge C.2	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %5F (7 Gün)	85
Çizelge C.3	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10F (2 Gün)	86
Çizelge C.4	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10F (7 Gün)	87
Çizelge C.5	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15F (2 Gün)	88
Çizelge C.6	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15F (7 Gün)	89
Çizelge C.7	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %5KB (2 Gün)	90
Çizelge C.8	Serbest basınç deney sonuçları KZ + %5KB (7 Gün)	91
Çizelge C.9	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10KB (2 Gün)	92
Çizelge C.10	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10KB (7 Gün)	93
Çizelge C.11	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15KB (2 Gün)	94
Çizelge C.12	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15KB (7 Gün)	95
Çizelge C.13	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %5SB (2 Gün)	96
Çizelge C.14	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %5SB (7 Gün)	97
Çizelge C.15	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15B (2 Gün)	98
Çizelge C.16	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10SB (7 Gün)	99
Çizelge C.17	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10B (2 Gün)	100
Çizelge C.18	Serbest basınç deney sonuçları KZ + %15SB (7 Gün)	101
Çizelge C.19	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %5 D (2 Gün)	102
Çizelge C.20	Serbest basınç deney sonuçları KZ + %5 D (7 Gün)	103
Çizelge C.21	Serbest basınç deney sonuçları KZ + %10 D (2 Gün)	104
Çizelge C.22	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10 D (7 Gün)	105
Çizelge C.23	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15 D (2 Gün)	106
Çizelge C.24	Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15 D (7 Gün)	107
Çizelge D.1	Fosfojips katkılı numunelerin 2 günlük serbest basınç dayanımları	109
Çizelge D.2	Fosfojips katkılı numunelerin 7 günlük serbest basınç dayanımları	110
Çizelge D.3	Sodyum tuzlu borajips katkılı numunelerin 2 gün kürlü basınç dayanımları	111
Çizelge D.4	Sodyum tuzlu borajips katkılı numunelerin 7 gün kürlü basınç dayanımları	112
Çizelge D.5	Kalsiyum tuzlu borajips katkılı numunelerin 2 gün kürlü basınç dayanımları	113

<b>Çizelge No</b>	<b>Adı</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge D.6	Kalsiyum tuzlu borajips katkılı numunelerin 7 gün kürlü basınç dayanımları	114
Çizelge D.7	Desülfajips katkılı numunelerin 2 gün kürlü basınç dayanımları	115
Çizelge D.8	Desülfajips katkılı numunelerin 7 gün kürlü basınç dayanımları	116

## **ÖNSÖZ**

Yüksek lisans çalışmalarım sırasında bilgisini ve desteğini benden esirgemeyen danışman hocam Yard.Doç. Dr. Arzu OKUCU'ya ve Mimarlık Bölümü Yard.Doç.Dr. Nurhayat DEĞİRMENCİ'ye teşekkürlerimi sunuyorum.

Hiçbir zaman yalnız hissettirmeyen dostlarıma, tahammül ve desteklerinden dolayı çalıştığım işyeri sahibi ve iş arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Her zaman yanımda oldukları, anlayışları, sabırları ve destekleri için aileme en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

**Balıkesir, 2007**

**Metin TÜLEK**

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Konu

Kohezyonlu zeminlerin stabilizasyonu temel mühendisliğinde karşılaşılan en yaygın sorunlardan biridir. Bu tür zeminlerin davranışını kontrol etmek için bir çok çalışma yapılmıştır. En ekonomik metotlardan biri kimyasal katkı kullanmaktır. Yaygın kullanılan Kimyasal katkı malzemeleri çimento, kireç, bitüm ve uçucu kül gibi inşaat mühendisliğinde geniş kullanım alanlarına sahip malzemelerdir. Dünyada ve ülkemizde bu malzemelere alternatif atık malzemelerin kullanımına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Ülkemizde büyük çevre sorunlarına sebep olan fosforik asit fabrikaları, bor tesisleri ve termik santral atıkları fosfojips, borojips ve desulfojipsin zemin stabilizasyonunda kullanımı bu çalışmada araştırılmıştır. Atık kimyasal alçılar ya nehirlere ve denizlere dökülmekte yada açık arazide depolanmakta böylece nehir ve denizlerde kirliliğe neden olurken verimli tarım arazileri de işgal edilmektedir. Milyonlarca ton kimyasal atık alçının elden çıkarılması kaynak israfına ve çevre kirliliğine neden olmaktadır.

Doğal zemin stabilizasyon malzemelerinin gün geçtikçe rezervleri azalmakta ve birçok bölgede temini ekonomik sıkıntılara sebep olmaktadır. Atık malzemelerin zemin stabilizasyonunda kullanılması ekonomiye katkı sağlayacağı gibi çevre kirliliği çözümünde de katkı sağlayacaktır. Belirtilen atık maddelerin kullanılmasına yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Ancak yapılan çalışmalar atıkların çok az bir kısmının değerlendirilebilmesini sağlamaktadır. Zemin stabilizasyonunda kullanılan doğal malzeme miktarlarının büyük rakamlara ulaştığı düşünüldüğünde, kimyasal atık alçıların zemin stabilizasyonunda kullanılması sorunun çözümüne büyük katkı sağlayacaktır.

## 1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada kimyasal atık alçılarının zemin stabilizasyonunda kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada fosforik asit gübre fabrikası yan ürünü fosfojips, bor konsantratör ve bor türevleri tesisleri atığı sodyum tuzlu borojips ve kalsiyum tuzlu borojips, termik santral atığı desülfjojips olmak üzere dört farklı kimyasal atık alçı kullanılmıştır.

Bu amaç kapsamında kohezyonlu zemine ağırlıkça %0, %5, %10 ve %15 oranlarında kimyasal atık alçılar ilave edilerek zemin numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan zemin numuneleri üzerinde likit limit, plastik limit, Standart Proktor ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre katkılı zeminlerin plastisite indisi, optimum su içeriği, maksimum kuru birim hacim ağırlıkları belirlenerek 2 ve 7 günlük serbest basınç dayanımları belirlenmiştir.



## 2. ZEMİN STABİLİZASYONU

Zemin; genel olarak masif kaya ve kayaların parçalanarak gelişmesinden doğan ufak taneciklerin yığılından oluşmuştur. Zemin mekaniği ise, zemin kütlelerinin dinamik veya statik iç ve dış yükler altındaki davranışını inceleyen, mekanik ve hidrolik biliminin zemine uygulandığı bir bilim dalı olarak tanımlanır, [1].

Geoteknik; kaya mekaniği, zemin mekaniği, temel mühendisliği, kaya mühendisliği, mühendislik jeolojisi ve hidrojeoloji gibi mühendislik dallarını kapsayan ve inşaat, jeoloji, maden ve jeofizik mühendisliğinde yaygın bir uygulama alanına sahip ortak bir bilim ve mühendislik dalıdır. Bu bilim dalı, özellikle son yıllarda başlıca; şev kazıları, tüneller, yeraltı hidrolik yapıları, otoyollar, barajlar ve değişik türde yapıların inşası ile yeraltı ve yerüstü madencilik uygulamalarına ilişkin mühendislik projelerinde karşılaşılan vazgeçilmez bir araştırma ve uygulama konusu olarak yerini almıştır.[2]

Geoteknik mühendisliği uygulamalarında, yeterli bilgi ve deneyime sahip olmayanlar için, karşılaşılan problemler şaşırtıcı, karmaşık ve çözümsüz gibi görünmektedir. Pratikte karşılaşılan zemin problemlerinden başlıcaları şu şekilde sınıflandırılabilir;

1. Temellerle ilgili zemin problemleri: Binalar, karayolları, köprüler, barajlar ve benzeri mühendislik yapıları zemin veya kayalar üzerine ya da içerisine yapılmaktadır. Mühendislik yapılarının servis yüklerinden ve kendi ağırlıklarından dolayı oluşan gerilmeler temeller vasıtasıyla zemin veya kaya ortamına aktarılmaktadır. Uygulanan bu gerilmeler altında zemin veya kaya direncinin aşılması halinde üstyapının güvenliği tehlikeye düşmektedir. Üstyapının güvenli olarak ayakta kalabilmesi için temellerin taşıma gücünün

kütlelerinin sınır dayanımlarının (taşıma gücünün) hesaplanması ve şevlerin duraylılığının (stabilitesinin) araştırılması olarak özetlenebilir. Bu problemleri çözebilmek için zeminlerin kırılma (göçme) anındaki gerilme koşullarının bilinmesi yeterlidir. Deformasyonların önemli olmadığı durumlarda sadece gerilme koşullarının bilinmesi yeterli olmakla birlikte, deformasyonların etkili olduğu durumlarda örneğin yatay desteklerde (iksalarda) şekil değiştirmeler de dikkate alınmaktadır.

2. Elastisite problemleri: Bu tür problemler zeminlerin kendi ağırlığı ya da dış yükler etkisi altında uğradığı şekil değiştirmeleri inceler. Bu problemlerin çözülebilmesi için zemine ait “gerilme-şekil değiştirme” ilişkisinin bilinmesi gerekmektedir. Problemlerin analizinde genellikle deformasyonlar dikkate alınır gerilmelerle ilgilenilmez.

3. Stabilite ve elastisite problemleri: Yukarıda ayrı ayrı belirtilen problemler aynı anda dikkate alınması gereken durumlardır. Zemin kütlelerinin başlangıç gerilme-şekil değiştirme noktasından başlanarak plastik akma ile oluşan kırılma anına kadar ki davranışının incelenmesi gereklidir.

4. Zemindeki suyla ilgili problemler: Zeminlerin boşluklarında doğal olarak su bulunur. Buradaki sular hareketsiz ya da hareketli halde bulunabilirler. Suyun hareketsiz olması durumunda problemlerin çözümü genel olarak katı cisimlerin mekaniğindeki problemlerin çözümüne benzemektedir. Ancak suyun hareketli halde olması durumunda, zemindeki suyun gerilme koşullarının bilinmesi gerekli olmaktadır. Böyle durumlarda mekanik ve hidrolik bilimlerinin birlikte kullanılmasıyla bu tür problemler çözülebilmektedir [2].

Zeminlerde birçok problemle karşılaşmakta ve bu problemlerin analizinde problemin türüne göre değişik hesap yöntemleri uygulanmaktadır. Stabilizasyon (ıslah, iyileştirme, sağlamlaştırma vb.); zeminin özelliklerinin çeşitli yöntemlerle iyileştirilmesine verilen genel addır. Stabilizasyonda amaç işin özelliğine göre; taşıma gücünü arttırmak, beklenen oturmaları,

deformasyonları azaltmak, geçirimliliği azaltmak vb. olabilir. Stabilizasyon yöntemleri genel olarak şu şekilde sınıflandırılabilir,[2,s.188].

## 1. Yüzeysel Stabilizasyon:

### a. Katkısız Stabilizasyon:

1. Kompaksiyon
2. Drenaj

### b. Katkılı Stabilizasyon:

1. Mekanik Stabilizasyon
2. Kimyasal Stabilizasyon

## 2. Derin Stabilizasyon:

### a. Kohezyonsuz Zeminler:

1. Derin Kompaksiyon (Dinamik konsolidasyon)
2. Derin Vibrasyon (Vibro-flotasyon)
3. Kompaksiyon Kazıkları
4. Patlayıcılar
5. Enjeksiyon

### b. Kohezyonlu Zeminler:

1. Ön Yükleme Yöntemi
2. Kum Drenler Yöntemi
3. Elektro-Osmoz Yöntemi
4. Isı ile Stabilizasyon

Yukarıda verilen stabilizasyon yöntemlerine ek olarak verilebilecek yöntemlerin en önemlisi "Donatı kullanımı" olarak nitelendirilen zayıf zemin ve kayaç kütlelerinin genellikle zayıflık yönlerine dikey yerleştirilen sağlam elemanlar yardımıyla zeminlerin iyileştirilmesidir. Gelişen teknoloji yardımı ile üretilen bir başka zemin stabilizasyon malzemesi de her geçen gün

uygulama süresinin kısalığı ve kolay uygulanması gibi nedenlerle kullanımı artış gösteren geotekstil, geomembran, geoağ (geomat), geogrid (geoızgara), birleşik geosentetikler gibi polimer ürünlerdir.[3]

Bu çalışmada katkılı stabilizasyonun sonuçlarının belirlenmesinde stabilizasyon yöntemlerinden biri olan kompaksiyon (sıkıştırma) yöntemi kullanılmıştır.

## **2.1 Kompaksiyon (Sıkıştırma)**

Kompaksiyon, zemin tanelerinin çeşitli yöntemlerle, birbirine yaklaştırılması ve aralarındaki hava boşluklarının azaltılması sonucu daha sıkı bir yerleşime sahip olmalarını sağlayan mekanik işlemlere verilen addır. Zeminin sıkıştırılması sonucu birim hacim ağırlık artmakta ve buna bağlı olarak mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanmaktadır. Tanelerin birbirine yaklaşabilmesi ve sıkılaştırmanın sağlanabilmesi, ancak uygulanan statik ve dinamik yükler altında birbirlerine göre hareket edebilmeleri ile sağlanabilir. Tanelerin birbirine göre hareket edebilme yetenekleri ise, uygulanan yüklerin şiddetinin (kompaksiyon enerjisi) yanında zemin içerisindeki su miktarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Zemin içindeki su miktarının kompaksiyon üzerinde iki değişik etkisi söz konusudur. Su miktarı zeminin doygunluk derecesinin tanelerin birbirine yaklaşmasına engel olacak derecede yüksek olmasına yol açacak mertebede ise kompaksiyonun sağlanması güçleşir yani zeminin su içeriği yükseldikçe, boşluklardaki havanın bir kısmı hapsedilmekte ve dışarı çıkmamaktadır. Böylece sıkışan hava hacimlerinde basınç artışları meydana gelmekte ve kompaksiyon zorlaşmaktadır. Zeminin tamamen suya doygun olması yani bütün boşlukların suyla dolu olması durumunda ise kompaksiyon mümkün değildir. Çünkü bu durumda uygulanan yükler altında boşluk suyunda basınç artışları meydana gelecek ve bu hidrostatik basınç, tanelerin birbirine yaklaşmasına karşı koyacaktır, [2,s.190].

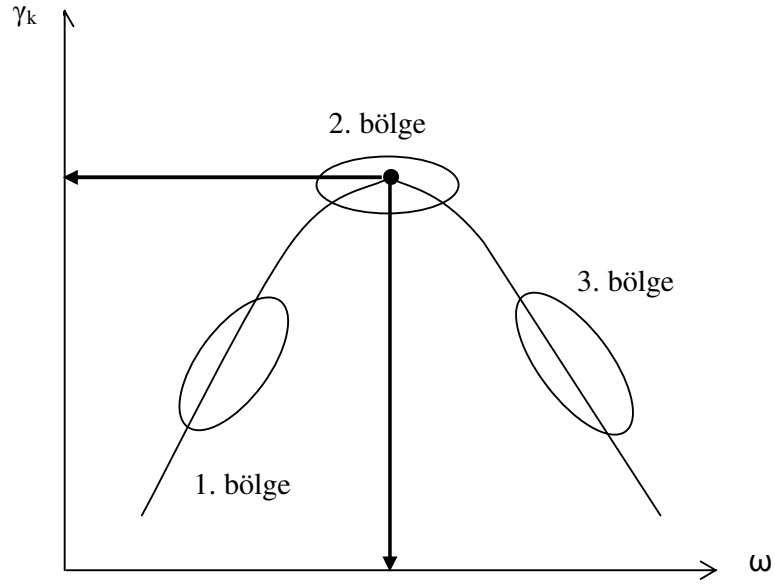
Diğer taraftan zemin içindeki su miktarı aynı zamanda tanelerin birbirine göre hareket edebilmelerini de etkilemektedir. Zemin içerisinde yeterli su bulunduğu zaman (yüksek su içeriklerinde) tanelerin arasındaki sürtünme azalmakta (yağlama etkisi) aynı zamanda kapiler gerilmeler de azalmakta ve taneler arası elektriksel itki kuvvetleri ortaya çıkmaktadır. Zemin içerisinde yeterli su bulunmadığı zaman ise (düşük su içeriklerinde) taneler arası sürtünme ve kapiler gerilmeler artmakta elektriksel kuvvetlerin net etkisi ise çekim kuvvetine dönüşmektedir[4].

Görüldüğü gibi zemin içerisindeki su miktarının kompaksiyon üzerindeki iki etkisi birbirleriyle çelişkilidir. Şöyle ki, su miktarı arttıkça tanelerin birbirine göre hareketi kolaylaşmakta buna karşılık birbirine yaklaşması zorlaşmaktadır. Buna göre her iki etkinin bir arada düşünülmesi ile, en iyi sıkışmanın ancak zemin içinde yeterli miktarda (optimum) su bulunması (ne çok az, ne de çok fazla) durumunda sağlanabileceği sonucuna varılmaktadır. Zeminin en iyi ve en kolay sıkışabileceği su içeriğine "optimum su içeriği" adı verilmektedir. Optimum su içeriği değişik zeminler için birbirinden farklı olduğu gibi, aynı zemin için kompaksiyon enerjisine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Sıkışmanın sağlanabilmesi için gerekli olan tanelerin birbirine göre hareket edebilmesi ve birbirine yaklaşabilmesi, zemin içindeki su miktarı yanında uygulanan statik veya dinamik yüklerin türüne ve şiddetine bağlıdır. Dolayısıyla optimum su içeriği zeminin endeks özellikleri (örneğin tane birim hacim ağırlığı, likit limit, plastik limit) gibi değişmez bir özelliği değildir. Sadece belli bir kompaksiyon enerjisi altında zeminin sıkışmasının en iyi ve en kolay sağlanabileceği su içeriğini göstermektedir. Belirli şartlar altında deneysel olarak bulunması gerekir.

Yukarıda verilen su içeriğinin kompaksiyon üzerindeki etkisi kohezyonlu yani siltli ve killi zeminlerde çok açık olarak görülmektedir. Kohezyonsuz yani temiz kum ve çakıllı zeminlerde ise zemin içerisindeki boşluklarda basınç artışlarının meydana gelmemesinden, taneler arası sürtünmenin az olmasından ve taneler arası elektriksel kuvvetlerin, yerçekimi kuvvetlerine göre ihmal edilebilir seviyede olmasından dolayı daha az

etkilenmektedir. Ayrıca kuru ve suya doymun durumlarda kapiler gerilmeler olmaması nedeniyle ince kumlarda kompaksiyon nemli durumda, tamamen kuru veya tamamen suya doymun duruma göre daha zor olmaktadır.

Bir zemin, sabit bir kompaksiyon enerjisi ile değişik su içeriklerinde sıkıştırıldığında; Şekil 2.1'de görüleceği gibi artan su içeriklerinde kuru birim hacim ağırlığı önce artmakta, maksimum bir değere ulaşmakta, sonra da azalmaktadır.



Şekil 2.1 Artan su içeriği ile kuru birim hacim ağırlığının değişimi [ 2 ]

1. Bölgede: Zeminde yeterli miktarda su bulunmadığı için, tanelerin daha az boşluklu yerleşmek üzere hareket etmeleri, taneler arası sürtünme kuvvetlerinden dolayı zordur.

2. Bölgede: Sıkışma en yüksek değerine ulaşmakta, kuru birim hacim ağırlık maksimum değere ulaşmaktadır.

3. Bölgede: Zeminde fazla su bulunduğundan ve suyun da pratik olarak sıkışmaz olmasından dolayı, yine zeminin boşluk hacmi fazla

azaltılmamaktadır. Yani su içeriği artarken, kuru birim hacim ağırlık azalmaktadır.

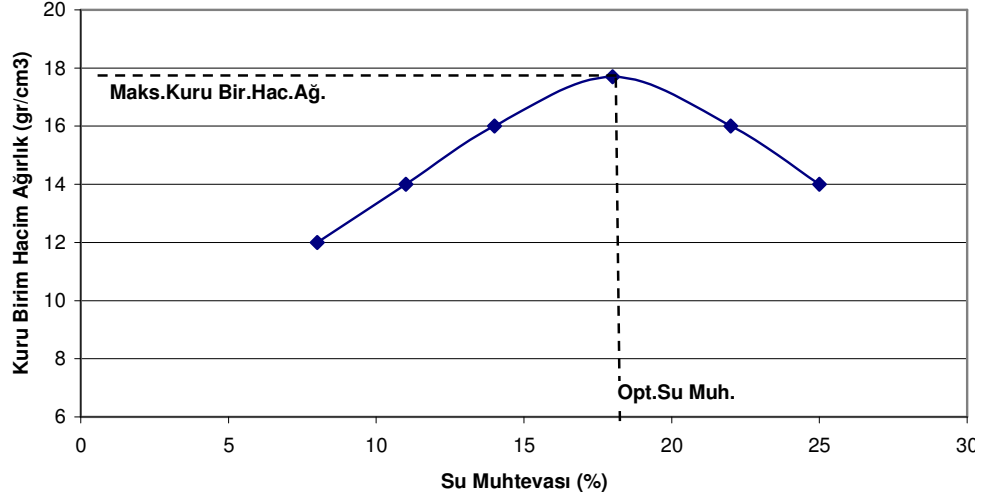
Zemine ait kuru birim hacim ağırlık değerinin artması ile zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri de büyük ölçüde değişmektedir. Kompaksiyonda havanın dışarı atılması ile zemin tanelerinin birbirine yaklaşması sağlanır. Sıkıştırma işlemi yapıldığı zaman zeminin:

1. Kayma direnci yükselir.
2. Sıkışabilirliği azalır.
3. Geçirimsizliği düşer.
4. Şişme-Büzülme davranışı kontrol altına alınabilir.
5. Aşınabilirliği azalır veya gecikir.
6. Sıvılaşma yeteneği kaybolabilir.
7. Dondan aşırı etkilenmez.
8. Birim hacim ağırlığı artar,[3].

Bir zemin için uygulanacak belli bir kompaksiyon enerjisi ile elde edilecek sıklık derecesinin su içeriğine bağlı olarak değişimi, dolguda kullanılacak zemin için deneysel olarak saptanmalıdır. Bu konuda yapılmış olan ilk bilimsel çalışmalar arasında önemli olan, Proktor tarafından yapılan çalışmadır. Proktor günümüzde birçok ülke ve kuruluş tarafından standart deney olarak kabul edilen laboratuvar deneyini gerçekleştirmiştir.

Bu deneyde bir zemin numunesi belli bir şekilde sıkıştırılarak birim hacim ağırlığı ile su içeriği belirlenir. Bu işlem, farklı su içeriklerinde hazırlanmış bir seri zemin numunesi için tekrarlanır. Deney sonuçları, kuru birim hacim ağırlığı / su içeriği eksen takımında çizilerek verilir. Belirli bir sıkıştırma yöntemi ve enerjisi seçilerek bir zeminin birçok su içeriğinde sıkıştırılması durumunda birim hacim ağırlığının genelde sürekli yükseldiği gözlenecektir. Doğal olarak bu artış zemin doygunluğa eriştiğinde durmamaktadır. Bunun ötesinde su içeriği artışları sudan daha yüksek özgül ağırlıkta tanelerin yerini aldığından birim hacim ağırlığı düşürecektir. Aşağıda

Şekil 2.2' de tipik bir Standart Proktor deneyi sonucunda elde edilen bir grafik verilmiştir,[3].



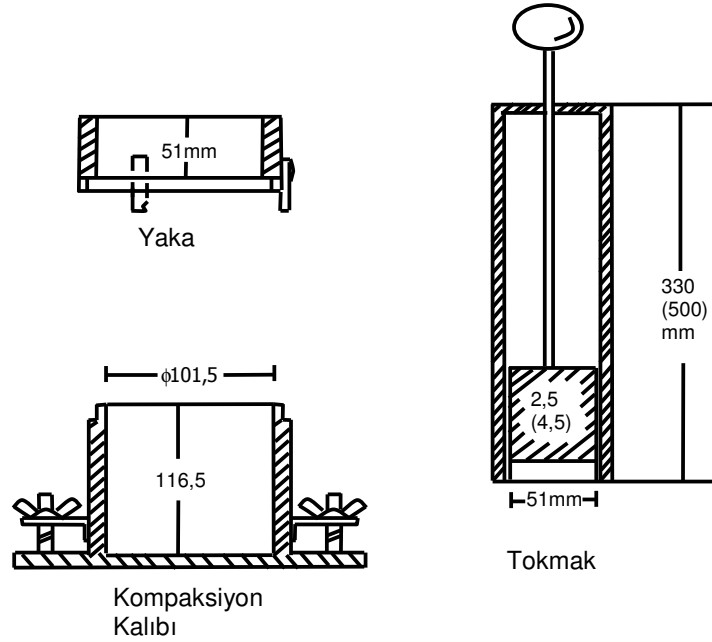
Şekil 2.2 Tipik bir Proktor deney grafiği

Standart Proktor deneyinde zemin üç tabaka halinde yaklaşık 1000 cm<sup>3</sup> lük bir kalıba 2,5 kg ağırlıklı tokmağın 30 cm den 25 kez düşürülmesiyle sıkıştırılır. Deney için en az 5 numune değişik su içeriklerinde hazırlanır. Standart Proktor deneyinde uygulanan kompaksiyon enerjisi 590 kJ/m<sup>3</sup> tür.

Şekil 2.3'de sıkıştırma deneylerinde kullanılan deney kalıpları ve tokmağı görülmektedir.

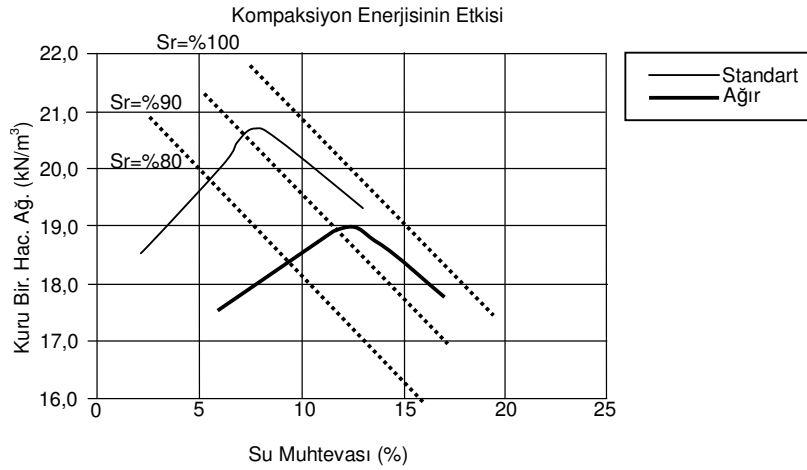
Kompaksiyon birçok faktöre bağlıdır. Bunlardan en önemlisi su içeriğidir. Şekil 2.2'de de görüldüğü gibi su içeriği optimum değere ulaşıncaya kadar zeminin kuru birim hacim ağırlığı artmakta, ancak optimum su içeriği aşıldıktan sonra kuru birim hacim ağırlık değeri azalmaktadır. Bir zeminin kuru birim hacim ağırlığı ne kadar büyükse zemin o kadar iyi sıkıştırılmış demektir. Bu maksimum kuru birim hacim ağırlık değerine ise, optimum su içeriğinde ulaşılmaktadır.





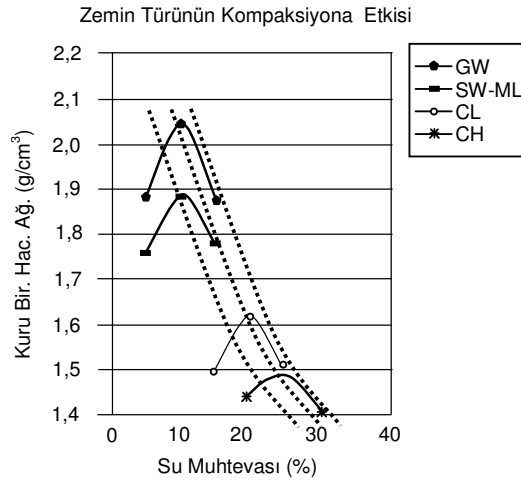
Şekil 2.3 Sıkıştırma deneylerinde kullanılan kalıp ve tokmaklar[3]

Kompaksiyonun bağlı olduğu diğer bir faktöre kompaksiyon enerjisidir. Aynı zemin için daha büyük kompaksiyon enerjisi, daha yüksek kuru birim hacim ağırlığı ve daha düşük optimum su içeriğini verir. Bu değişimi özetleyebilmek için aynı zemin üzerinde uygulanmış olan standart ve ağır Proktor deneyinin sonuç grafikleri Şekil 2.4'de verilmiştir, [4].

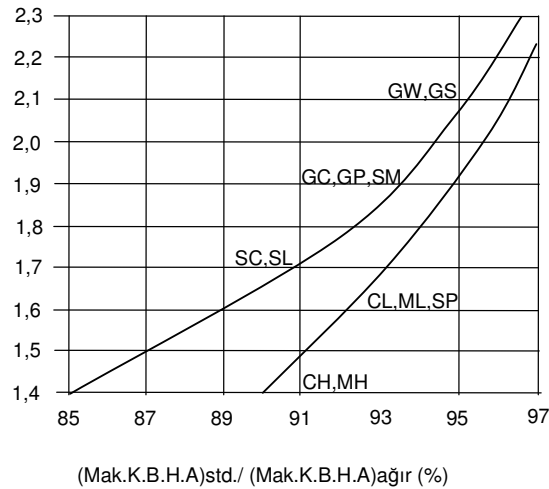


Şekil 2.4 Kompaksiyon enerjisinin kompaksiyona etkisi[2]

Kompaksiyonu etkileyen en önemli faktörlerden biri ise zemin cinsi ve granülometrisidir. Zemine ait dane boyutları arttıkça maksimum kuru birim hacim ağırlık değeri artmakta buna karşılık optimum su içeriği düşmektedir. Zemin türünün kompaksiyona olan etkisi aşağıda Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'da gösterilmektedir.



Şekil 2.5 Zemin türünün kuru birim hacim ağırlığı etkisi[2]



Şekil 2.6 Zemin türünün kuru birim hacim ağırlığı etkisinin kompaksiyon enerjisi ile ilişkisi[2]

Arazide kompaksiyon işlemi yapılırken sıkıştırma için belirlenen veya hazırlanan zemin, kullanılacak sıkıştırma aracı tipine bağlı olarak belli bir kalınlıkta (bir kaç desimetre) serilir. Zeminin su içeriği laboratuvarında belirlenen optimum su içeriğine getirilir. Bunun için zemine bir miktar su katılır veya zemin karıştırılarak, havada bir miktar kurutulur. Sonra, zemin cinsine uygun bir sıkıştırma aracı ile yeterli sayıda geçişlerle sıkıştırma yapılır. Sıkıştırma araçları başlıca 3 tip olabilir,[3]:

1. Silindirler (düz, keçi ayaklı, lastik tekerlekli vb.)
2. Vibratörler (silindir, plaka, kiriş vb.)
3. Tokmaklar (sıçrayan kurbağa tokmaklar vb.)

Genel olarak taneli zeminler için düz silindirler, vibratörler; kohezyonlu zeminler için, keçi ayaklı silindirler, lastik tekerlekli (pnömomatik) sıkıştırıcılar; her iki cins zeminler içinse tokmaklar, sınırlı alanlarda uygundur. Buna göre sıkıştırma gereçlerinin genel karakteristikleri Çizelge 2.1 'de verilmiştir;

Çizelge 2.1 Sıkıştırma gereçlerinin genel karakteristikleri

ADI	KÜTLESİ (ton)	HIZI (km/saat)	TİTREŞİM (Hz)	TABAKA KALINLIĞI (m)	GEÇİŞ SAYISI
Titreşimli tokmak	0,30 - 0,10	—	7,00 - 10,0	0,20 - 0,40	2,0 - 4,0
Titreşimli plaka	0,06 - 0,08	1,00	10,0 - 80,0	0,15 - 0,50	2,0 - 4,0
Hafif titreşimli silindir	0,60 - 2,00	2,00 - 4,00	25,0 - 70,0	0,30 - 0,50	4,0 - 6,0
Titreşimli ayak	6,00 - 15,0	8,00 - 10,0	25,0 - 30,0	0,30 - 1,50	4,0 - 6,0
Ağır titreşimli silindir	6,00 - 15,0	6,00 - 13,0	25,0 - 40,0	0,30 - 1,50	4,0 - 6,0
Vurmalı silindir	7,00	10,0 - 14,0	—	0,50 - 3,00	30 a kadar

Yukarıda kompaksiyonu etkileyen faktörler olarak verilen zemin özelliklerinin yanında kompaksiyonda kullanılan makinenin özellikleri de sıkıştırmanın verimini etkilemektedir. Özellikle makinenin ağırlığı, boyutları ve zemine uyguladığı basınç ile ilgili makinelerde uygulanabilir titreşim frekansı aralığı ve çalışma frekansı önemlidir. Ayrıca uygulama esnasında serilme kalınlığı, makinenin geçiş hızı ve geçiş sayısı da sıkıştırmanın verimini etkileyen önemli faktörlerdendir.

### 3. FOSFOJİPS

Fosforik asit gübre fabrikası yan ürünü olan fosfojips (fosfoalçı), fosforik asit üretiminde fosfat taşı ile sülfürik asidin reaksiyona girmesi sonucu ortaya çıkan atık üründür. Esas olarak  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  bileşimindedir ve yapısında  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{F}^-$  ve organik maddeler gibi safsızlıklar bulundurmaktadır.

Yeterli saflık ve miktarda fosfatlı mineraller içeren kayalara fosfat veya fosfat kayası denir. Dünya nüfusunun artmasına bağlı olarak, hayati önem taşıyan beslenme sorunu ortaya çıkmış; ekilebilir tarım alanlarının sınırlı oluşundan dolayı, gittikçe artan dünya nüfusunun beslenmesi için bu alanlardan daha fazla ürün elde etme yoluna gidilmiştir. Bu nedenle tarımın modernleşmesi gerekmiştir. Modern tarımda kimyasal gübrelerin, özellikle fosfatlı gübrelerin önemi çok büyüktür. Bundan dolayı canlıların gelişmesinde etkin bir besin maddesi olan fosfata, dünyadaki açlığın ortadan kaldırılmasında önemli stratejik bir hammadde olarak bakılmaktadır. Bu amaca yönelik yapılan araştırmalar sonucu dünyada elverişli fosfat yatakları bulunmuş ve geliştirilmiştir. Nüfus artışına bağlı olarak gıda temini gerektiğinden gelecekte fosfatlı gübrelere olan ihtiyaç daha da artacaktır.

Fosfat kayasının %85'i gübre olarak değerlendirilmektedir. %15 lik bölümü ise yem, gıda, deterjan, alaşım metalürjisi, kağıt, kibrit, su tasfiyesi, harp sanayii ve kimya sanayiinde kullanılmaktadır. Yıllara göre fosfat kayası üretimi karşılaştırıldığında üretim azalmaktadır. Ana fosfat üreticisi ülkelerin üretimi ya sabit kalmış veya düşmüştür. 2005 yılında dünya fosfat tüketiminin %4 oranında azaldığı tahmin edilmektedir. Üretimdeki bu düşüşün nedeni Batı Avrupa'nın fosfata olan talebinin azalmış olması ve son yıllarda ziraatta daha az gübre kullanılarak istenen verimin elde edilme yöntemlerinin geliştirilmesidir. Ayrıca artan gübre üretimi sonucunda her yıl elde edilen atık miktarı da artmakta ve bu atıkların depolanması veya elden çıkarılması sorun

olmaktadır. Bu atıklar genellikle tarım arazileri üzerinde depolanmakta veya deniz ve nehirlere dökülmekte bu da çevre kirliliğine yol açmaktadır.

Ayrıca sedimanter fosfatlarda bulunan kadmiyum da yüksek oranlarda olduğu zaman çevre sorunu yaratmaktadır. Bu nedenle özellikle Batı Avrupa'da magmatik fosfatlar tercih edilmektedir.

Bir tarım ülkesi olma niteliğini koruyan ülkemizin fosfat kayasına ilgisi 1960'lı yıllarda başlamıştır. Türkiye Ticaret ve Sanayii Odaları Birliği'ne bağlı olarak 1961 yılında kurulan Maden Yardım Komisyonu 1962 yılında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Mardin-Mazıdağı yöresinde ilk fosfatlı seviyeleri tespit etmiştir. Bu bölgenin fosfat oluşumu yönünden ilk planda ele alınmasının gerektiği kanaatine varılmıştır. Aynı yıllarda bu bölgede bir taraftan M.T.A., diğer taraftan Etibank işbirliği halinde yoğun bir arama faaliyetine girilmiştir. M.T.A Enstitüsü'nün araştırmaları sonucunda, Maden Yardım Komisyonu'nca ruhsatı alınmış olan, fosfat sahaları dışında, %8 - %15 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> içeren, fosfat yatakları ortaya çıkarılmıştır. Düşük tenörlü taşıt fosfat yataklarının, cevher hazırlama ve ekonomik değerlendirme etüdüleri sonucunda; üretilen fosfat kayası maliyetinin yurtdışı fiyatlarından fazla olduğu görülerek, fosfat arama çalışmaları 1966 yılında sona erdirilmiştir. Fosfat aramalarında da büyük ölçüde duraklama olmuştur. Ülkemizdeki Gübre Sanayii'nin çözümü gittikçe güçleşen hammadde sorununa bir çözüm bulabilmek için M.T.A. Enstitüsü 1968 yılında Maden Yardım Komisyonu adına ruhsatlı sahalarda, özellikle Batı Kasrık Bölgesi'nde arama çalışmalarını yeniden yoğun bir şekilde başlatmıştır. Çalışmalar sonucunda kayda değer kalite ve rezervde fosfat potansiyelinin varlığı saptanmıştır. 1974 yılı içinde, dünya fosfat kayası fiyatlarındaki ani artışın döviz harcamaları bakımından, ülkemize yüklediği külfetin fazlalığı öne sürülerek, fosfat kayası ihtiyacımızın en kısa zamanda yurtiçi kaynaklarından karşılanması görevi Etibank'a verilmiştir. Ülkemizde, 1961 yılından itibaren hızlanan fosfat arama çalışmaları ile önemli sayılabilecek fosfat potansiyeli bulunmuştur. Ülkemizin bilinen fosfat potansiyelinin hemen hepsi,

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde olmak üzere başlıca 3 alt bölgede toplanmaktadır.

Mardin - Mazıdağı Alt Bölgesi

Bingöl - Bitlis Alt Bölgesi

Aşağı Fırat Alt Bölgesi

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan toplam 400 milyon ton fosfat potansiyeli bulunmaktadır. Bu potansiyel ülkemizin fosfat hammaddesi ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayabilecek düzeydedir.

Hatay-Yayladağı, Kilis ve Adıyaman yöresinde oluşan fosfatlar, doğrudan gübre olarak kullanılabilen; günümüz teknolojisinde, zenginleştirilemeyen yataklardan oluşmaktadır,[5].

Ülkemizde fosfat üretim kapasite kullanım oranları %53 civarında olmasına rağmen üretim miktarı 2004 verilerine göre 1.016.802,00 ton/yıl'dır.

Fosfat kayasının değerlendirilmesi ve fosforik asit üretimi sonrası fosfojips atık ürün olarak ortaya çıkmakta olup; örneğin Samsun TÜGSAŞ Gübre fabrikasında günde 3150 ton, Bandırma Bağfaş Gübre fabrikasında 3500 ton gibi büyük miktarlarda ele geçmekte ve önemli depolama problemleri yanında çevre kirliliğine de sebep olmaktadır. Bu nedenle son yıllarda Batı Avrupa'nın fosfat kayası talebi önemli miktarda azalmıştır. Batı Avrupa'daki fosforik asit kapasitesi de azalmaya devam etmektedir. Çünkü atık ürün fosfojips ile ilgili önemli çevresel baskı mevcuttur. Bunun sonucu bazı fabrikalar kapanmaktadır. Bu nedenle Batı Avrupa'daki gelişmiş ülkeler giderek ham cevher olan fosfat kayası yerine mamul gübre veya fosforik asit kullanma yoluna gitmektedirler,[6].

#### 4. BOROJİPS

Bor elementinin yer kabuğundaki genel dağılımı çok az olmasına karşın, belli ortamlardaki bor konsantrasyonlarının çok fazla orandaki artışı, ekonomik bor yataklarının oluşumuna sebep olmuştur. Türkiye'deki tüm yataklarda, bor içeren birimlerden önce ve sonra yaygın olarak kireçtaşı çökelimi gerçekleşmiştir. Türkiye bor yatakları, dünyanın en büyük ve yüksek tenörlü (sırasıyla %30, %29 ve %25 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) kolemanit, üleksit ve boraks (tinkal) yatakları olup, dünya ihtiyacının büyük bir kesimini uzun yıllar karşılayacak boyuttadır.

Yaygın bir kalsiyum bor olan kolemanitin, Kırka dışındaki tüm bor yataklarında egemen mineral olmasına karşın, Türkiye bor yataklarının ayrıntılı mineralojileri önemli derecede farklılıklar göstermektedirler. Üleksit (sodyum-kalsiyum bor) ve boraks (sodyum bor) önemli bor mineralleridir. Boraks yalnızca Kırka'da gözlenmektedir. Ülkemizdeki bor mineralleri ve rezervleri Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Endüstride ise bor, borik asit içeren veya temin eden herhangi bir bileşik olarak tanımlanır. Çok sayıda mineral borik asit içerir, fakat tüm dünya'da ekonomik olarak bilinen üç önemli mineral vardır: boraks, üleksit ve kolemanit. Bu üç mineral, dünya borat ihtiyacının yaklaşık % 90'ını karşılayan başta Türkiye ve Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere çok sınırlı sayıdaki ülkelerde üretilmektedir. Bor ve bor ürünlerinin katma değerleri çok yüksektir. Kullanım alanları bakımından stratejik öneme sahiptirler. Türkiye bor üretimi Etibor A.Ş. 'nin elindedir.

Ülkemizin bor mineralleri rezervi, dünya bor rezervinin 2/3 sini oluşturmaktadır. Bor konsantresi üretimi Eti Holding Eti Bor A.Ş.'ne ait Kütahya-Emet, Eskişehir-Kırka, Balıkesir-Bigadiç ve Bursa-Kestelek İşletmelerinde gerçekleştirilmektedir. Bor türevleri tesislerinde ise yine Eti Bor

A.Ş.'ne ait Kırka Bor Türevleri Tesisinde; boraks pentahidrat, boraks dekahidrat, susuz boraks, Bandırma bor türevleri tesisinde; boraks pentahidrat, boraks dekahidrat, borik asit, sodyum perborat üretimleri yapılmaktadır .

Çizelge 4.1 Ülkemizdeki bor mineralleri ve rezervleri

<b>İl/ilçe</b>	<b>Bulunan Bor Mineralleri</b>	<b>Cevher Rezervi (1.000 ton)</b>	<b>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Tenörü, %</b>	<b>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> İtibariyle Rezerv (1.000 ton)</b>
<b>Balıkesir Bigadiç</b>	Kolemanit (en çok) Üleksit (yan ürün)	1.029.722	35	360.403
<b>Kütahya Emet</b>	Kolemanit (en çok) Üleksit (yan ürün) Meyerhofferrit (yan ürün) Probertit (yan ürün) Tünelit (yan ürün) Hidroborasit (yan ürün)	886.743	35	310.360
<b>Eskişehir Kırka</b>	Tinkal (en çok) Üleksit (2. derece) Kolemanit (3. derece) Kernit (yan ürün)	518.535	25	129.634
<b>Bursa Kestelek</b>	Kolemanit (en çok) Probertit (yan ürün) Hidroborasit (yan ürün) Meyerhofferrit (yan ürün) Üleksit (yan ürün)	8.142	35	2.850
<b>TOPLAM</b>		<b>2.443.142</b>		<b>803.247</b>



Dünya bor pazarında önemli bir yere sahip olan ülkemizde bor konsantratör ve bor türevleri tesislerinde önemli miktarlarda (600.000 ton/yıl) atık ortaya çıkmaktadır. Çevre bilinci gelişmeden önce üretim sonucunda ya da cevher zenginleştirme tesislerinden çıkan atıklar, maden alanlarının yakınındaki sahalara, atık barajlarına, denizlere, göllere, nehirlere boşaltılmaktaydı. Günümüzde ise zenginleştirme tesis atıklarını değerlendirme, eğer değerlendirilemiyorsa en uygun biçimde bertaraf etme yoluna gidilmektedir, [7].

Bor madenciliği ve işlenmesi sırasında kil içeren, oldukça fazla miktarlarda atık üretilmektedir. Yüksek oranda bor içeren bu atıklar önemli ekonomik kayıplara neden olduğu gibi ciddi çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Atık bertarafı için geniş alanların tahsis edilmesi gerekmektedir.

Bor atıklarının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar son yıllarda hız kazanmış olup, günümüze değin çok sayıda araştırma yapılmıştır. Atıkların en uygun şekilde depolanması çalışmaları: depolama öncesinde çevre kirliliğinin azaltılması, atıkların stok sahasında daha az yer kaplamasını sağlamak amacı ile yapılan presleme, kompaktlaştırma çalışmaları, çamur halindeki atıklarda katı sıvı ayırımı ile suyun kazanılarak tekrar kullanımına yönelik çalışmalardır, [8].

Atıkların değerlendirilmesi hem ekonomik, hem de çevresel faktörler açısından büyük önem taşımaktadır.

Bor türevleri tesislerinde açığa çıkan atıklar kalsiyum tuzlu ve sodyum tuzlu olmak üzere iki ana grupta toplanmaktadır. Kalsiyum tuzlu borajips kolemanit ve üleksit mineralleri işletmelerinden, sodyum tuzlu borajips tinkal (boraks) ve üleksit mineralleri işletmelerinden açığa çıkmaktadır. Belirtilen iki atığın bu çalışmada bor türevleri tesisleri'nden temin edilen borajipsin kimyasal formu farklı iki türden oluşması, çalışmanın içinde ayrı birer

kimyasal atık alçı gibi değerlendirilmesine sebep olmuştur. Bandırma Bor Türevleri Tesisleri atık miktarları 2005 yılı için 550-570 ton/gün kalsiyum tuzlu borojips ve 180-190 ton/gün sodyum tuzlu borojips olarak tespit edilmiştir.

## 5. DESÜLFOJİPS

Desülfojips (baca gazı temizleme sistemi ürünü- FGD ürünü) SO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub> gazlarının tutulmasını sağlayan desülfürizasyon tesisi ürünüdür[12]. Ana bileşenleri inorganik sülfür bileşikleridir. Kimyasal veya yapay alçı olarak da adlandırılır. Santrallerde linyit kömürünün yakılması sonucu ortaya çıkan sülfür bileşimli gazların tutulması için tüm dünyada en yaygın kullanılan sistem kireçtaşı-alçıtaşı baca gazı ıslak desülfürizasyon sistemidir. Bu sistemde SO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub> gazlarını tutmak için kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>), kalsiyum hidroksit (Ca(OH)<sub>2</sub>) veya kalsiyum oksit (CaO) kullanılmaktadır. Baca gazları ile püskürtülen eriyiğin reaksiyonu sonucu kalsiyum sülfür hemihidrat (CaSO<sub>3</sub>.½H<sub>2</sub>O) veya kalsiyum sülfat dihidrat (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O - alçıtaşı) esaslı çamur meydana gelmektedir. Genellikle çevreye zararlı sayılmayan, santralden santrale değişiklik gösterebilen bu atıklar büyük stoklama problemlerine yol açmaktadır. Termik santral atıkları tüm dünyada büyük miktarlara ulaşmış durumdadır.

Günümüzde kireçtaşı, baca gazı temizleme sistemlerinde kullanımı en çok tercih edilen maddedir. Bunun başlıca nedenleri şu şekilde sıralanabilir;

- Temini kolaydır
- Göreceli olarak ucuzdur
- Özel işletme, taşıma veya depolama önemi gerektirmez
- FGD sisteminde kullanılmadan önce özel bir ön işlemden geçirilmesine gerek yoktur ( örneğin, CaO kullanılması halinde yüksek miktarda ısı girişi gereklidir )
- SO<sub>2</sub> ile reaksiyona girme yeteneği yüksektir
- SO<sub>2</sub> ile reaksiyon ürünleri çözülmeyen, katı bileşiklerdir
- Satılabilir yan ürün olarak yapay alçı elde etmek mümkündür

FGD çamurunun kimyasal ve fiziksel özellikleri değerlendirilme olanaklarını büyük oranda belirler. Oksidasyonla alçıtaşına dönüştürülmüş

FGD çamurunun alçı panel eleman[16], çimento üretimi ve tarımsal toprak iyileştirilmesi alanlarında değerlendirilme potansiyeli yüksektir. Stabilize edilmiş FGD çamuru ise zemin benzeri bir malzemedir ve inşaat uygulamalarında yapısal dolgu, yol temel tabakası, alt temel tabakası, yapay kaya, taşıyıcı olmayan blok eleman yapımı gibi alanlarda değerlendirilebilir[12]. FGD çamurunun değerlendirilmesi zaman zaman ek maliyetler getirirse de, bu atıkların depolanma maliyetleri, atık stok sahasının ömrünün uzatılabilmesi, çevre kirliliği açısından getirdikleri riskler ve yerine kullandıkları doğal malzeme kaynaklarının korunmasını sağlamaları nedeniyle uygun şekilde değerlendirilmeleri bir lüks değil zorunluluk olmaktadır.

Ancak termik santral atıklarının değerlendirilmesini zorlaştıran, bazen imkansız kılan bir çok faktör vardır. Prensipte olarak desülfürizasyon atığı yapay alçı, doğal alçıtaşı yerine tüm uygulamalarda kullanılabilir. Ancak iki malzeme arasında dikkate alınması gerekli bazı farklar da vardır:

- Doğal alçıtaşından farklı olarak baca gazı temizleme ürünü çamur halindedir. Toz haline dönüşmesi için kurutulması gerekir.
- Kalsiyum sülfat miktarı genellikle doğal alçıtaşına kıyasla daha yüksektir. Ayrıca kalsit yada kil mineralleri içermez ancak kalsiyum sülfat kalıntısı içerirler.
- Malzemenin davranışını etkileyebilen bazı safsızlıklar içerebilir.
- Partikül dağılımı daha düzgündür. Kristal boyutları uygulanan teknolojiye bağlı olarak 50-200 µm arasında değişir.[11]

Çalışmada kullanılan desülfaj Orhaneli termik santralinden temin edilmiştir. Orhaneli termik santralinde yıllık açığa çıkan atık miktarı, kullanılan kömürün türüne ve santralin yıl içinde işletmede kalma süresine göre çok değişkenlik göstermektedir. Tam kapasite çalışması halinde santral, günde yaklaşık 4,5 – 5 bin ton, yıllık 1,5 milyon ton kömür

yakmaktadır. Santrale değişik kaynaklardan kömür sağlanmaktadır. Bu nedenle ortaya çıkan kül miktarı değişiklik arz etmektedir. Desülfürizasyon tesisin tam kapasite çalışması halinde ise, yıllık yaklaşık 100 bin ton yapay alçı çamuru (desulfojips) oluşmaktadır.

## **6. DENEYLER VE YÖNTEMLER**

Bu bölümde deneysel çalışmalarda kullanılan zeminlerin, kimyasal atık alçılarının (fosfojips, borajips ve desülfojips) ve kimyasal atık alçı katkısı ile hazırlanan katkılı zemin numunelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini belirlemek amacı ile uygulanan deneyler ve yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

### **6.1 Kimyasal Atık Alçılarının Kimyasal Özellikleri, Tane Çapı Dağılımları ve Özgül Ağırlıkları**

Bandırma Bagfaş Fosforik Asit Fabrikası'ndan temin edilen fosfojips, Orhaneli Termik Santrali'nden temin edilen desülfojips, Bandırma Bor Konsantratör ve Bor Türevleri Tesisleri'nden temin edilen kalsiyum ve sodyum tuzlu borajips numunelerine ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 6.1'de verilmiştir. Atık alçılarının kimyasal analiz sonuçları atık alçılarının alındıkları tesislerin laboratuvarlarında belirlenmiştir.

Çizelge 6.1 Kimyasal atık alçıların kimyasal özellikleri

Bileşenler	Fosfojips (%)	Kalsiyum Tuzlu Borajips (%)	Sodyum Tuzlu Borajips (%)	Desülfojips (%)
SO <sub>3</sub>	54,15	--	--	56,25
SO <sub>4</sub>	--	43,55	38,52	--
CaO	32,26	26,43	12,94	41,80
Na <sub>2</sub> O	--	0,086	5,79	--
SiO <sub>2</sub>	--	8,03	13,79	--
MgO	0,02	--	12,24	0,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,39	0,25	0,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	1,03	1,17	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> s	--	3,09	--	
Pb				0,06
MgO	--	1,44	--	
SrO	--	1,56	1,08	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,35	--	--	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	--	5,18	13,59	
Cu				0,019
Mn	--	--	--	0,011
K <sub>2</sub> O		--	--	0,28
Li	--	0,012	0,112	--

Kimyasal atık alçıların bölüm 6.2.1 ve 6.2.2'de açıklandığı gibi özgül ağırlıkları ve tane çapı dağılımları belirlenmiştir. Deneyler 4 nolu elek altında kalan numuneler üzerinde yapılmıştır[13]. Kimyasal atık alçıların özgül ağırlık ve tane çapı dağılımları Çizelge 6.2'de verilmiştir. Atık alçı numuneleri suyla karıştırıldığında kolaylıkla ince taneciklere ayrılmaktadır.

Çizelge 6.2 Kimyasal atık alçıların tane çapı dağılımı ve özgül ağırlıkları

Atık Kimyasal Alçı	8	16	30	40	200	325	Özgül Ağırlık
	Nolu	Nolu	Nolu	Nolu	Nolu	Nolu	
	Elekte	Elekte	Elekte	Elekte	Elekte	Elekte	
	Ka	Ka	Ka	Ka	Ka	Ka	

	l a n ( % )	l a n ( % )	l a n ( % )	l a n ( % )	l a n ( % )	l a n ( % )	
Fosfojips	--	--	19	15	66	--	2,39
Sodyum Tuzlu Borajips	48	33	13	2	4	--	2,19
Kalsiyum Tuzlu Borajips	91	1,5	1,5	1,5	4,5	--	2,10
Desülfojips	--	--	78	4	8	10	2,44

## 6.2 Zemin Numunesi ve Özelliklerinin Tespiti

Deneyisel çalışmalarda kullanılan zemin numunesi, Balıkesir Merkez Akçakaya Köyü'nde mevcut, Balıkesir Belediyesi yeni çöp sahası olarak planlanan sahadan temin edilmiştir. Bu bölgedeki zemin ile ilgili çalışma yapılma ihtiyacı ve kohezyonlu zemin numunesinin yeterli miktarda temin edilebileceği durumları, zemin numunesinin bu bölgeden alınmasında etkili olmuştur.

Zemin numunesini 00575706E – 04384828N , 00575734E – 04384837N , 00575742E – 04384876N , 00575698E – 04384876N ve 00575708E – 04384897N ulusal koordinatlı 3,5-4,0 m derinliğindeki beş ayrı gözlem çukurlarından örselenmiş halde alınmıştır.

### 6.2.1 Tane Birim Hacim Ağırlığı

Zemin numunesinin tane birim hacim ağırlığını belirlemede, 100 cm<sup>3</sup>'lük piknometre denilen şişeler kullanılmıştır. Şekil 6.1 piknometre, damıtık su ile doldurulup, dışı iyice kurularak tartılır ( $W_1$ ). Kurutulmuş ve tanelenmiş zeminden belli bir miktar alınır ( $W_k$ ). Miktarı belli olan bu zemin, piknometrenin içine kayıpsız olarak aktarılır, üzeri damıtık su ile doldurularak tartılır ( $W_2$ ). Bağıntı 6.1 ile zeminin tane birim hacim ağırlığı hesaplanmıştır.



Deney zemin numunesi üzerinde iki kez tekrarlanmıştır ve ortalama bir değer olarak zeminin tane birim hacim ağırlığı,[4]

$$\gamma_s = \frac{W_k}{W_k - (W_2 - W_1)} \quad (6.1)$$

$$\gamma_s = 2,7 \text{ gr/cm}^3$$

olarak bulunmuştur.



Şekil 6.1 Piknometre Yöntemi

Özgöl ağırlık, tane birim ağırlığının suyun birim hacim ağırlığına oranıdır [4]. Bağıntı 6.2 ile zemin numunelerinin özgöl ağırlıkları tespit edilir.

$$G = \frac{\gamma_s}{\gamma_{su}} \quad (6.2)$$

### 6.2.2 Zemin Numunesinin Tane Çapı Dağılımı ve Sınıflandırılması

Zemin numunesinin tane çapı dağılımı, iri taneler için Şekil 6.2'de gösterilen elekler ve sarsma mekanizması ile elek analizi, ince taneler için ise hidrometre analizi yapılarak belirlenmiştir. Yapılan deneyler neticesinde elek

analizi Çizelge 6.3 ve hidrometre deney sonuç tablosu Çizelge 6.4'de ve elde edilen granülometri eğrisi Şekil 6.4'de verilmektedir.

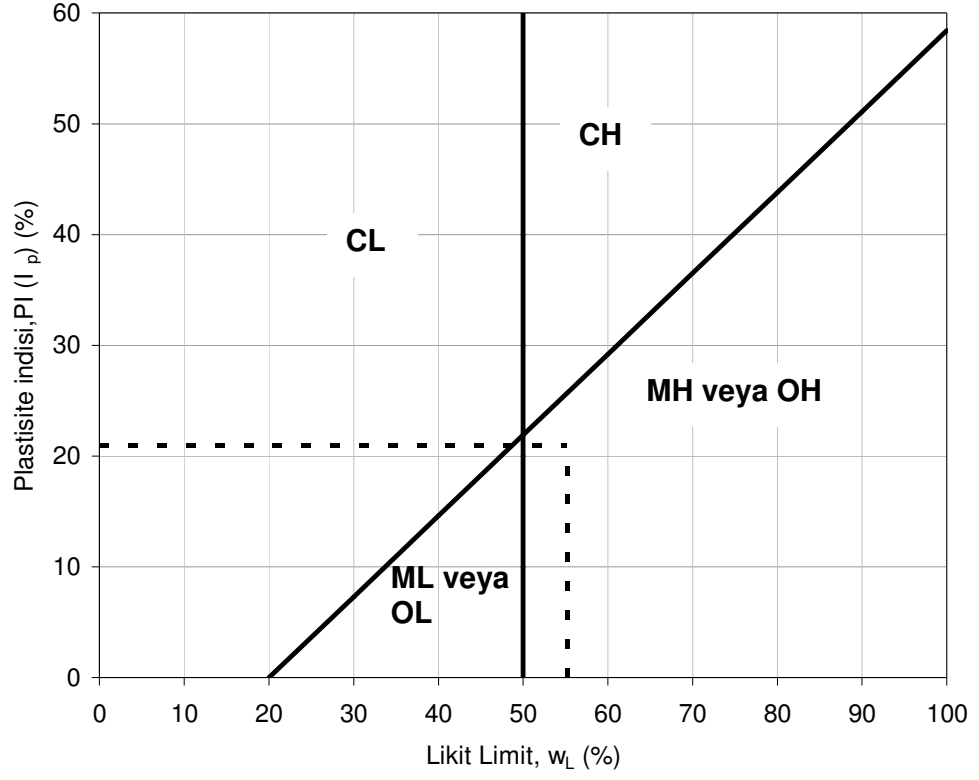


Şekil 6.2 Elek analizi için kullanılan elekler ve sarsma makinesi

Geliştirilmiş birleşik zemin sınıflandırma sistemine göre, deneysel çalışmalarda kullanılan zemin numunesi Bölüm 6.5'de açıklanan ve Çizelge 7.1'de verilen plastisite indisi ve likit limit değerleri kullanılarak Şekil 6.3'den " (MH)" olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.3 Zemin numunesine ait elek analizi sonuçları

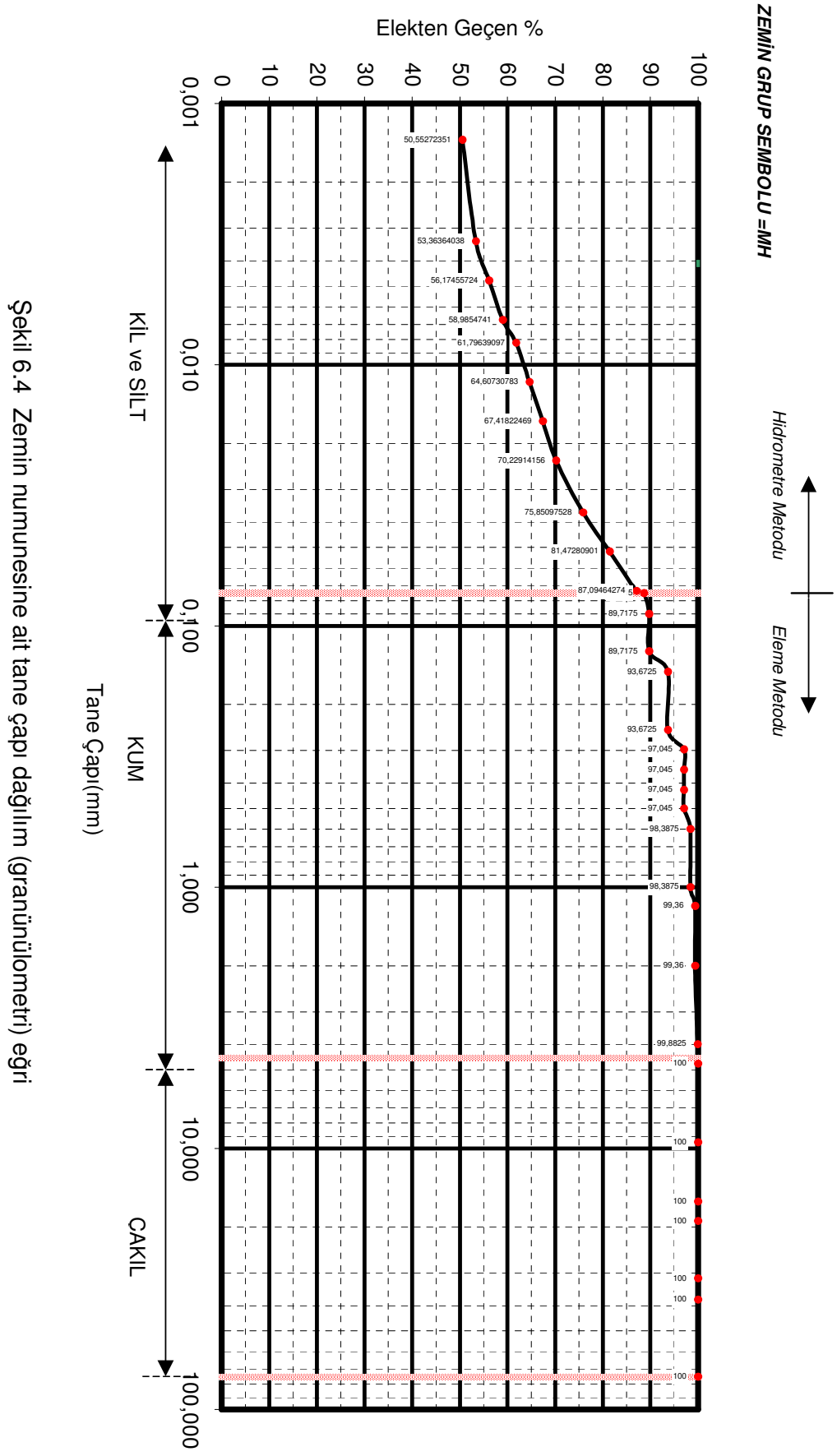
Elek No	Elek Açıklığı (mm)	Elekte Kalan Numune (gr)	Kalan (%)	Toplam Kalan (%)	Toplam Geçen (%)
4	4,75	0,00	0,0	0,0	100,0
5	4	0,07	0,1	0,1	99,9
10	2,00	0,29	0,5	0,6	99,4
16	1,18	0,00	0,0	0,6	99,4
18	1	0,55	1,0	1,6	98,4
30	0,6	0,00	0,0	1,6	98,4
35	0,5	0,76	1,3	3,0	97,0
40	0,425	0,00	0,0	3,0	97,0
45	0,355	0,00	0,0	3,0	97,0
50	0,297	0,00	0,0	3,0	97,0
60	0,25	1,90	3,4	6,3	93,7
100	0,15	0,00	0,0	6,3	93,7
120	0,125	2,23	4,0	10,3	89,7
170	0,09	0,00	0,0	10,3	89,7
200	0,075	0,62	1,1	11,4	88,6



Şekil 6.3 İnce taneli zeminler için birleşik zemin sınıflandırması [4]

Çizelge 6.4 Zemin numunesine ait hidrometri deney sonuçları

<b>Özgül ağırlık</b>		2,70									
<b>Kuru numune ağırlığı, g</b>		50,0									
<b>Kum-ince elekten geçen, %</b>		88,6									
<b>Menisküs düzeltmesi, C<sub>m</sub></b>		0,50									
<b>Dağıtma faktörü, X</b>		4,0									
<b>Kalibrasyon eğrisi, H<sub>R</sub> =</b>		-0,1645R <sub>h</sub> + 163,88									
Saat	Geçen Süre Dakika	Hidrometre Okuması R' <sub>h</sub>	Gerçek Okuma R <sub>h</sub> = R' <sub>h</sub> +C <sub>m</sub>	Kalibrasyon Eğrisi H <sub>R</sub>	Su Sıcaklığı °C	γ <sub>w</sub> g/cm <sup>3</sup>	μ msPa	D mm	M <sub>t</sub>	R <sub>d</sub> = R <sub>h</sub> +M <sub>t</sub> -X	K %
	0,5	34,0	34,5	158,2	22,5	0,99763	0,94740	0,07340	0,484	31,0	87,1
	1	32,0	32,5	158,5	22,5	0,99763	0,94740	0,05195	0,484	29,0	81,5
	2	30,0	30,5	158,9	22,5	0,99763	0,94740	0,03677	0,484	27,0	75,9
	5	28,0	28,5	159,2	22,5	0,99763	0,94740	0,02328	0,484	25,0	70,2
	10	27,0	27,5	159,4	22,5	0,99763	0,94740	0,01647	0,484	24,0	67,4
	20	26,0	26,5	159,5	22,5	0,99763	0,94740	0,01165	0,484	23,0	64,6
	40	25,0	25,5	159,7	22,5	0,99763	0,94740	0,00824	0,484	22,0	61,8
	60	24,0	24,5	159,8	22,5	0,99763	0,94740	0,00673	0,484	21,0	59,0
	120	23,0	23,5	160,0	22,5	0,99763	0,94740	0,00476	0,484	20,0	56,2
	240	22,0	22,5	160,2	22,5	0,99763	0,94740	0,00337	0,484	19,0	53,4



Şekil 6.4 Zemin numunesine ait tane çapı dağılım (granülometri) eğri

### 6.2.3 Maksimum Boşluk Oranı ( $e_{max}$ )

Taneli zeminin en gevşek (en boşluklu) durumdaki boşluk oranıdır. En gevşek durumda, zemin minimum kuru birim hacim ağırlığına  $\gamma_{k,min}$  sahiptir.  $e_{maks}$  'i belirlemek için kullanılan yöntem; ağırlığı belli bir miktar kuru numune hacim göstergeli cam bir tüp içine konular. Elin içi ile üstü iyice kapatılarak, tüp iki el arasında yavaşça birkaç kez alt-üst edilir. Yavaşça normal konumuna getirilen tüp içindeki numunenin hacmi tüp üstündeki göstergeden okunur. Zeminin minimum kuru birim hacim ağırlığı ve maksimum boşluk oranı hesaplanır,[4].

Çalışmada kullanılan zemin numunesinin maksimum boşluk oranı

$$e_{maks} = 0,804 \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

### 6.3 Zemin Numunelerinin Hazırlanması

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda, zemin numunesine fosfojips (F), borojips (kalsiyum tuzlu) (KB), borojips (soydum tuzlu) (SB) ve desülfójips (D) ilave edilmesinin, zemin özelliklerine etkisini inceleyebilmek açısından %0, %5, %10 ve %15 katkı oranlarında olmak üzere Çizelge 6.5'de belirtilen onüç deney grubu oluşturulmuştur. Bunlardan birincisi %0 katkılı tamamı kohezyonlu zeminden oluşan numune, diğerleri ağırlıkça %5, %10 ve %15 oranlarında kimyasal atık alçı içeren zemin numuneleridir.

Çizelge 6.5 Zemin numunelerine ait kodlar

Zemin Numuneleri		Kodları
1	%100 Kohezyonlu Zemin Numunesi	KZ+%0
2	%95 Kohezyonlu Zemin Numunesi + %5 Fosfojips	KZ+%5 F
3	%90 Kohezyonlu Zemin Numunesi + %10 Fosfojips	KZ+%10 F
4	%85 Kohezyonlu Zemin Numunesi + %15 Fosfojips	KZ+%15 F
5	%95 Kohezyonlu Zemin Numunesi + %5 Kalsiyum Tuzlu Borojips	KZ+%5 KB
6	%90 Kohezyonlu Zemin Numunesi + %10 Kalsiyum Tuzlu Borojips	KZ+%10 KB
7	%85 Kohezyonlu Zemin Numunesi + %15 Kalsiyum Tuzlu Borojips	KZ+%15 KB
8	%95 Kohezyonlu Zemin Numunesi + %5 Sodyum Tuzlu Borojips	KZ+%5 SB
9	%90 Kohezyonlu Zemin Numunesi + %10 Sodyum Tuzlu Borojips	KZ+%10 SB
10	%85 Kohezyonlu Zemin Numunesi + %15 Sodyum Tuzlu Borojips	KZ+%15 SB
11	%95 Kohezyonlu Zemin Numunesi + %5 Desülfojips	KZ+%5 D
12	%90 Kohezyonlu Zemin Numunesi + %10 Desülfojips	KZ+%10 D
13	%85 Kohezyonlu Zemin Numunesi + %15 Desülfojips	KZ+%15 D

#### 6.4 Hazırlanan Zemin Numuneleri Üzerinde Yapılan Deneyler

%0, %5, %10 ve %15 katkı oranlarında hazırlanan zemin numunelerinde atık alçıların zemin özelliklerine etkilerini görebilmek için numuneler üzerinde likit ve plastik limit, kompaksiyon ve serbest basınç direnci deneyleri yapılmıştır. Likit limit ve plastik limit deneylerine göre numunelerin plastisite indisindeki değişimleri, kompaksiyon deneylerine göre maksimum kuru birim hacim ağırlıklar ve optimum su içerikleri, serbest basınç direnci deneylerine göre serbest basınç dirençleri belirlenmiştir.

#### 6.5 Kıvam Limitleri

Kıvam ile kohezyonlu zeminlerde, zeminin sertlik-yumuşaklık durumu belirtilir. İnce taneli zeminler, su içeriklerine göre, çeşitli durumlarda olabilirler. Kuru bir zemine, gittikçe artan miktarda su ilave edildiğinde zemin sırasıyla katı, yarı katı, plastik ve likit durum gösterir ve hacmi bir miktar artar.

İsveçli bilim adamı Atterberg (1911), bu durumları ve bunları ayıran sınır su içeriklerini tanımlamıştır. Bu sınır su içeriklerine, Atterberg limitleri veya kıvam limitleri denilmektedir. Kıvam limitleri şunlardır: likit limit, plastik limit ve rötne (büzülme) limiti,[2]. Bu limitlerden çalışmada zemin numunelerinin likit limit ve plastik limitleri belirlenmiştir.

### 6.5.1 Likit Limit

Zemin numunesinin likit limitinin belirlenmesinde statik koni penetrasyon deney yönteminden yararlanılmıştır, (Şekil 6.5). Bu yöntemde, belli ağırlıktaki (80 gr) bir konik uç, 5 saniye süreyle, bir kap içine doldurulmuş zemine batmaya bırakılır. Batma miktarı, mikrometre ile ölçülür. Zeminin su içeriği belirlenir. Deney değişik su içeriklerinde tekrarlanarak, su içeriği-batma miktarı ilişkisi çizilir. Bu ilişkide, 20 mm'lik batmaya karşılık gelen su içeriği zeminin likit limitini verir,[9]. Likit limit deneyi için 40 nolu (0,425 mm) elekten elenmiş 400 gr kuru zemin hazırlanmıştır.



Şekil 6.5 Koni penetrasyon deney yöntemi



### 6.5.2 Plastik Limit

Plastik limit ıslak zeminin yoğrulma sırasında yüzeyinde çatlakların belirdiği su içeriği olarak tanımlanır. 40 nolu elekten elenmiş zeminden bir miktar alınır, su katarak, karıştırılarak yoğrulur. Hazırlanan zeminden bir miktar alınarak, bir cam plaka üzerinde avuç içi ile yuvarlanır. Plastik limit el altında yuvarlama sırasında oluşan zemin makarnasının Şekil 6.6 ve Şekil 6.7'de görüldüğü gibi 3 mm kalınlıkta ufalandığı su içeriğidir. Eğer zemin makarnasının çapı 2 mm'ye düştüğü halde ufalanma meydana gelmiyorsa zeminin henüz plastik olduğu kabul edilerek ve bir miktar daha kurutma yapılarak deney tekrarlanır. Görüldüğü gibi bu deney oldukça sübjektif olup deney yapan kişiye oldukça bağımlıdır,[10].



Şekil 6.6 Plastik limit deneyi



Şekil 6.7 Plastik limit deneyi

### 6.6 Kompaksiyon (Standart Proktor) Deneyi

Standart Proktor deneyi için zemin numunesi ve tüm katkı malzemeleri 4 nolu elekten elenip 105 °C deki etüvlerde kurutulmuştur. Kuru numuneler belirlenen % oranlarda karıştırılıp her birinden 2500'er gr'lık katkılı ve katkısız zemin numuneleri hazırlanmıştır. Karışımlara ait miktarlar Çizelge 6.6'da verilmektedir. Standart Proktor deneyine % 20 su içeriği ile başlanıp yaklaşık %3 oranında su içeriği arttırılarak Proktor kabı + sıkıştırılmış numune ağırlığı azalana kadar devam edilmiştir. Her sıkıştırma sonunda alınan örneklerin su içeriği belirlenir ve kuru birim hacim ağırlık – su içeriği grafiği çizilir. Eğrinin en büyük kuru birim hacim ağırlık değerine karşılık gelen su içeriği numunenin optimum su içeriği olarak alınır.[12]

Çizelge 6.6 Kompaksiyon deney numuneleri karışım oran ve miktarları

Karışım adı	Katkı Oranı (%)	Zemin Numunesi (KZ) (gr)	Fosfojips (F) (gr)	Kalsiyum Tuzlu Borojips (KB) (gr)	Sodyum Tuzlu Borojips (SB) (gr)	Desülfojips (D) (gr)
KZ+%0	0	2500	0	0	0	0
KZ+%5 F	5	2375	125	0	0	0
KZ+%10 F	10	2250	250	0	0	0
KZ+%15 F	15	2125	375	0	0	0
KZ+%5 KB	5	2375	0	125	0	0
KZ+%10 KB	10	2250	0	250	0	0
KZ+%15 KB	15	2125	0	375	0	0
KZ+%5 SB	5	2375	0	0	125	0
KZ+%10 SB	10	2250	0	0	250	0
KZ+%15 SB	15	2125	0	0	375	0
KZ+%5 D	5	2375	0	0	0	125
KZ+%10 D	10	2250	0	0	0	250
KZ+%15 D	15	2125	0	0	0	375

### 6.7 Serbest Basınç Deneyi Numunelerinin Hazırlanması

Standart Proktor deneyi ile katkılı ve katkısız zemin numunelerinin optimum su içerikleri belirlenmiştir. Belirlenen optimum su içeriklerinde zemin numuneleri tekrar Proktor deneyi ile sıkıştırılmıştır. 38 mm çaplı 76 mm boyunda numune alıcılar hidrolik krikolar ile Proktor deney kabı içindeki numuneye yerleştirilir. Yine başka bir hidrolik kriko yardımı ile tüpler dışarı alınır. Dış yüzeyi temizlenen ve iki ucu da tüpe sıfır traşlanan tüpler içindeki numuneler hidrolik kriko yardımı ile alınmıştır. Silindirik numunelerin su içeriğini kaybetmemesi için birkaç kat ince naylonla sarılıp gruplar halinde naylon poşetler halinde özel nem koruyucu kaplar içine yerleştirilmiştir.

## 6.8 Serbest Basınç Deneyi

Serbest basınç deneyinde silindirik (  $D=3,8$  cm,  $H=7,6$  cm ) zemin örneği, yanal basınç olmaksızın ( $\sigma_3 = 0$ ), düşey basınç gerilmesine  $\sigma_1$  tabi tutulur. Serbest basınç deney aleti, biri sabit, diğeri düşey yönde hareket ettirilebilen iki yuvarlak plakadan oluşur. Numune bu iki plaka arasına yerleştirilir. Düşey yük, bir yük halkası düzeni ile, düşey deformasyon biçiminde uygulanır. Yük halkası, elastik, lineer davranan, yuvarlak bir çelik halkadır. Halkanın yükün uygulandığı doğrultudaki çapında meydana gelen kısalma miktarı bir deformasyon saati ile gözlenir. Deformasyon saati, cep saatine benzer bir alet olup, aletten çıkan ve serbestçe kayabilen bir çubuğun hareketi, saat içindeki bir göstergenin dönmesine dönüşür ve hareket miktarı bu göstergeden okunur. Zemin örneğinin düşey eksenel boy kısalması, sabit yere takılmış ayrı bir deformasyon saati ile ölçülür. Zemin örneğine sabit bir düşey deformasyon hareketi ile gittikçe artan bir yük uygulanır,[4].

Kırılma anındaki en büyük yük (  $P_{max}$  ), zemin örneğinin  $A_f$  enkesit alanına bölünerek (6.2) bağıntısı uygulanarak , serbest basınç dayanımı ,  $q_u$  bulunur.

$$q_u = \sigma_1 = P_{max} / A_f \quad (6.2)$$

Serbest basınç deneyinde, yükleme, görel olarak hızlıdır ve deney koşulları, drenajsız (zemin örneğinden su çıkmaz) olarak düşünülür. Kısaca zemin örneğinin hacmi, deney süresince sabit kalır. Kırılma sırasında, zemin örneğinin en kesit alanı,  $A_f$  , (6.3-a) ve (6.3-b) bağıntısı ile hesaplanır.

$$V = \text{sabit} = A_o H_o = A_f H_f , \quad H_f = H_o - \Delta H \quad (6.3-a)$$

$$A_f = \frac{A_o}{1 - \frac{\Delta H}{H_o}} \quad (6.3-b)$$

$\Delta H$ , kırılma anında, zemin örneğinin düşey boy kısalmasıdır.

$A_o$ ,  $H_o$ ; sırasıyla, zemin örneğinin başlangıçtaki enkesit alanı ve yüksekliğidir.

Deney sırasında alınan okumalar deney föyüne işlenir ve düşey deformasyon (şekil değiştirme) – düşey gerilme grafiği çizilir.[4]

## 7. DENEY SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRİLMESİ

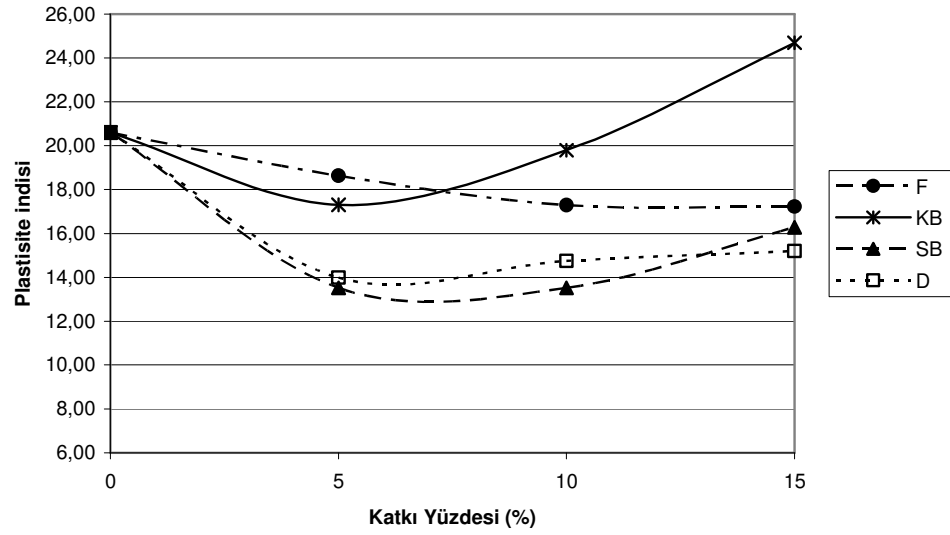
Kimyasal atık alçı katkı ve katkısız zemin numuneleri üzerinde likit limit, plastik limit, Standart Proktor ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Bu bölümde yapılan deneylerden alınan sonuçlar verilerek değerlendirilmeleri yapılmıştır.

### 7.1 Likit Limit ve Plastik Limit Deney Sonuçları

Kimyasal atık alçı katkı ve katkısız zemin numunelerinin likit limit, plastik limit deney sonuçları ve hesaplanan plastisite indis değerleri Çizelge 7.1 de verilmiştir. Plastisite indisi değişimleri ise Şekil 7.1 de verilmektedir.

Çizelge 7.1 Katkı zemin numunelerinin likit limit, plastik limit ve plastisite indisleri

	KZ+%0	F			KB			SB			D		
		KZ+%5 F	KZ+%10 F	KZ+%15 F	KZ+%5 KB	KZ+%10 KB	KZ+%15 KB	KZ+%5 SB	KZ+%10 SB	KZ+%15 SB	KZ+%5 D	KZ+%10 D	KZ+%15 D
Likit Limit Değeri WL %	55,20	57,81	59,20	59,30	59,65	59,57	59,57	58,52	58,85	64,65	54,21	56,90	59,20
Plastik Limit Değeri WP %	34,59	39,18	41,91	42,08	42,35	39,78	34,88	45,01	45,33	48,37	40,23	42,15	44,00
Plastisite Indisi PI %	20,61	18,63	17,29	17,22	17,30	19,79	24,69	13,51	13,52	16,28	13,98	14,75	15,20



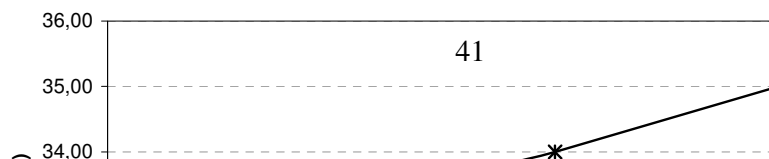
Şekil 7.1 Katkılı zemin numunelerinin plastisite indisi değişimleri

## 7.2 Kompaksiyon Deneyi Sonuçları

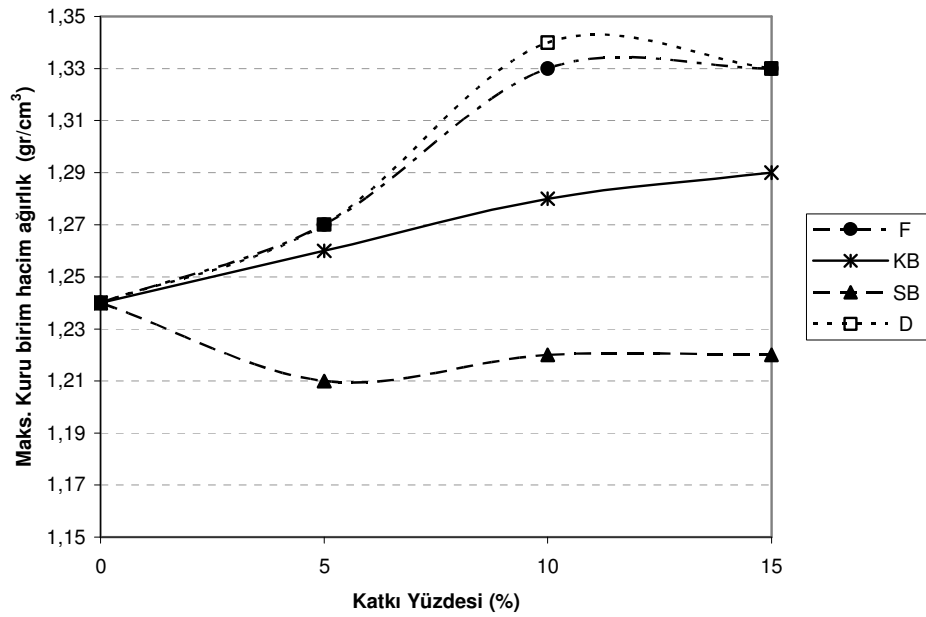
Kimyasal atık alçı katkılı ve katkısız zemin numunelerinin kompaksiyon deney sonuçlarına göre optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri Çizelge 7.2’de verilmiştir. Optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerlerindeki değişimleri sırasıyla Şekil 7.2’de ve Şekil 7.3’de verilmektedir.

Çizelge 7.2 Katkılı zemin numunelerinin maks. kuru birim hacim ağırlık ve su içerikleri

	KZ+%0	F			KB			SB			D		
		KZ+%5 F	KZ+%10 F	KZ+%15 F	KZ+%5 KB	KZ+%10 KB	KZ+%15 KB	KZ+%5 SB	KZ+%10 SB	KZ+%15 SB	KZ+%5 D	KZ+%10 D	KZ+%15 D
Optimum Su İçeriği $\omega_{opt}$ (%)	30,00	33,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	32,00	33,00	33,00	30,00	30,50	31,00
Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,24	1,27	1,33	1,33	1,26	1,28	1,29	1,21	1,22	1,22	1,27	1,34	1,33



Şekil 7.2 Katkılı zemin numunelerinin optimum su içerikleri

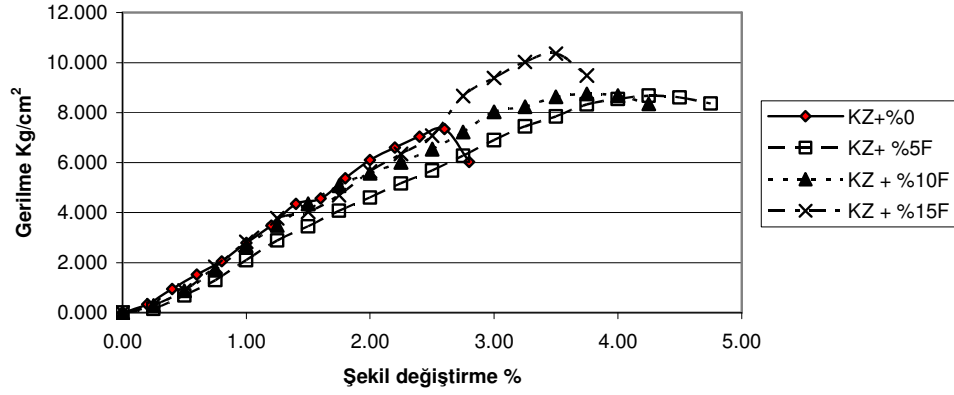


Şekil 7.3 Katkılı zemin numunelerinin maks.kuru biri hacim ağırlıkları

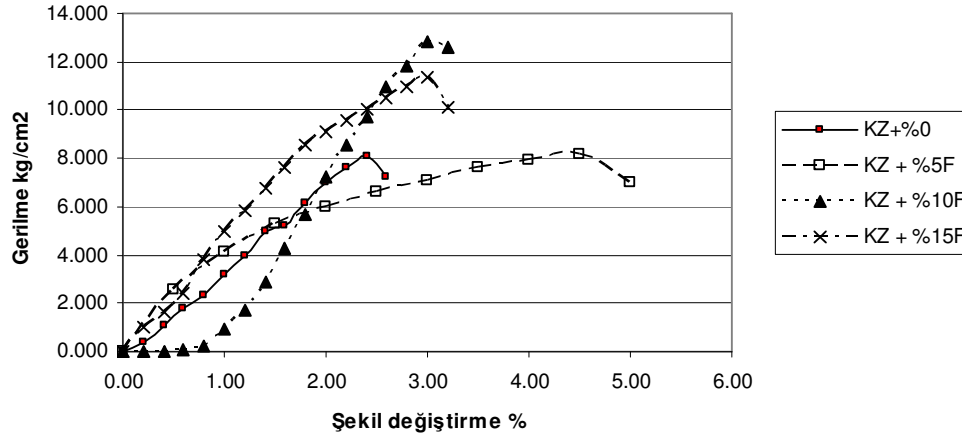


### 7.3 Serbest Basınç Deneyi Sonuçları

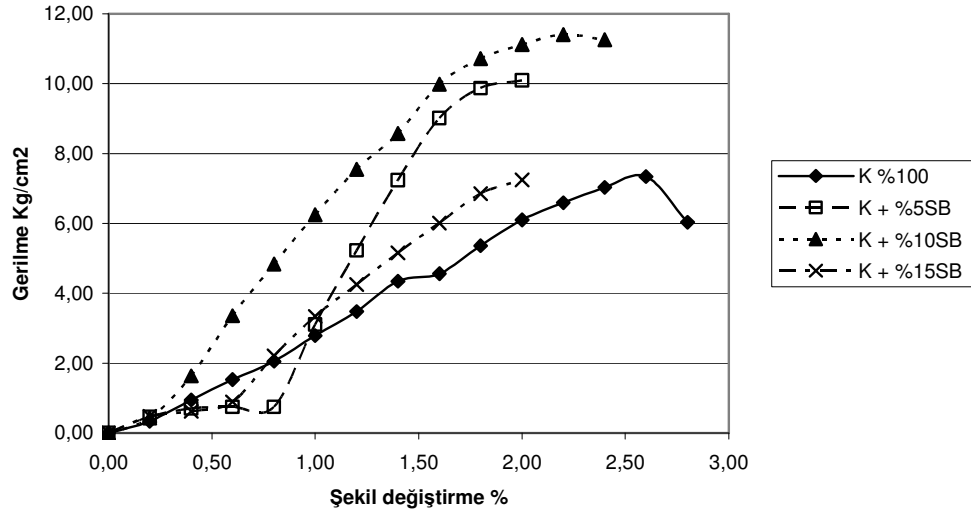
Kimyasal atık alçı katkı ve katkısız zemin numunelerinin 2 ve 7 günlük deney sonucu elde edilen gerilme – şekil değiştirme grafikleri Şekil 7.4 – Şekil 7.11’de verilmiştir.



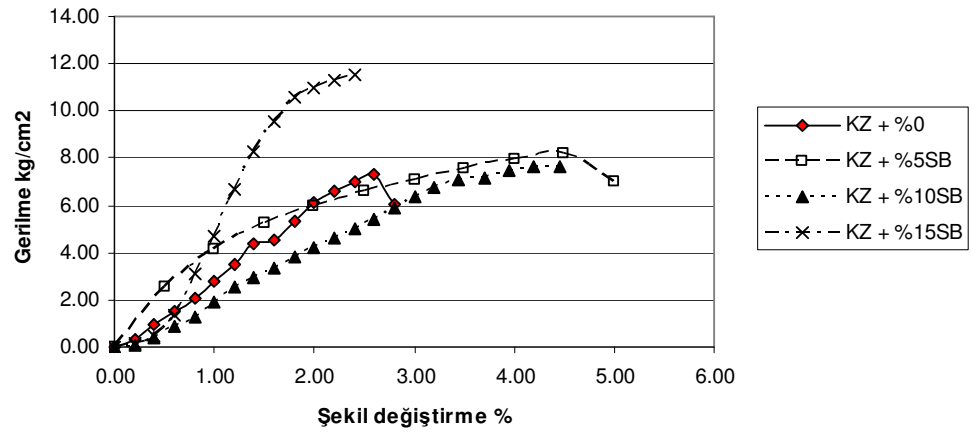
Şekil 7.4 Fosfojips katkıli numunelerinin 2 günlük gerilme – şekil değiştirmeleri



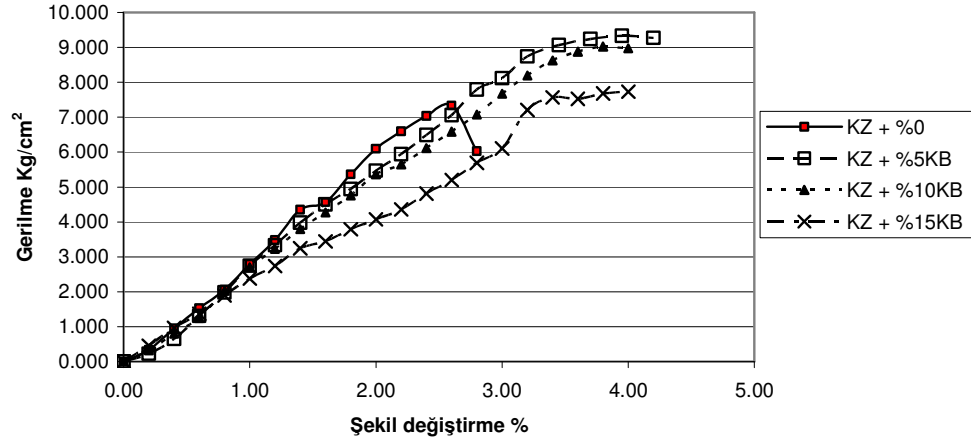
Şekil 7.5 Fosfojips katkıli numunelerinin 7 günlük gerilme – şekil değiştirmeleri



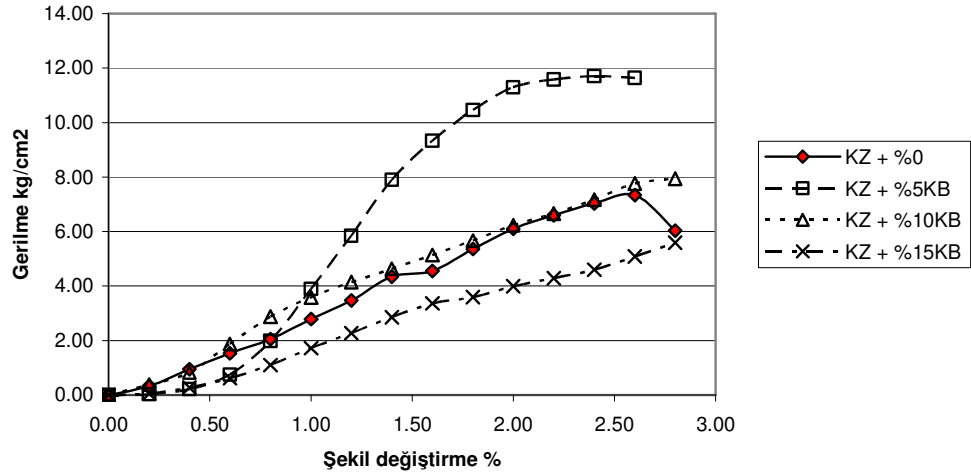
Şekil 7.6 Sodyum tuzlu borajips katkılı numunelerin 2 günlük gerilme – şekil değiştirmeleri



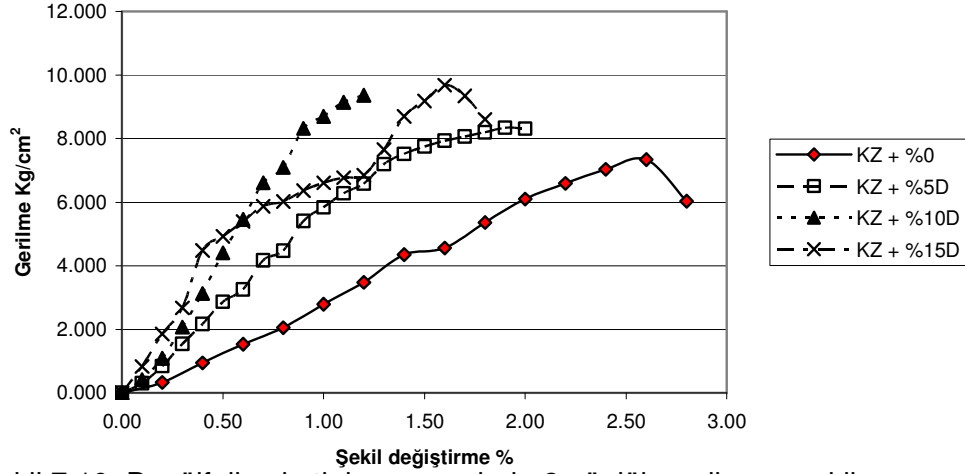
Şekil 7.7 Sodyum tuzlu borajips katkılı numunelerin 7 günlük gerilme – şekil değiştirmeleri



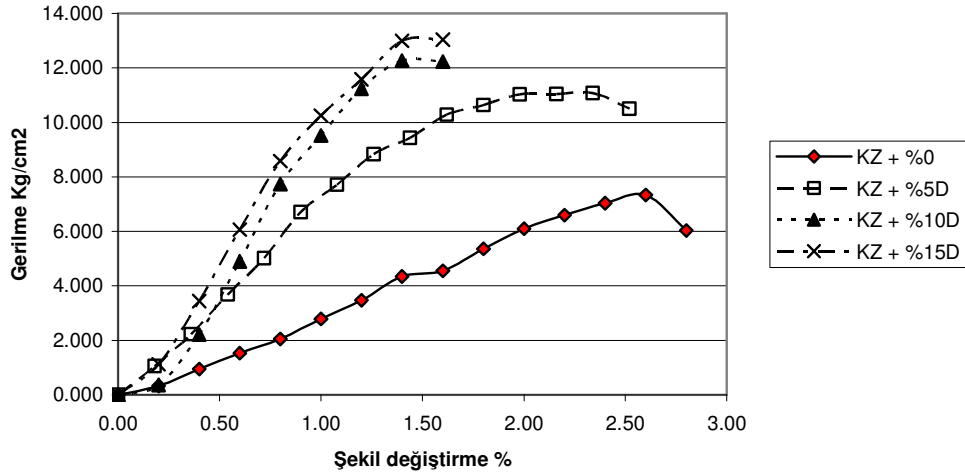
Şekil 7.8 Kalsiyum tuzlu borajips katkıli numunelerin 2 günlük gerilme – şekil değiştirmeleri



Şekil 7.9 Kalsiyum tuzlu borajips katkıli numunelerin 7 günlük gerilme – şekil değiştirmeleri

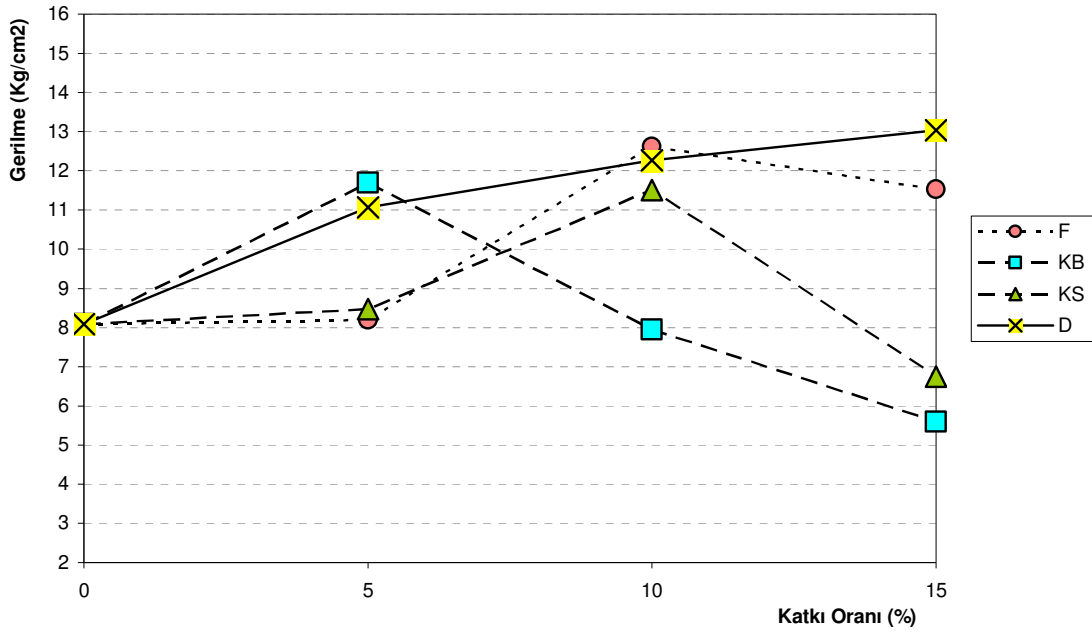


Şekil 7.10 Desülfajips katkılı numunelerin 2 günlük gerilme – şekil değiştirmeleri



Şekil 7.11 Desülfajips katkılı numunelerin 7 günlük gerilme – şekil değiştirmeleri

Şekil 7.12 Kimyasal atık alçı katkılı numunelerin 2 günlük gerilme değerleri



Şekil 7.13 Kimyasal atık alçı katkılı numunelerin 7 günlük gerilme değerleri

## 8. SONUÇLAR ve YORUMLAR

“Kimyasal atık alçıkların zemin stabilizasyonunda kullanımı” konulu bu çalışmada fosforik asit gübre fabrikası yan ürünü fosfojips , bor konsantratör ve bor türevleri tesisleri atığı sodyum tuzlu borajips ve kalsiyum tuzlu borajips ve termik santral atığı desülfojips olmak üzere dört farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip atık alçığının kohezyonlu zeminlerde farklı oranlarda kullanıldığında zeminin mühendislik parametreleri üzerine yapacağı etkilerin tespiti amaçlanmıştır.

Bu amaç kapsamında kohezyonlu zemine ağırlıkça %0, %5, %10 ve %15 oranlarında atık alçıklar katılarak 13 farklı zemin numunesi hazırlanmıştır. Zemin numuneleri üzerinde likit limit, plastik limit, kompaksiyon ve serbest basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda zemin numunelerinin plastisite indisleri, maksimum kuru birim hacim ağırlıkları, optimum su içerikleri, 2 ve 7 günlük serbest basınç dayanımları belirlenmiştir.

- Fosfojips katkılı numunelerde;
  - %5, %10 ve %15 fosfojips katkılı zemin numunelerinin plastisite indisleri sırasıyla %18,63 , %17,29 ve %17,22 olarak bulunmuştur. Plastisite indisi %20,61 olarak bulunan katkısız zemin numunesinde fosfojips katkısı plastisite indislerini düşürmüştür. Özellikle %10 ve %15 katkı oranlarında en düşük değerler yakalanmıştır. Zemin numunesinin plastisite indisinin düşmesi zeminin plastiklik özelliğinin azaldığını gösterir. Zeminin plastisitesi arttıkça sıkışma ve şişme

potansiyeli artmakta su geçirgenliği azalmakta, arazi kazı ve dolgu işlemleri sırasında ise zorluklar ile karşılaşılmaktadır.

- %5, %10 ve %15 fosfojips katkılı zemin numunelerinin maksimum kuru birim hacim ağırlıkları sırasıyla 1,27 gr/cm<sup>3</sup>, 1,33 gr/cm<sup>3</sup> ve 1,33 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Maks. kuru birim hacim ağırlığı 1,24 gr/cm<sup>3</sup> olan katkısız zemin numunesine göre fosfojips katkısı, maks. kuru birim hacim ağırlığı arttırmıştır. Zemin numunesinin maks. kuru birim hacim ağırlığındaki artışı, zeminde taşıma gücünün artmasına, geçirimsizliğinin azalmasına ve oturmaların engellenmesine sebep olur.
- %5, %10 ve %15 fosfojips katkılı zemin numunelerinin optimum su içerikleri sırasıyla %31, %31 ve %32 olarak bulunmuştur. Optimum su içeriği %30 olan katkısız zemin numunesinde fosfojips katkısı, zemin numunesinin su ihtiyacını belirgin bir şekilde etkilemeyip küçük bir artışa sebep olmuştur. Optimum su ihtiyacındaki artışın küçük oluşu katkı malzemesi olarak zemine ilave edilmesini kolaylaştırır.
- 2 günlük gerilme şekil değiştirme grafiklerinde fosfojips katkılı ve katkısız zemin numuneleri yaklaşık olarak aynı gerilmelerde aynı şekil değiştirmeleri göstermiştir. 7 günlük gerilme şekil değiştirme grafiklerinde ise %10 ve %15 katkılı zemin numuneleri katkısız zemin numunesine göre aynı gerilmelerde daha düşük şekil değiştirme yapmıştır.
- %0, %5, %10 ve %15 fosfojips katkılı zemin numunelerinin 2 günlük serbest basınç dayanımları sırasıyla 7,34 kg/cm<sup>2</sup>, 8,67 kg/cm<sup>2</sup>, 8,74 kg/cm<sup>2</sup> ve 10,36 kg/cm<sup>2</sup>, 7 günlük serbest basınç dayanımları 8,01 kg/cm<sup>2</sup>, 8,19 kg/cm<sup>2</sup>, 12,81 kg/cm<sup>2</sup> ve 11,33 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Kohezyonlu zemine fosfojips katkısı serbest basınç dayanımlarını arttırmış ve zamana bağlı olarakda dayanım

kazandırmıştır. En iyi serbest basınç dayanımı sonuçları %59 artışla 7 günlük %10 fosfojips katkılı numunede alınmıştır.

- Kalsiyum tuzlu borajips katkılı numunelerde;
  - %5, %10 ve %15 kalsiyum tuzlu borajips katkılı zemin numunelerinin plastisite indisleri sırasıyla %17,30 , %19,79 ve %24,69 olarak bulunmuştur. Plastisite indisi %20,61 olarak bulunan katkısız zemin numunesinde kalsiyum tuzlu borajips katkısı plastisite indisini %5 ve %10 katkı oranlarında düşürmüştür.
  - %5, %10 ve %15 kalsiyum tuzlu borajips katkılı zemin numunelerinin maksimum kuru birim hacim ağırlıkları sırasıyla 1,26 gr/cm<sup>3</sup>, 1,28 gr/cm<sup>3</sup> ve 1,29 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Maks. kuru birim hacim ağırlığı 1,24 gr/cm<sup>3</sup> olan katkısız zemin numunesinde kalsiyum tuzlu borajips katkısı maks. kuru birim hacim ağırlığı arttırmıştır.
  - %5, %10 ve %15 kalsiyum tuzlu borajips katkılı zemin numunelerinin optimum su içerikleri sırasıyla %33, %34 ve %35 olarak bulunmuştur. Optimum su içeriği %30 olan katkısız zemin numunesinde kalsiyum tuzlu borajips katkısı zemin numunesinin su ihtiyacında artışa sebep olmuştur.
  - 2 günlük gerilme şekil değiştirme grafiklerinde aynı gerilmeler altında kalsiyum tuzlu borajips katkılı zemin numuneleri katkısız zemin numuneleri göre daha düşük şekil değiştirmeler göstermiştir. 7 günlük gerilme şekil değiştirme grafiklerinde ise %5 katkılı zemin numuneleri katkısız zemin numunesine göre aynı gerilmelerde daha düşük şekil değiştirme yapmıştır.
  - %0, %5, %10 ve %15 kalsiyum tuzlu borajips katkılı zemin numunelerinin 2 günlük serbest basınç dayanımları sırasıyla 7,34 kg/cm<sup>2</sup>, 9,34 kg/cm<sup>2</sup>, 9,02 kg/cm<sup>2</sup> ve 7,74 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.



Kalsiyum tuzlu borajips katkısı serbest basınç dayanımlarını arttırmıştır. En yüksek serbest basınç dayanımı değeri %5 katkı oranında yakalanmıştır. 7 günlük serbest basınç dayanımları sırasıyla 8,01 kg/cm<sup>2</sup>, 11,70 kg/cm<sup>2</sup>, 7,94 kg/cm<sup>2</sup> ve 5,59 kg/cm<sup>2</sup> olduğu belirlenmiştir. 7 günlük serbest basınç dayanımı deneylerinde, %5 kalsiyum tuzlu borajips katkılı zemin numunesinin serbest basınç dayanımını %46 arttırdığı, fakat %10 ve %15 katkı oranlarının serbest basınç dayanımını düşürmüştür.

- Sodyum tuzlu borajips katkılı numunelerde;
  - %5, %10 ve %15 sodyum tuzlu borajips katkılı zemin numunelerinin plastisite indisleri sırasıyla %13,51 , %13,52 ve %16,28 olarak bulunmuştur. Plastisite indisi %20,61 olarak bulunan katkısız zemin numunesinde, sodyum tuzlu borajips katkısı plastisite indisini düşürmüştür.
  - %5, %10 ve %15 sodyum tuzlu borajips katkılı zemin numunelerinin maksimum kuru birim hacim ağırlıkları sırasıyla 1,21 gr/cm<sup>3</sup>, 1,22 gr/cm<sup>3</sup> ve 1,22 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Maks. kuru birim hacim ağırlığı 1,24 gr/cm<sup>3</sup> olan katkısız zemin numunesinde, sodyum tuzlu borajips katkısı maks. kuru birim hacim ağırlığı düşürmüştür.
  - %5, %10 ve %15 sodyum tuzlu borajips katkılı zemin numunelerinin optimum su içerikleri sırasıyla %32, %33 ve %33 olarak bulunmuştur. Optimum su içeriği %30 olan katkısız zemin numunesinde sodyum tuzlu borajips katkısı zemin numunesinin su ihtiyacında artışa sebep olmuştur.
  - 2 günlük gerilme şekil değiştirme grafiklerinde aynı gerilmeler altında, sodyum tuzlu borajips katkılı zemin numuneleri, katkısız zemin numunesine göre daha düşük şekil değiştirmeler göstermiştir. 7

günlük gerilme şekil değiştirme grafiklerinde ise %10 katkılı zemin numuneleri katkısız zemin numunesine göre aynı gerilmelerde daha düşük şekil değiştirme yapmıştır.

- %0, %5, %10 ve %15 sodyum tuzlu borajips katkılı zemin numunelerinin 2 günlük serbest basınç dayanımları sırasıyla 7,34 kg/cm<sup>2</sup>, 10,10 kg/cm<sup>2</sup>, 11,41 kg/cm<sup>2</sup> ve 7,25 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Kalsiyum tuzlu borajips katkısı serbest basınç dayanımını %5 ve %10 katkı oranlarında arttırmıştır. 7 günlük serbest basınç dayanımlarının sırasıyla 8,01 kg/cm<sup>2</sup>, 8,19 kg/cm<sup>2</sup>, 11,52 kg/cm<sup>2</sup> ve 7,65 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. %5 ve %10 sodyum tuzlu borajips katkısı zemin numunesinin serbest basınç dayanımını arttırmıştır. En iyi sonuç %43 artışla 7 günlük %10 katkılı zemin numunesinde olmuştur.

- Desülfojips katkılı numunelerde;

- %5, %10 ve %15 desülfojips katkılı zemin numunelerinin plastisite indisleri sırasıyla %13,98 , %14,75 ve %15,20 olarak bulunmuştur. Plastisite indisi %20,61 olarak bulunan katkısız zemin numunesinde desülfojips katkısı plastisite indislerini düşürmüştür
- %5, %10 ve %15 desülfojips katkılı zemin numunelerinin maksimum kuru birim hacim ağırlıkları sırasıyla 1,27gr/cm<sup>3</sup>, 1,34 gr/cm<sup>3</sup> ve 1,33 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Maks. kuru birim hacim ağırlığı 1,24 gr/cm<sup>3</sup> olan katkısız zemin numunesinde, desülfojips katkısı maks. kuru birim hacim ağırlığı arttırmıştır.
- %5, %10 ve %15 desülfojips katkılı zemin numunelerinin optimum su içerikleri sırasıyla %30, %30,5 ve %31 olarak bulunmuştur. Optimum su içeriği %30 olan katkısız zemin numunesinde desülfojips katkısı zemin numunesinin su ihtiyacında küçük bir artışa sebep olmuştur.

- 2 günlük ve 7 günlük gerilme şekil değiştirme grafiklerinde katkılı zemin numuneleri katkısız zemin numunesine göre aynı gerilmelerde daha düşük şekil değiştirmeler yapmıştır.
- %0, %5, %10 ve % desülfojips katkılı zemin numunelerinin 2 günlük serbest basınç dayanımları sırasıyla 7,34 kg/cm<sup>2</sup> 8,34 kg/cm<sup>2</sup>, 9,36 kg/cm<sup>2</sup> ve 9,34 kg/cm<sup>2</sup>, 7 günlük serbest basınç dayanımları 8,01 kg/cm<sup>2</sup>, 11,07 kg/cm<sup>2</sup>, 11,27 kg/cm<sup>2</sup> ve 12,99 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Kohezyonlu zemine desülfojips katkısı serbest basınç dayanımlarını arttırmış ve zamana bağlı olarak da dayanım kazandırmıştır. En iyi serbest basınç dayanımı sonuçları %62 artışla 7 günlük %15 desülfojips katkılı numunede alınmıştır.

Genel olarak kohezyonlu zemine %5 ve %10 kalsiyum tuzlu borajips ve sodyum tuzlu borajips %10 ve %15 fosfojips ve desülfojips katkısı;

- plastisite indislerini düşürmüş,
- maksimum kuru birim hacim ağırlıkları ve su ihtiyaçlarını arttırmış,
- aynı gerilmelerde daha düşük şekil değiştirmeler yaptırmış
- serbest basınç dayanımlarını arttırmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] İmanoğlu, G.,”Uçucu küllerin zemin özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi”,Yüksek Lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2002).
- [2] Aytekin, M., Deneysel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi, Ankara, 2004.
- [3] Çakır, M.,”Uçucu küllerin zemin stabilizasyonunda kullanımı”. Yüksek Lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2001).
- [4] Uzuner, B., Temel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi, Ankara,2001.
- [5] Devlet planma teşkilatı, Madencilik Özel İhtisas Komisyon Raporu, Dpt:2607, Fosfat çalışma grubu, Ankara, 2001.
- [6] Gregory, C.A.,Saylak, D, Led beter, W.B, “The use of by-product phosphogypsum for road bases and subbasses”. *Transportation Research Record* , Vol 998 (1994) 47,52.
- [7] Devlet Planlama Teşkilat, Madencilik Özel İhtisas Komisyon Raporu, Dpt:2601, Bor Çalışma grubu, Ankara, 2001.
- [8] Aşkın, S. “Bor endüstrisi Atıklarının Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (1998)
- [9] Türk standartları, “İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuar Deneyleri, TS 1900” Türk Standartları Enstitüsü, (1987).

[10] Kurtuluş, A. "Kilin kritik durum parametrelerinin laboratuarda belirlenmesi" Y. Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, (2003).

[11] Yazıcı, H. " Termik Santral Atığı Yapay Alçı-Uçucu Kül-Taban Külü Esaslı Yapı Malzemesi Geliştirilmesi", Doktora Tezi,Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,2004.

[12] Çetiner S. " Stabilization of Expansive Soils By Çayırhan Fly Ash and Desulphogypsum", Master Thesis, The Middle East Technical University, (2004).

[13] Değirmenci N., Okucu A. and Turabi A., "Application of Phosphogypsum in Soil Stabilization", ,*Building and Environment. Elsevier*, (2006).

[14] Nalbantoğlu Z., Güçbilmez E. " Utilization of an Industrial Waste in Calcareous Expansive Clay Stabilization", *Geotechnical Testing Journal*, Vol 25, No.1 (2002) 4,7.

[15] Galos, K.A., Smakowski, T.S. and Szlugaj, J., " Flue-Gas Desulphurization Products from Polish Coal-Fired Power-Plants", *Applied Energy*, Vol. 75, (2003) 257,265.

[16] Azam, S., Abduljawad, SN., Al-Shayea, NA., Baghabra Al-Amoudi OS., "Effects of Calcium Sulfate on Swelling Potential of an Expansive Clay " *Geotechnical Testing Journal*, Vol 23 No.4 (2000) 15.

## **EKLER**

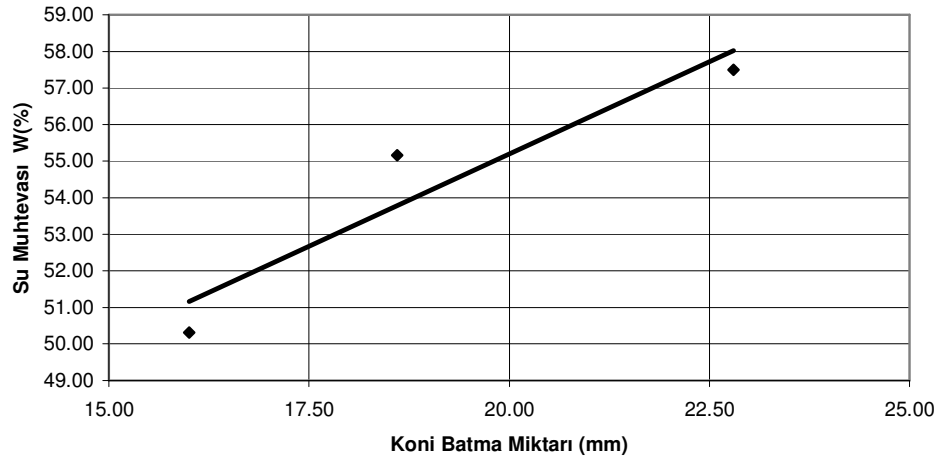
### **EK A**

**Kıvam Limitlerinin Tespiti için Yapılan DeneYlerin Sonuçları ve  
Sonuçlara göre çizilen Grafikler**

Çizelge A.1 Plastik ve likit limit deney sonuçları (KZ+%0)

<b>Likit Limit Deneyi</b>				
Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	25,9	28,5	32,7
	2.Okuma	26	28,6	32,8
	3.Okuma	26,1	28,7	32,9
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	16,00	18,60	22,80
Kap Ağırlığı	gr.	26,17	43,6	26,37
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	66,23	73,67	56,42
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	52,82	62,98	45,45
Su Ağırlığı	gr.	13,41	10,69	10,97
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	26,65	19,38	19,08
Su Muhtevası	%	50,32	55,16	57,49

<b>Plastik Limit Deneyi</b>		
Kap Ağırlığı	gr.	32,87
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	62,89
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	55,17
Su Ağırlığı	gr.	7,72
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	22,30
Su Muhtevası %	%	34,59



Şekil A.1 Likit limit belirlenmesi (K %100)

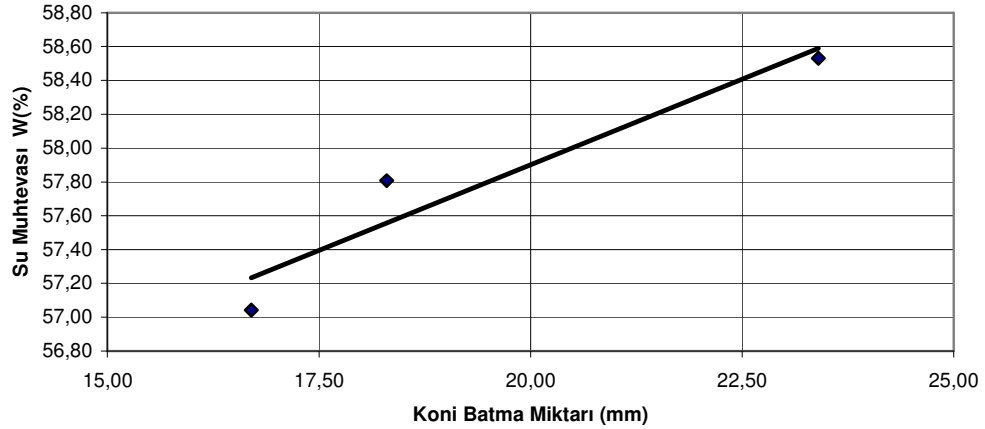
Çizelge A.2 Kıvam limitleri (KZ + %0)

Likit Limit Değeri	WL %	55,20
Plastik Limit Değeri	WP %	34,59
Plastisite İndisi	PI %	20,61

Çizelge A.3 Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 5 F)

<b>Likit Limit Deneyi</b>				
Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	26,6	28,2	33,3
	2.Okuma	26,7	28,3	33,4
	3.Okuma	26,8	28,4	33,5
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	16,70	18,30	23,40
Kap Ağırlığı	gr.	20,72	17,84	12,13
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	40,79	37,85	32,2
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	33,5	30,52	24,79
Su Ağırlığı	gr.	7,29	7,33	7,41
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	12,78	12,68	12,66
Su Muhtevası	%	57,04	57,81	58,53

<b>Plastik Limit Deneyi</b>		
Kap Ağırlığı	gr.	13,51
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	20,97
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	18,87
Su Ağırlığı	gr.	2,10
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	5,36
Su Muhtevası %	%	39,18



Şekil A.2 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 5 F)

Çizelge A.4 Kıvam limitleri (KZ + % 5 F)

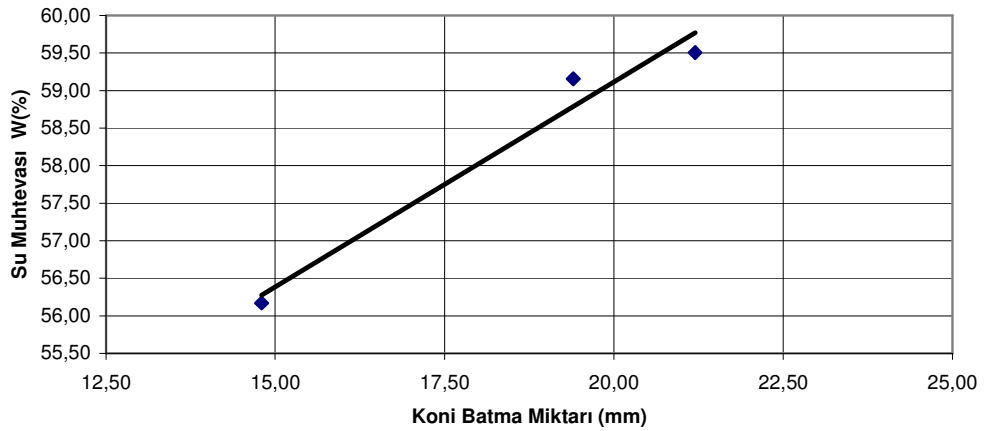
Likit Limit Değeri	WL %	57,81
Plastik Limit Değeri	WP %	39,18
Plastisite İndisi	PI %	18,63



Çizelge A.5 Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 10 F)

<b>Likit Limit Deneyi</b>				
Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	29,30	24,70	31,10
	2.Okuma	29,40	24,80	31,20
	3.Okuma	29,50	24,90	31,30
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	19,40	14,80	21,20
Kap Ağırlığı	gr.	12,18	13,01	17,89
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	32,17	33,00	37,86
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	24,74	25,81	30,41
Su Ağırlığı	gr.	7,43	7,19	7,45
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	12,56	12,80	12,52
Su Muhtevası	%	59,16	56,17	59,50

<b>Plastik Limit Deneyi</b>				
DENEY NO		1	2	3
Kap Ağırlığı	gr.	18,32		
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	38,33		
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	32,42		
Su Ağırlığı	gr.	5,91		
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	14,10		
Su Muhtevası %	%	41,91		



Şekil A.3 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 10 F)

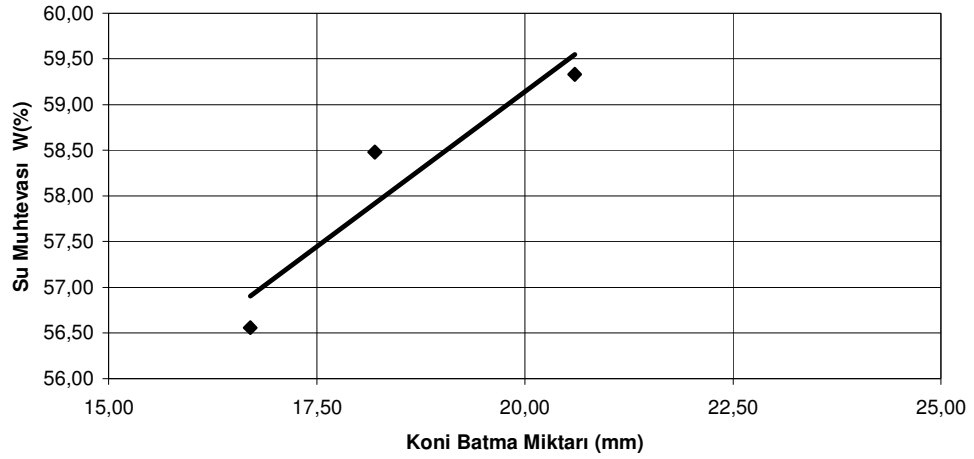
Çizelge A.6 Kıvam limitleri (KZ + % 10 F)

Likit Limit Değeri	WL %	59,20
Plastik Limit Değeri	WP %	41,91
Plastisite İndisi	PI %	17,29

Çizelge A.7 Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 15 F)

Likit Limit Deneyi				
Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	26,60	28,10	30,50
	2.Okuma	26,70	28,20	30,60
	3.Okuma	26,80	28,30	30,70
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	16,70	18,20	20,60
Kap Ağırlığı	gr.	38,48	37,01	33,71
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	58,41	57,01	53,69
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	51,21	49,63	46,25
Su Ağırlığı	gr.	7,20	7,38	7,44
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	12,73	12,62	12,54
Su Muhtevası	%	56,56	58,48	59,33

Plastik Limit Deneyi				
DENEY NO		1	2	3
Kap Ağırlığı	gr.	43,41		
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	63,40		
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	57,48		
Su Ağırlığı	gr.	5,92		
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	14,07		
Su Muhtevası %	%	42,08		



Şekil A.4 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 15 F)

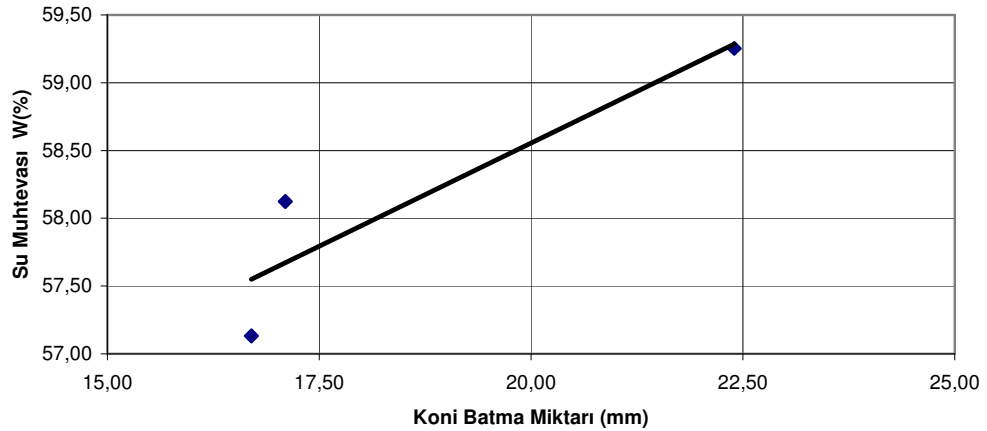
Çizelge A.8 Kıvam limitleri (KZ + % 15 F)

Likit Limit Değeri	WL %	59,30
Plastik Limit Değeri	WP %	42,08
Plastisite İndisi	PI %	17,22

Çizelge A.9 Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 5 SB)

<b>Likit Limit Deneyi</b>				
Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	26,60	27,00	32,30
	2.Okuma	26,70	27,10	32,40
	3.Okuma	26,80	27,20	32,50
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	16,70	17,10	22,40
Kap Ağırlığı	gr.	14,43	16,64	11,77
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	34,48	36,69	31,82
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	27,19	29,32	24,36
Su Ağırlığı	gr.	7,29	7,37	7,46
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	12,76	12,68	12,59
Su Muhtevası	%	57,13	58,12	59,25

<b>Plastik Limit Deneyi</b>		
DENEY NO		1
Kap Ağırlığı	gr.	13,21
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	33,25
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	27,03
Su Ağırlığı	gr.	6,22
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	13,82
Su Muhtevası %	%	45,01



Şekil A.5 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 5 SB)

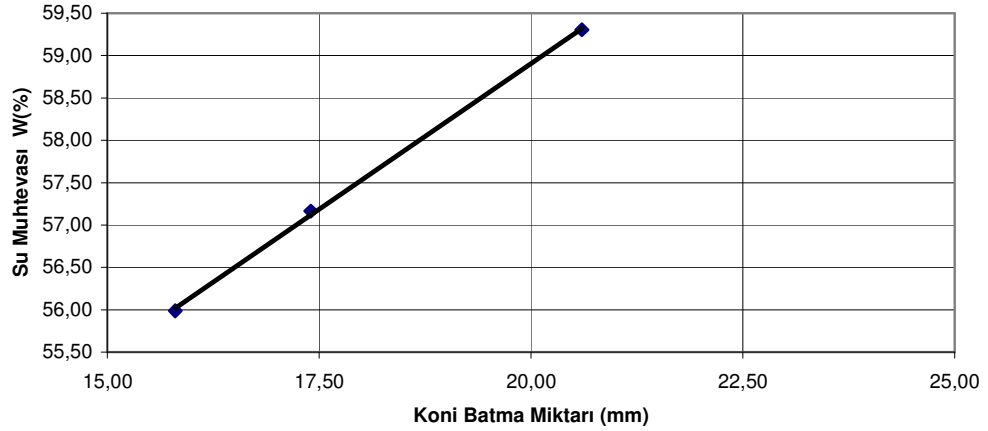
Çizelge A.10 Kıvam limitleri (KZ + % 5 SB)

Likit Limit Değeri	WL %	58,52
Plastik Limit Değeri	WP %	45,01
Plastisite İndisi	PI %	13,51

Çizelge A.11 Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 10 SB)

<b>Likit Limit Deneyi</b>				
Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	25,70	30,50	27,30
	2.Okuma	25,80	30,60	27,40
	3.Okuma	25,90	30,70	27,50
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	15,80	20,60	17,40
Kap Ağırlığı	gr.	31,40	43,40	36,13
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	55,89	68,14	68,93
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	47,10	58,93	57,00
Su Ağırlığı	gr.	8,79	9,21	11,93
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	15,70	15,53	20,87
Su Muhtevası	%	55,99	59,30	57,16

<b>Plastik Limit Deneyi</b>				
DENEY NO		1	2	3
Kap Ağırlığı	gr.	27,27		
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	54,97		
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	46,33		
Su Ağırlığı	gr.	8,64		
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	19,06		
Su Muhtevası %	%	45,33		



Şekil A.6 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 10 SB)

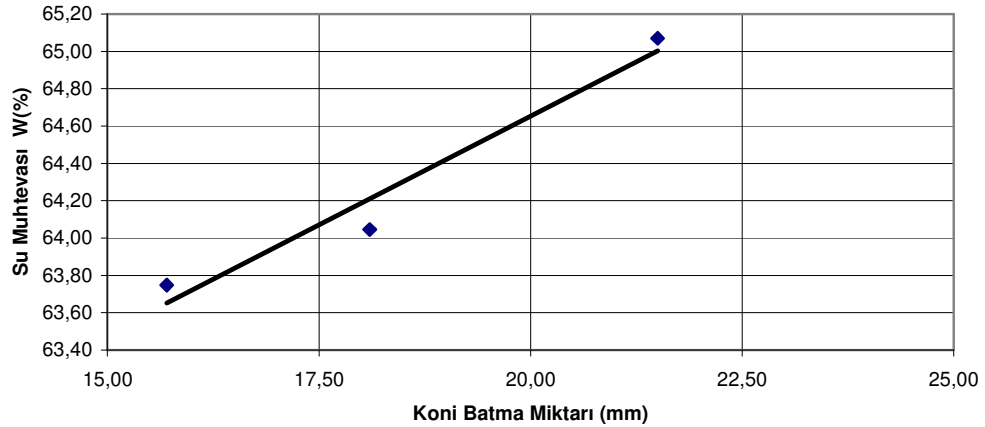
Çizelge A.12 Kıvam limitleri (KZ + % 10 SB)

Likit Limit Değeri	WL %	58,85
Plastik Limit Değeri	WP %	45,33
Plastisite İndisi	PI %	13,52

Çizelge A.13 Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 15 SB)

Likit Limit Deneyi				
Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	25,60	28,00	31,40
	2.Okuma	25,70	28,10	31,50
	3.Okuma	25,80	28,20	31,60
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	15,70	18,10	21,50
Kap Ağırlığı	gr.	42,48	27,42	31,71
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	62,49	47,45	51,70
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	54,70	39,63	43,82
Su Ağırlığı	gr.	7,79	7,82	7,88
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	12,22	12,21	12,11
Su Muhtevası	%	63,75	64,05	65,07

Plastik Limit Deneyi		
Kap Ağırlığı	gr.	37,82
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	57,82
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	51,30
Su Ağırlığı	gr.	6,52
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	13,48
Su Muhtevası %	%	48,37



Şekil A.7 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 15 SB)

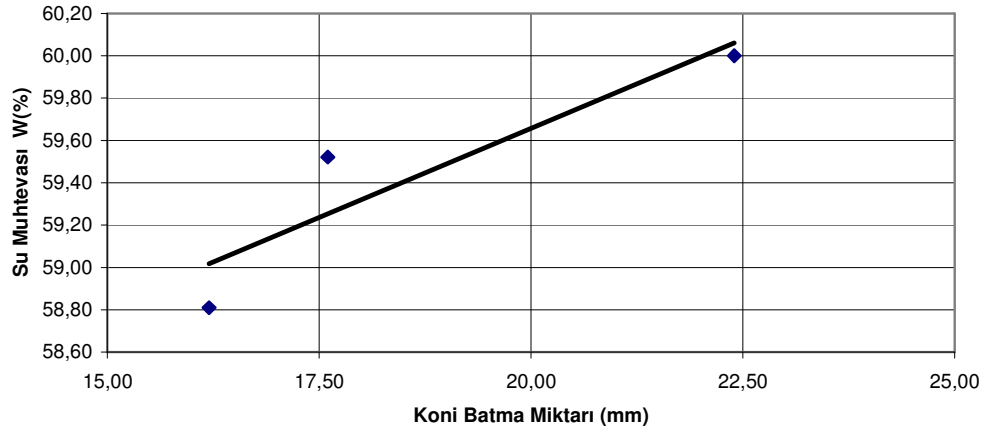
Çizelge A.14 Kıvam limitleri (KZ + % 15 SB)

Likit Limit Değeri	WL %	64,65
Plastik Limit Değeri	WP %	48,37
Plastisite İndisi	PI %	16,28

Çizelge A.15 Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 5 KB)

<b>Likit Limit Deneyi</b>				
Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	26,10	27,50	32,30
	2.Okuma	26,20	27,60	32,40
	3.Okuma	26,30	27,70	32,50
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	16,20	17,60	22,40
Kap Ağırlığı	gr.	29,40	31,96	31,00
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	49,41	51,98	51,00
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	42,00	44,51	43,50
Su Ağırlığı	gr.	7,41	7,47	7,50
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	12,60	12,55	12,50
Su Muhtevası	%	58,81	59,52	60,00

<b>Plastik Limit Deneyi</b>		
Kap Ağırlığı	gr.	34,76
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	54,76
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	48,81
Su Ağırlığı	gr.	5,95
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	14,05
Su Muhtevası %	%	42,35



Şekil A.8 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 5 KB)

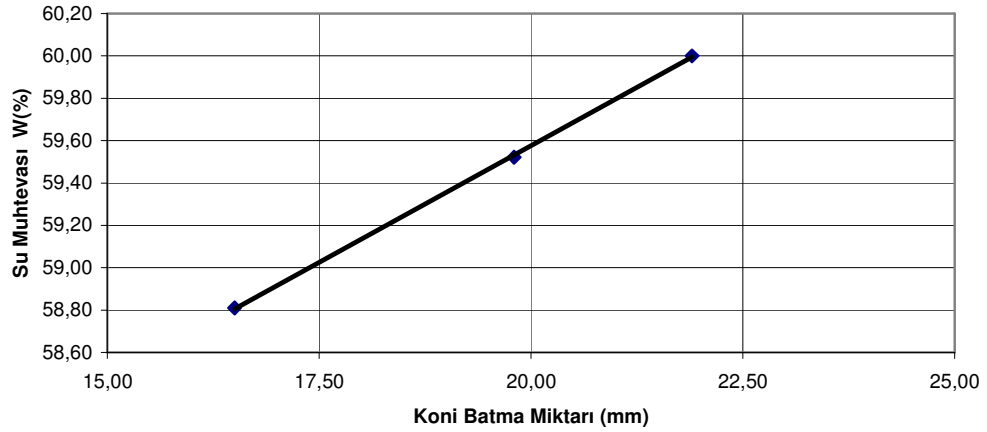
Çizelge A.16 Kıvam limitleri (KZ + % 5 KB)

Likit Limit Değeri	WL %	59,65
Plastik Limit Değeri	WP %	42,35
Plastisite İndisi	PI %	17,30

Çizelge A.17 Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 10 KB)

Likit Limit Deneyi				
Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	26,40	29,70	31,80
	2.Okuma	26,50	29,80	31,90
	3.Okuma	26,60	29,90	32,00
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	16,50	19,80	21,90
Kap Ağırlığı	gr.	35,62	16,65	11,79
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	55,62	36,67	31,84
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	48,52	28,88	23,92
Su Ağırlığı	gr.	7,10	7,79	7,92
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	12,90	12,23	12,13
Su Muhtevası	%	55,04	63,70	65,29

Plastik Limit Deneyi		
Kap Ağırlığı	gr.	30,29
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	50,39
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	44,67
Su Ağırlığı	gr.	5,72
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	14,38
Su Muhtevası %	%	39,78



Şekil A.9 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 10 KB)

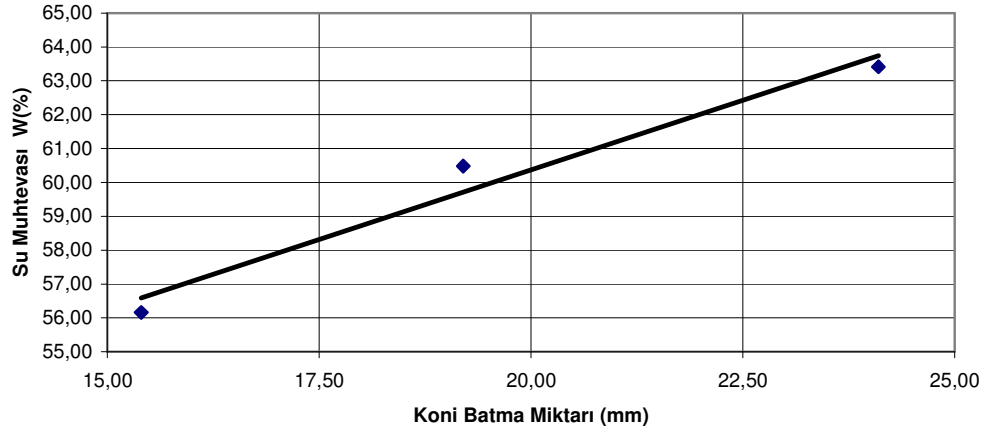
Çizelge A.18 Kıvam limitleri (KZ + % 10 KB)

Likit Limit Değeri	WL %	59,57
Plastik Limit Değeri	WP %	39,78
Plastisite İndisi	PI %	19,79

Çizelge A.19 Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 15 KB)

<b>Likit Limit Deneyi</b>				
Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	25,30	29,10	34,00
	2.Okuma	25,40	29,20	34,10
	3.Okuma	25,50	29,30	34,20
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	15,40	19,20	24,10
Kap Ağırlığı	gr.	11,80	14,46	20,74
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	21,81	24,49	30,79
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	18,21	20,71	26,89
Su Ağırlığı	gr.	3,60	3,78	3,90
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	6,41	6,25	6,15
Su Muhtevası	%	56,16	60,48	63,41

<b>Plastik Limit Deneyi</b>		
Kap Ağırlığı	gr.	16,66
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	36,69
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	31,51
Su Ağırlığı	gr.	5,18
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	14,85
Su Muhtevası %	%	34,88



Şekil A.10 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 15 KB)

Çizelge A.20 Kıvam limitleri (KZ + % 15 KB)

Likit Limit Değeri	WL %	59,57
Plastik Limit Değeri	WP %	34,88
Plastisite İndisi	PI %	24,69



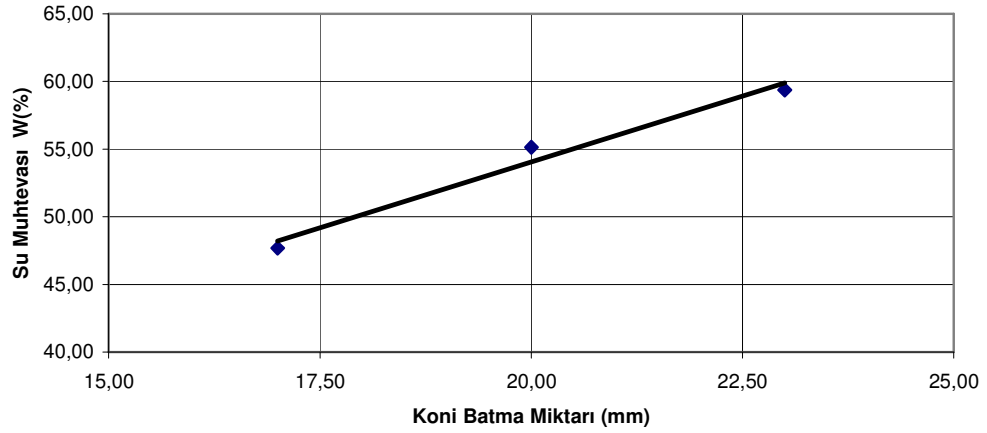
Çizelge A.21 Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 5 D)

**Likit Limit Deneyi**

Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	26,90	29,90	32,90
	2.Okuma	27,00	30,00	33,00
	3.Okuma	27,10	30,10	33,10
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	17,00	20,00	23,00
Kap Ağırlığı	gr.	12,46	20,72	41,06
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	33,15	48,41	61,38
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	26,47	38,57	53,81
Su Ağırlığı	gr.	6,68	9,84	7,57
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	14,01	17,85	12,75
Su Muhtevası	%	47,68	55,13	59,37

**Plastik Limit Deneyi**

Kap Ağırlığı	gr.	38,10
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	59,99
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	53,71
Su Ağırlığı	gr.	6,28
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	15,61
Su Muhtevası %	%	40,23



Şekil A.11 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 5 D)

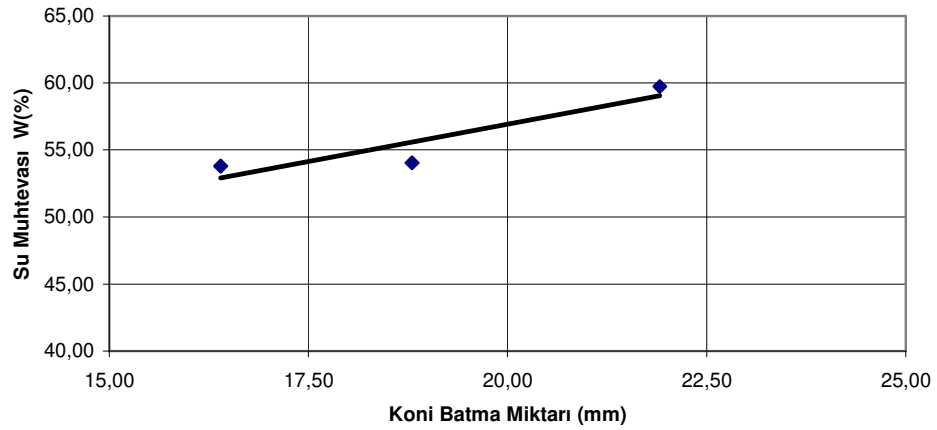
Çizelge A.22 Kıvam limitleri (KZ + % 5 D)

Likit Limit Değeri	WL %	54,21
Plastik Limit Değeri	WP %	40,23
Plastisite İndisi	PI %	13,98

Çizelge A.23 Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 10 D)

<b>Likit Limit Deneyi</b>				
Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	26,30	28,70	31,81
	2.Okuma	26,40	28,80	31,91
	3.Okuma	26,50	28,90	32,01
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	16,40	18,80	21,91
Kap Ağırlığı	gr.	26,35	29,10	31,12
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	46,59	49,14	51,39
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	39,51	42,11	43,81
Su Ağırlığı	gr.	7,08	7,03	7,58
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	13,16	13,01	12,69
Su Muhtevası	%	53,80	54,04	59,73

<b>Plastik Limit Deneyi</b>		
Kap Ağırlığı	gr.	29,50
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	49,50
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	43,57
Su Ağırlığı	gr.	5,93
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	14,07
Su Muhtevası %	%	42,15



Şekil A.12 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 10 D)

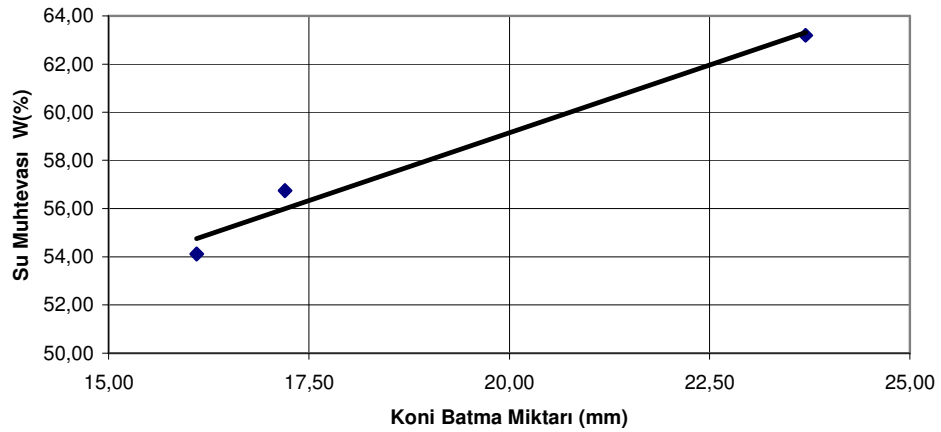
Çizelge A.24 Kıvam limitleri (KZ + % 10 D)

Likit Limit Değeri	WL %	56,90
Plastik Limit Değeri	WP %	42,15
Plastisite İndisi	PI %	14,75

Çizelge A.25 Kıvam limit deney sonuçları (KZ + % 15 D)

<b>Likit Limit Deneyi</b>				
Deney No		1	2	3
İlk Okuma	mm.	10	10	10
Koni Penetrasyon Okumaları	1.Okuma	26,00	27,10	33,60
	2.Okuma	26,10	27,20	33,70
	3.Okuma	26,20	27,30	33,80
Koni Penetrasyon Ortalaması	mm.	16,10	17,20	23,70
Kap Ağırlığı	gr.	30,22	27,89	33,71
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	50,24	48,00	53,75
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	43,21	40,72	45,99
Su Ağırlığı	gr.	7,03	7,28	7,76
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	12,99	12,83	12,28
Su Muhtevası	%	54,12	56,74	63,19

<b>Plastik Limit Deneyi</b>		
Kap Ağırlığı	gr.	41,29
Kap + Yaş Numune Ağırlığı	gr.	62,89
Kap + Kuru Numune Ağırlığı	gr.	56,29
Su Ağırlığı	gr.	6,60
Kuru Numune Ağırlığı	gr.	15,00
Su Muhtevası %	%	44,00



Şekil A.13 Likit limit belirlenmesi (KZ + % 15 D)

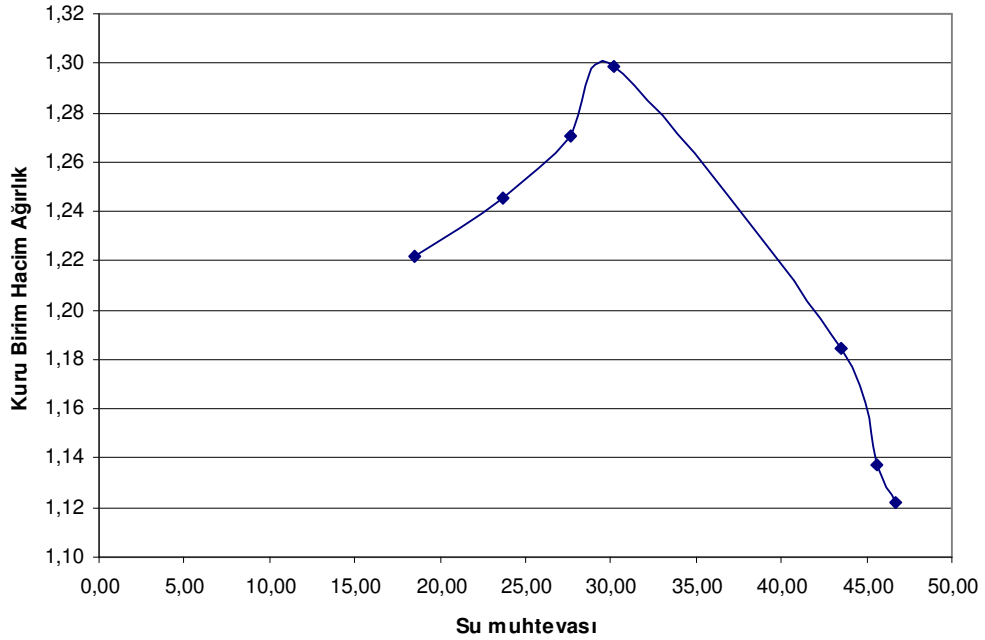
Çizelge A.26 Kıvam limitleri (KZ + % 15 D)

Likit Limit Değeri	WL %	59,20
Plastik Limit Değeri	WP %	44,00
Plastisite İndisi	PI %	15,20

**EK B**  
**Kompaksiyon Deneyleri**  
**Sonuçları ve Sonuçlara Göre Çizilen Grafikler**

Çizelge B.1 Standart proktor deney sonuçları KZ + %0

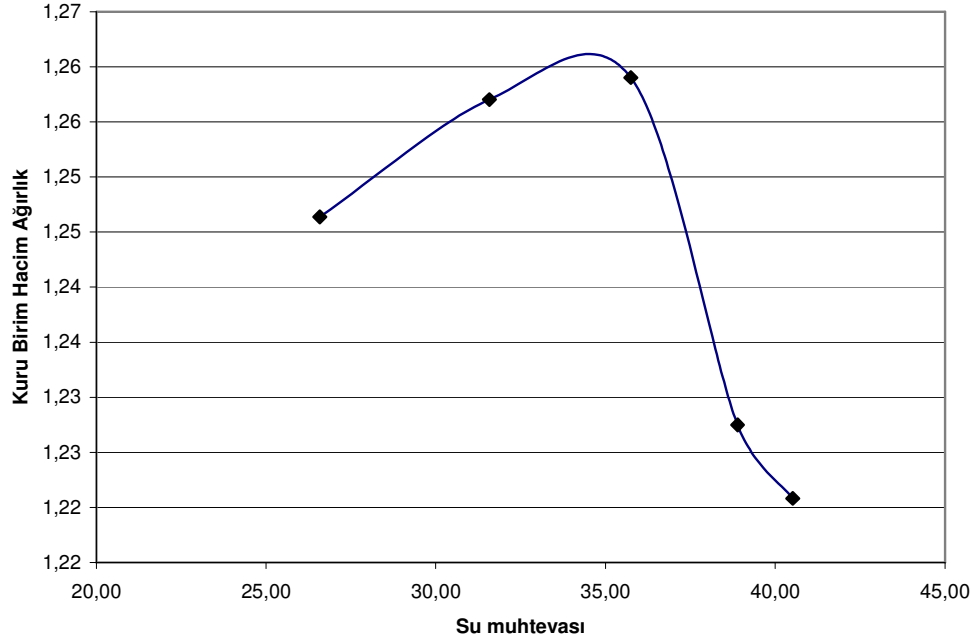
Deney No:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	7081,00	7169,00	7245,50	7310,50	7320,00	7278,50	7269,00
Kalıp ve Tabanın Ağ. gr.	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00
Kalıbın İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağ. gr.	1366,00	1454,00	1530,50	1595,50	1605,00	1563,50	1554,00
Kap Ağırlığı gr.	92,50	100,50	121,50	124,00	95,00	93,00	93,00
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağ. gr.	394,00	400,50	421,50	424,00	395,00	393,00	393,00
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağ. gr.	347,00	343,00	356,50	354,50	304,00	299,00	297,50
Kuru num Ağ. gr.	254,50	242,50	235,00	230,50	209,00	206,00	204,50
Yaş Birim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,45	1,54	1,62	1,69	1,70	1,66	1,65
Su muhtevası %	18,47	23,71	27,66	30,15	43,54	45,63	46,70
Kuru Birim Hacim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,22	1,25	1,27	1,30	1,18	1,14	1,12
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>% 30</b>	<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>				<b>1,30</b>	



Şekil B.1 Optimum su muhtevası– kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ + %0)

Çizelge B.2 Standart proktor deney sonuçları (KZ+%5 KB)

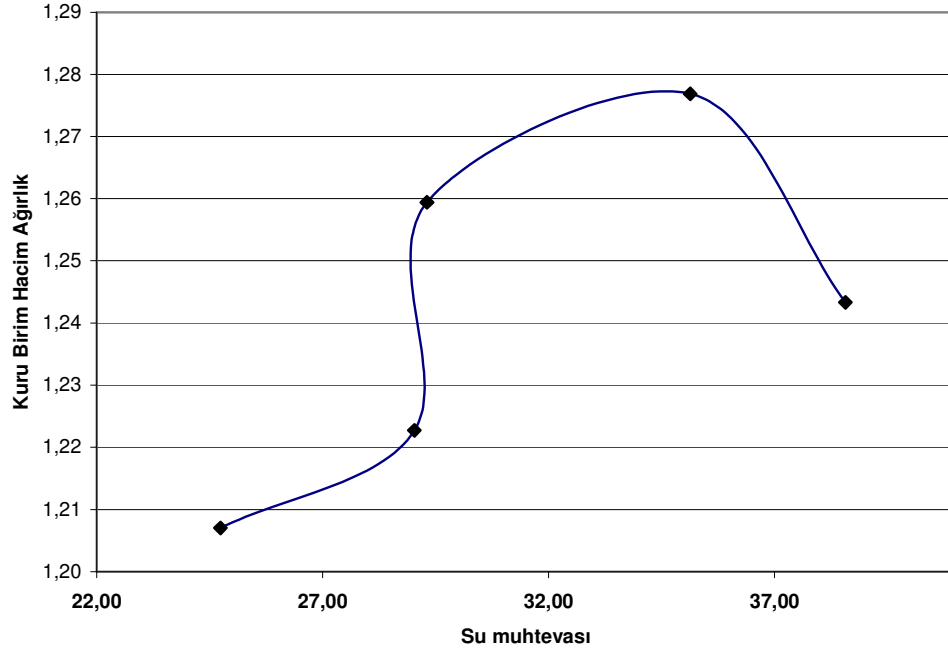
Deney No:	1.	2.	3.	4.	5.
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	7204	7276	7328	7324	7334,00
Kalıp ve Tabanın Ağırlığı gr.	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00
Kalibin İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	1489,00	1561,00	1613,00	1609,00	1619,00
Kap Ağırlığı gr.	121,50	93,00	99,00	98,00	96,00
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağırlığı gr.	421,50	393,00	399,00	398,00	396,00
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağırlığı gr.	358,50	321,00	320,00	314,00	309,50
Kuru num Ağırlığı gr.	237,00	228,00	221,00	216,00	213,50
Yaş Birim Ağırlığı t/m <sup>3</sup>	1,58	1,65	1,71	1,70	1,72
Su muhtevası %	26,58	31,58	35,75	38,89	40,52
Kuru Birim Hacim Ağırlığı t/m <sup>3</sup>	1,25	1,26	1,26	1,23	1,22
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>% 33</b>	<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>			<b>1,26</b>



Şekil B.2 Optimum su muhtevası - kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%5KB)

Çizelge B.3 Standart proktor deney sonuçları (KZ+%10KB)

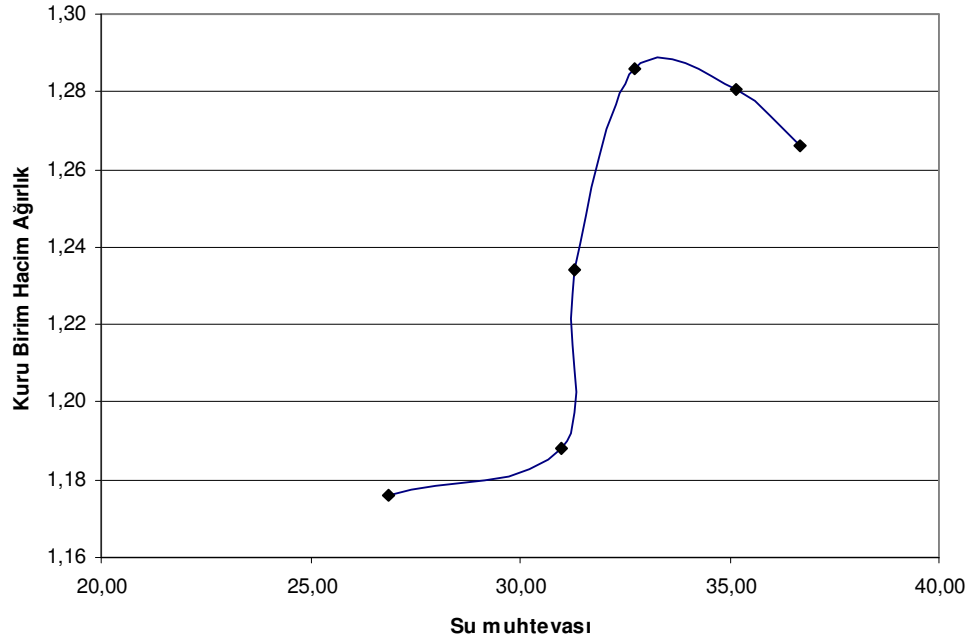
Deney No:	1.	2.	3.	4.	5.
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	7136	7204	7252	7343,50	7341,00
Kalıp ve Tabanın Ağırlığı gr.	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00
Kalıbın İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	1421,00	1489,00	1537,00	1628,50	1626,00
Kap Ağırlığı gr.	93,50	100,50	99,00	109,00	124,00
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağırlığı gr.	393,50	400,50	399,00	409,00	424,00
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağırlığı gr.	334,00	333,00	331,00	331,00	340,50
Kuru num Ağırlığı gr.	240,50	232,50	232,00	222,00	216,50
Yaş Birim Ağırlığı t/m <sup>3</sup>	1,51	1,58	1,63	1,73	1,72
Su muhtevası %	24,74	29,03	29,31	35,14	38,57
Kuru Birim Hacim Ağırlığı t/m <sup>3</sup>	1,21	1,22	1,26	1,28	1,24
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>% 34</b>	<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>			<b>1,28</b>



Şekil B.3 Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%10KB)

Çizelge B.4 Standart proktor deney sonuçları (KZ+%15KB)

Deney No:	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	7123	7184	7244	7326	7348,00	7348,00
Kalıp ve Tabanın Ağ. gr.	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00
Kalibın İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağ. gr.	1408,00	1469,00	1529,00	1611,00	1633,00	1633,00
Kap Ağırlığı gr.	123,00	299,00	126,50	121,50	122,50	93,50
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağ. gr.	423,00	599,00	426,50	421,50	422,50	393,50
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağ. gr.	359,50	528,00	355,00	347,50	344,50	313,00
Kuru num Ağ. gr.	236,50	229,00	228,50	226,00	222,00	219,50
Yaş Birim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,49	1,56	1,62	1,71	1,73	1,73
Su muhtevası %	26,85	31,00	31,29	32,74	35,14	36,67
Kuru Birim Hacim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,18	1,19	1,23	1,29	1,28	1,27
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>% 35</b>	<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>				<b>1,29</b>

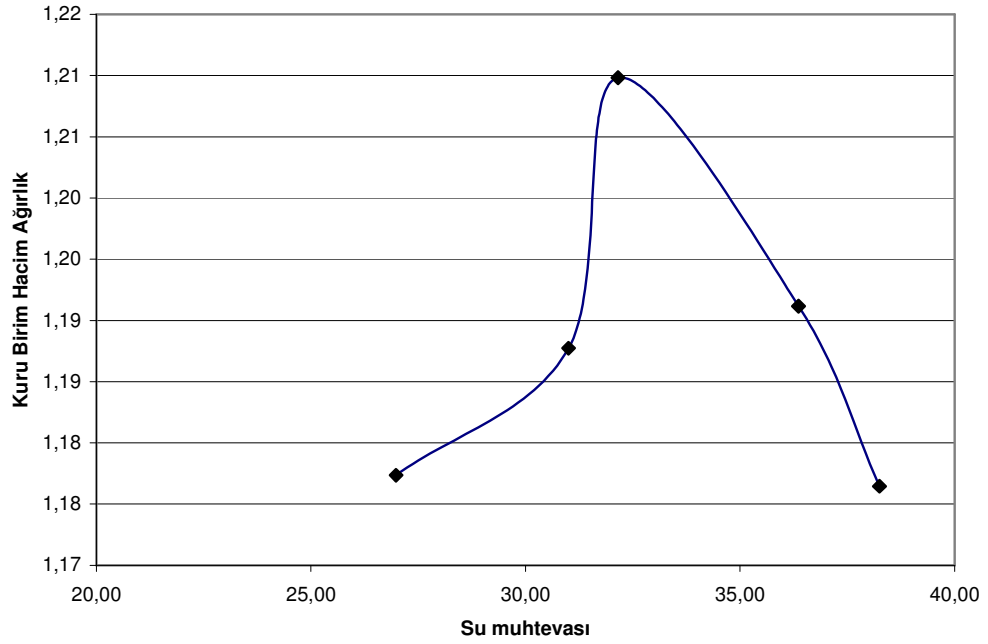


Şekil B.4 Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%15KB)



Çizelge B.5 Standart proktor deney sonuçları (KZ+%5SB)

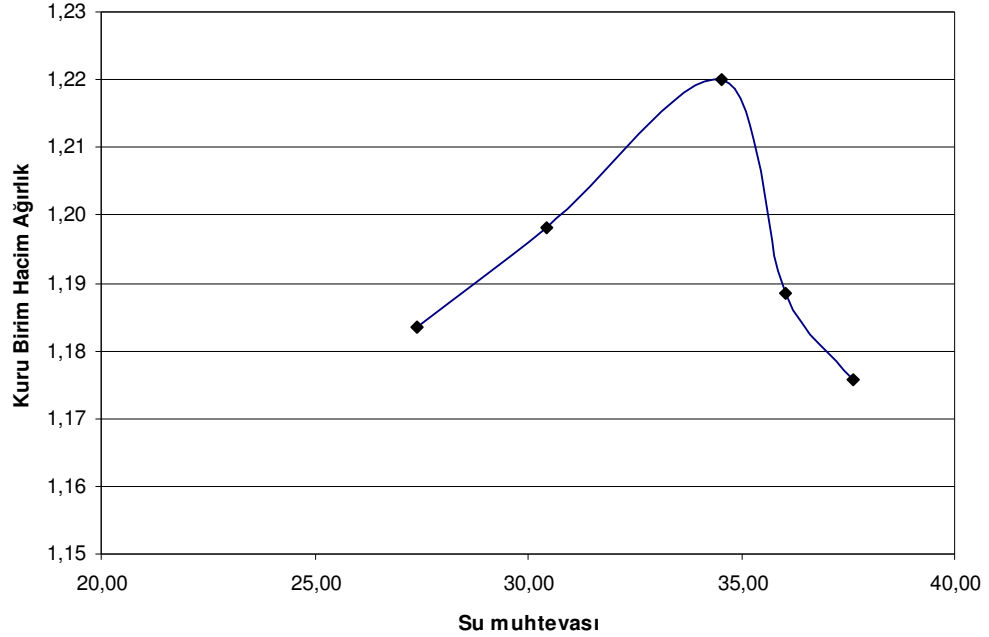
Deney No:	1.	2.	3.	4.	5.
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	7126	7184	7224	7248	7250,00
Kalıp ve Tabanın Ağ. gr.	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00
Kalıbın İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağ. gr.	1411,00	1468,50	1509,00	1533,00	1535,00
Kap Ağırlığı gr.	123,00	101,00	98,00	109,00	96,00
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağ. gr.	323,00	401,00	398,00	409,00	396,00
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağ. gr.	280,50	330,00	325,00	329,00	313,00
Kuru num Ağ. gr.	157,50	229,00	227,00	220,00	217,00
Yaş Birim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,50	1,56	1,60	1,62	1,63
Su muhtevası %	26,98	31,00	32,16	36,36	38,25
Kuru Birim Hacim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,18	1,19	1,21	1,19	1,18
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>% 32</b>		<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>		<b>1,21</b>



Şekil B.5 Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%5SB)

Çizelge B.6 Standart proktor deney sonuçları (KZ+%10SB)

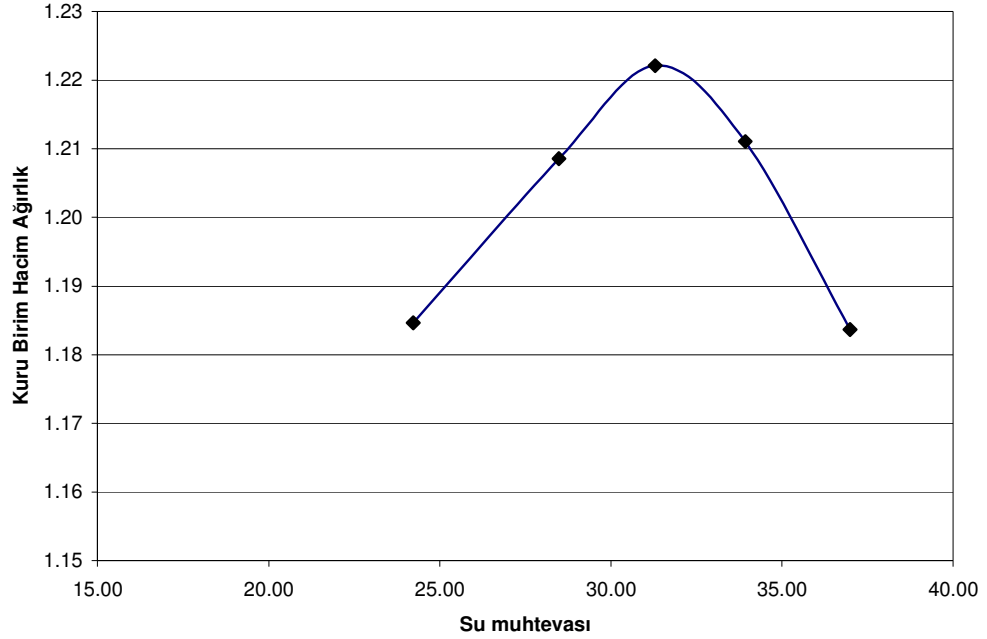
Deney No:	1.	2.	3.	4.	5.
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	7138,00	7190,00	7264,00	7241,00	7242,00
Kalıp ve Tabanın Ağ. gr.	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00
Kalibin İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağ. gr.	1423,00	1475,00	1549,00	1526,00	1527,00
Kap Ağırlığı gr.	122,50	121,50	124,00	126,50	123,50
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağ. gr.	422,50	421,50	424,00	426,50	423,50
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağ. gr.	358,00	351,50	347,00	347,00	341,50
Kuru num Ağ. gr.	235,50	230,00	223,00	220,50	218,00
Yaş Birim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,51	1,56	1,64	1,62	1,62
Su muhtevası %	27,39	30,43	34,53	36,05	37,61
Kuru Birim Hacim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,18	1,20	1,22	1,19	1,18
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>%33</b>		<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>		<b>1,22</b>



Şekil B.6 Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%10SB)

Çizelge B.7 Standart proktor deney sonuçları (KZ+%15SB)

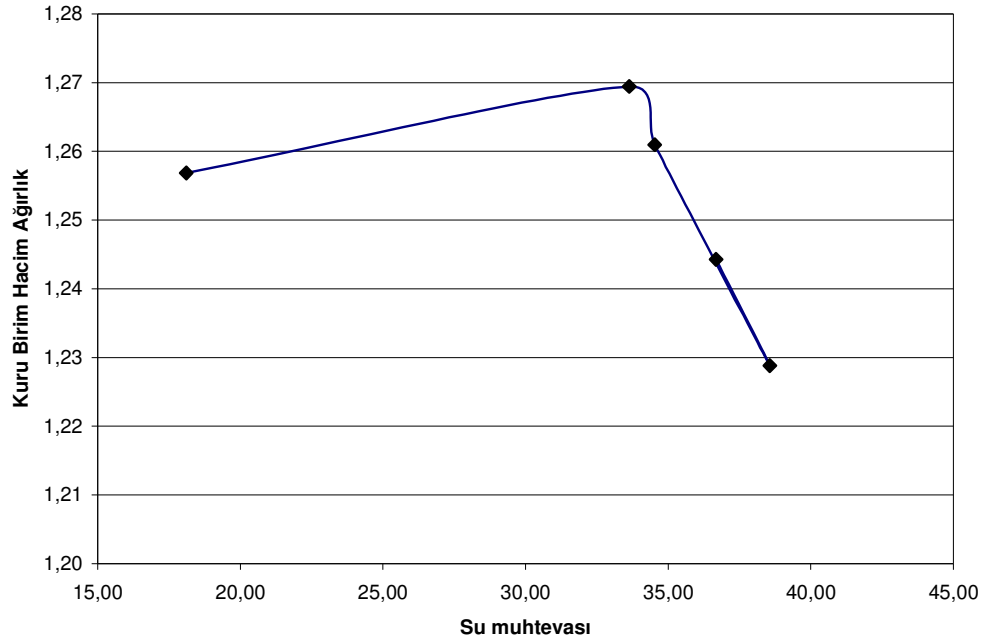
Deney No:	1.	2.	4.	5.	
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	<b>7193</b>	<b>7274</b>	<b>7326,00</b>	<b>7343,50</b>	<b>7343,00</b>
Kalıp ve Tabanın Ağ. gr.	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00
Kalıbın İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağ. gr.	1477,50	1559,00	1611,00	1628,50	1628,00
Kap Ağırlığı gr.	98,50	93,00	93,50	100,50	526,00
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağ. gr.	398,50	393,00	393,50	400,50	826,00
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağ. gr.	340,00	326,50	322,00	324,50	745,00
Kuru num Ağ. gr.	241,50	233,50	228,50	224,00	219,00
Yaş Birim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,57	1,65	1,71	1,73	1,72
Su muhtevası %	24,22	28,48	31,29	33,93	36,99
Kuru Birim Hacim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,26	1,29	1,30	1,29	1,26
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>%33</b>	<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>			<b>1,30</b>



Şekil B.7 Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%15SB)

Çizelge B.8 Standart proktor deney sonuçları (KZ+%5 F)

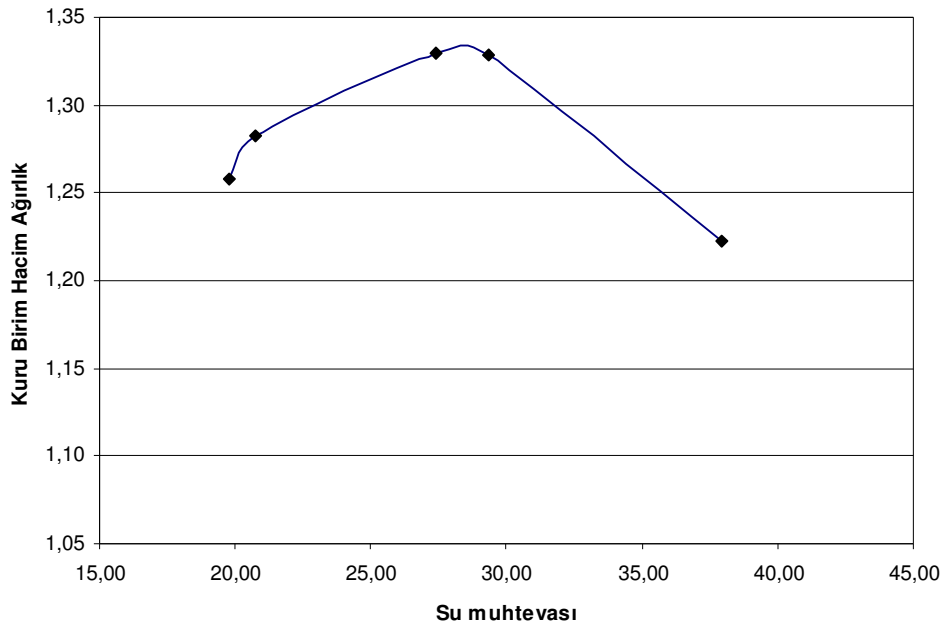
Deney No:	1.	2.	3.	4.	5.
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	7116	7316	7316	7322	7320,00
Kalıp ve Tabanın Ağ. gr.	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00
Kalıbın İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağ. gr.	1401,00	1601,00	1601,00	1607,00	1605,00
Kap Ağırlığı gr.	93,50	93,00	93,00	93,00	98,00
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağ. gr.	393,5	393	393	393	398
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağ. gr.	347,50	317,50	316,00	309,50	317,50
Kuru num Ağ. gr.	254,00	224,50	223,00	216,50	219,50
Yaş Birim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,48	1,70	1,70	1,70	1,70
Su muhtevası %	18,11	33,63	34,53	38,57	36,67
Kuru Birim Hacim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,26	1,27	1,26	1,23	1,24
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>%33</b>		<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>		<b>1,27</b>



Şekil B.8 Optimum su muhtevası kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%5 F)

Çizelge B.9 Standart proktor deney sonuçları (KZ+%10 F)

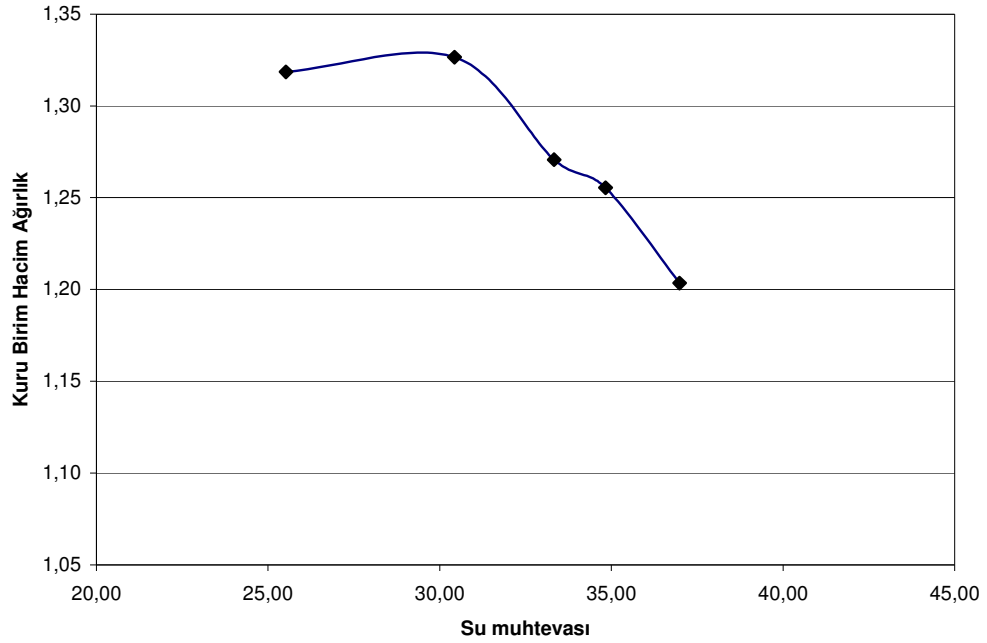
Deney No:	1.	2.	3.	4.	5.
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	7137,00	7176,00	7314,00	7336,50	7306,00
Kalıp ve Tabanın Ağ. gr.	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00
Kalıbın İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağ. gr.	1422,00	1461,00	1599,00	1621,50	1591,00
Kap Ağırlığı gr.	123,50	122,50	124,00	122,50	93,00
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağ. gr.	423,5	422,5	424	422,5	393
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağ. gr.	374,00	371,00	359,50	354,50	310,50
Kuru num Ağ. gr.	250,50	248,50	235,50	232,00	217,50
Yaş Birim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,51	1,55	1,69	1,72	1,69
Su muhtevası %	19,76	20,72	27,39	29,31	37,93
Kuru Birim Hacim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,26	1,28	1,33	1,33	1,22
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>% 31</b>		<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>		<b>1,33</b>



Şekil B.9 Optimum su muhtevası kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%10 F)

Çizelge B.10 Standart proktor deney sonuçları (KZ+%15 F)

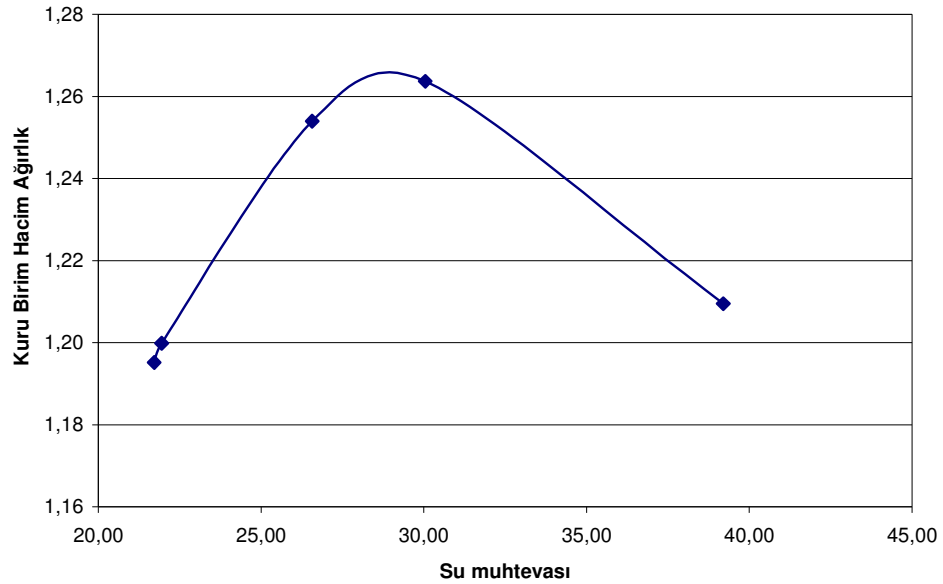
Deney No:	1.	2.	3.	4.	5.
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	7277,00	7348,00	7314,00	7312,50	7271,00
Kalıp ve Tabanın Ağ. gr.	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00	5715,00
Kalıbın İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağ. gr.	1562,00	1633,00	1599,00	1597,50	1556,00
Kap Ağırlığı gr.	93,00	94,00	93,00	92,50	93,00
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağ. gr.	393	394	409	392,5	393
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağ. gr.	332,00	324,00	330,00	315,00	312,00
Kuru num Ağ. gr.	239,00	230,00	237,00	222,50	219,00
Yaş Birim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,66	1,73	1,69	1,69	1,65
Su muhtevası %	25,52	30,43	33,33	34,83	36,99
Kuru Birim Hacim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,32	1,33	1,27	1,26	1,20
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>% 32</b>		<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>		<b>1,33</b>



Şekil B.10 Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%15 F)

Çizelge B.11 Standart proktor deney sonuçları (KZ+%5 D)

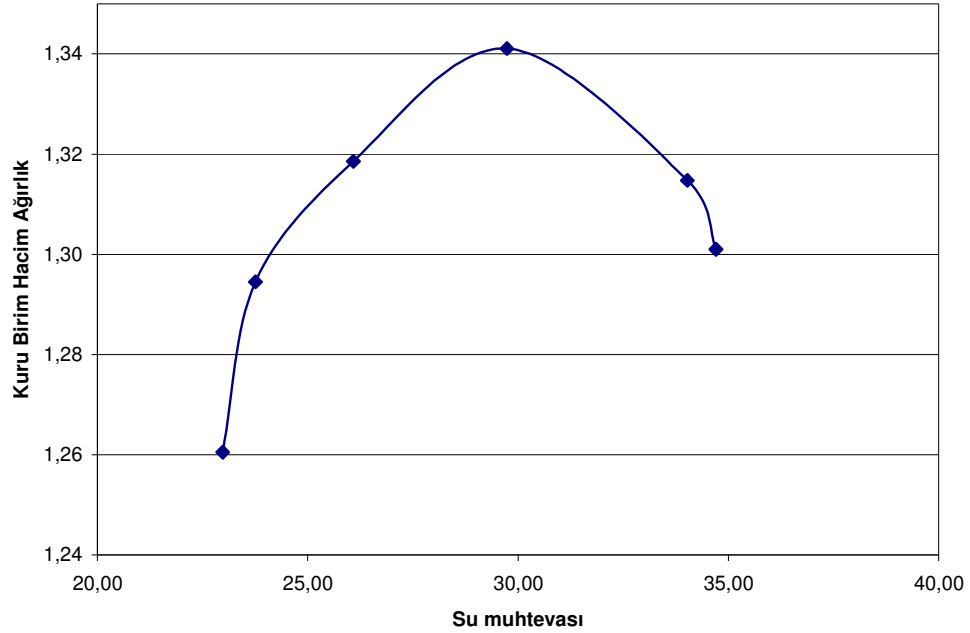
Deney No:	1.	2.	3.	4.	5.
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	4792,00	4800,00	4917,00	4970,00	5008,00
Kalıp ve Tabanın Ağ. gr.	3419,00	3419,00	3419,00	3419,00	3419,00
Kalıbın İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağ. gr.	1373,00	1381,00	1498,00	1551,00	1589,00
Kap Ağırlığı gr.	27,95	29,64	41,07	26,35	31,41
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağ. gr.	133,75	140,53	125,28	141,1	195,5
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağ. gr.	114,87	120,57	107,60	114,59	149,29
Kuru num Ağ. gr.	86,92	90,93	66,53	88,24	117,88
Yaş Birim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,45	1,46	1,59	1,64	1,68
Su muhtevası %	21,72	21,95	26,57	30,04	39,20
Kuru Birim Hacim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,20	1,20	1,25	1,26	1,21
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>30,00%</b>		<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>		<b>1,27</b>



Şekil B.11 Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%5 D)

Çizelge B.12 Standart proktor deney sonuçları (KZ+%10 D)

Deney No:	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	7165,00	7214,00	7271,00	7344,00	7365,00	7356,00
Kalıp ve Tabanın Ağ. gr.	5702,00	5702,00	5702,00	5702,00	5702,00	5702,00
Kalıbın İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağ. gr.	1463,00	1512,00	1569,00	1642,00	1663,00	1654,00
Kap Ağırlığı gr.	32,23	38,10	30,22	40,60	40,41	31,05
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağ. gr.	155,54	143,79	93,16	159,85	215,31	167,87
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağ. gr.	132,50	123,50	80,14	132,52	170,91	132,62
Kuru num Ağ. gr.	100,27	85,40	49,92	91,92	130,50	101,57
Yaş Birim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,55	1,60	1,66	1,74	1,76	1,75
Su muhtevası %	22,98	23,76	26,08	29,73	34,02	34,71
Kuru Birim Hacim Ağ. t/m <sup>3</sup>	1,26	1,29	1,32	1,3411	1,3147	1,3010
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>30,50%</b>		<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>			<b>1,34</b>

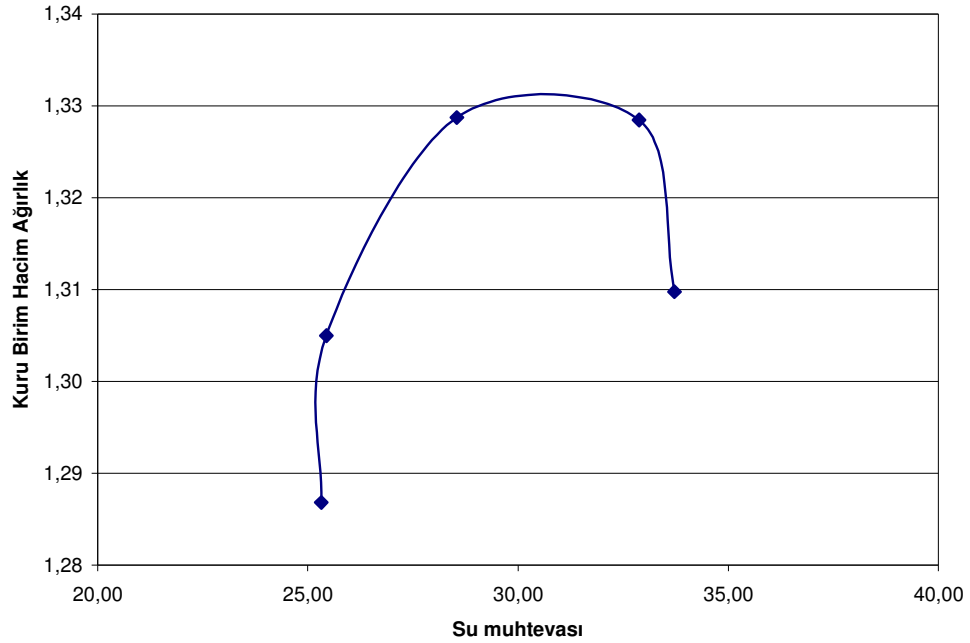


Şekil B.12 Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%10 D)



Çizelge B.13 Standart proktor deney sonuçları (KZ+%15 D)

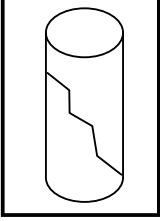
Deney No:	1.	2.	3.	4.	5.
Kalıp, Tabanı ve Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	4941,00	4964,00	5031,00	5085,00	5072,00
Kalıp ve Tabanın Ağırlığı gr.	3419,00	3419,00	3419,00	3419,00	3419,00
Kalıbın İç Hacmi (V) cm <sup>3</sup>	943,78	943,78	943,78	943,78	943,78
Sıkıştırılmış Zemin Ağırlığı gr.	1522,00	1545,00	1612,00	1666,00	1653,00
Kap Ağırlığı gr.	29,43	31,15	38,46	36,09	32,71
Sıkıştırılmış Zemin Yaş Ağırlığı gr.	168,4	153,91	155,99	180,46	152,86
Sıkıştırılmış Zeminin Kuru Ağırlığı gr.	140,15	129,01	129,89	144,74	122,56
Kuru num Ağırlığı gr.	111,56	97,86	91,43	108,65	89,85
Yaş Birim Ağırlığı t/m <sup>3</sup>	1,61	1,64	1,71	1,77	1,75
Su muhtevası %	25,32	25,44	28,55	32,88	33,72
Kuru Birim Hacim Ağırlığı t/m <sup>3</sup>	1,29	1,30	1,33	1,33	1,31
<b>Optimum Su Muhtevası</b>	<b>31</b>	<b>Maks. Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>			<b>1,33</b>

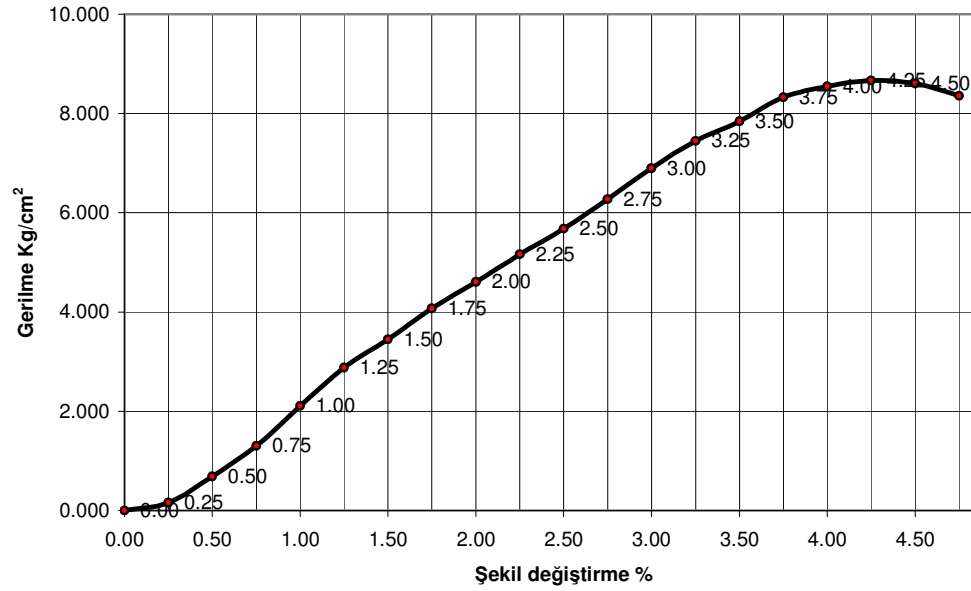


Şekil B.13 Optimum su muhtevası – kuru birim hacim ağırlık grafiği (KZ+%15 D)

**EK C**  
**Serbest Basınç Deneylerinin Sonuçları ve Sonuçlara göre**  
**Çizilen Grafikler**

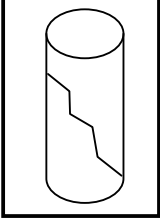
Çizelge C.1 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %5F (2 Gün)

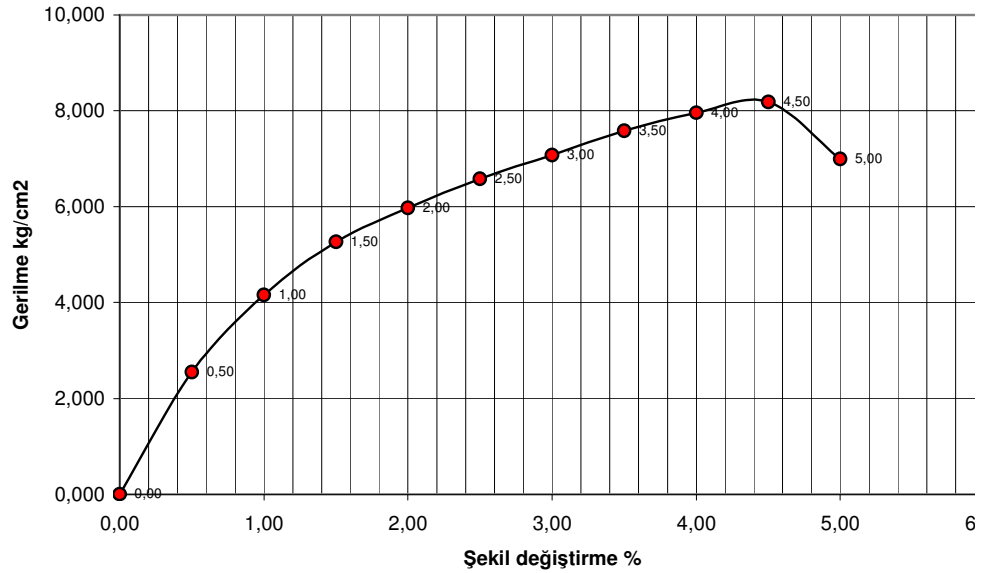
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	38,00						
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	49,03						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,70						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	4,19						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	2,10						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0,000
25,00	75,75	0,25	0,0033	32	0,0744	2,38	11,38	0,158
50,00	75,50	0,50	0,0066	57	0,124	7,09	11,42	0,685
75,00	75,25	0,75	0,0100	80	0,17	13,63	11,46	1,301
100,00	75,00	1,00	0,0133	101	0,212	21,45	11,49	2,108
125,00	74,75	1,25	0,0167	116	0,242	28,12	11,53	2,878
150,00	74,50	1,50	0,0201	130	0,27	35,15	11,57	3,451
175,00	74,25	1,75	0,0236	141	0,2924	41,23	11,61	4,075
200,00	74,00	2,00	0,0270	148	0,306	45,35	11,66	4,605
225,00	73,75	2,25	0,0305	154	0,3184	49,03	11,70	5,166
250,00	73,50	2,50	0,0340	161	0,332	53,52	11,74	5,679
275,00	73,25	2,75	0,0375	170	0,35	59,57	11,82	6,274
300,00	73,00	3,00	0,0411	180	0,37	66,67	11,91	6,894
325,00	72,75	3,25	0,0447	183	0,376	68,88	11,99	7,449
350,00	72,50	3,50	0,0483	188	0,386	72,64	12,08	7,840
375,00	72,25	3,75	0,0519	190	0,39	74,18	12,17	8,329
400,00	72,00	4,00	0,0556	190	0,39	74,18	12,26	8,546
425,00	71,75	4,25	0,0592	187	0,384	71,88	12,35	8,669



Şekil C.1 Şekil değişirme-gerilme grafiği KZ+ %5F (2 Gün)

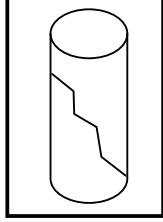
Çizelge C.2 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %5F (7 Gün)

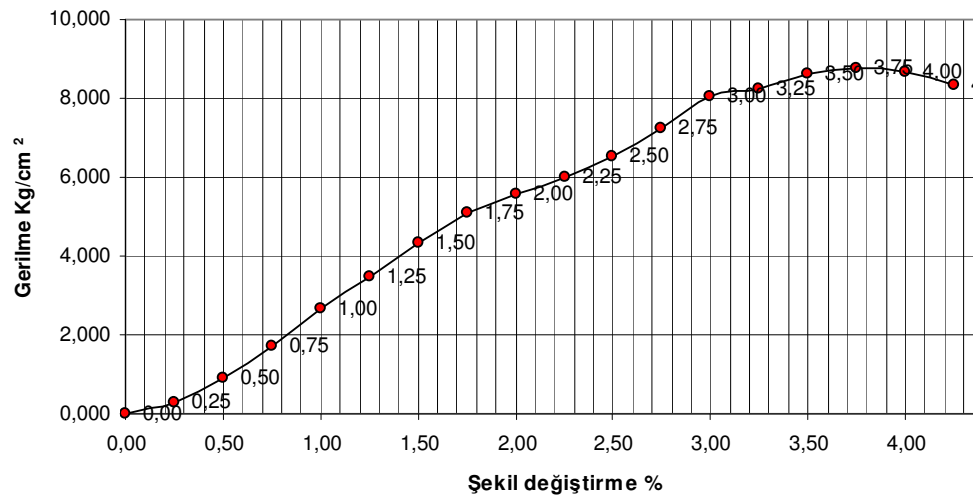
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	<b>38,00</b>						
Numune Boyu	mm	<b>76,00</b>						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,34</b>						
Kırılma Yüğü	kg	<b>25,34</b>						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>12,10</b>						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	<b>2,09</b>						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	<b>1,05</b>						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm						
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0,000
50,00	75,50	0,50	0,0066	<b>59</b>	0,1284	7,58	11,42	2,547
100,00	75,00	1,00	0,0133	<b>76</b>	0,162	12,34	11,49	4,158
150,00	74,50	1,50	0,0201	<b>86</b>	0,182	15,69	11,57	5,267
200,00	74,00	2,00	0,0270	<b>92</b>	0,194	17,88	11,66	5,973
250,00	73,50	2,50	0,0340	<b>97</b>	0,204	19,83	11,74	6,583
300,00	73,00	3,00	0,0411	<b>101</b>	0,212	21,45	11,83	7,078
350,00	72,50	3,50	0,0483	<b>105</b>	0,2204	23,14	11,92	7,585
400,00	72,00	4,00	0,0556	<b>108</b>	0,226	24,45	12,01	7,958
450,00	71,50	4,50	0,0629	<b>110</b>	0,2304	25,34	12,10	8,187
500,00	71,00	5,00	0,0704	<b>102</b>	0,214	21,87	12,20	6,996



Şekil C.2 Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %5F (7 Gün)

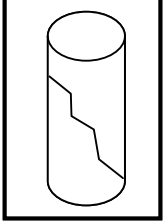
Çizelge C.3 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10F (2 Gün)

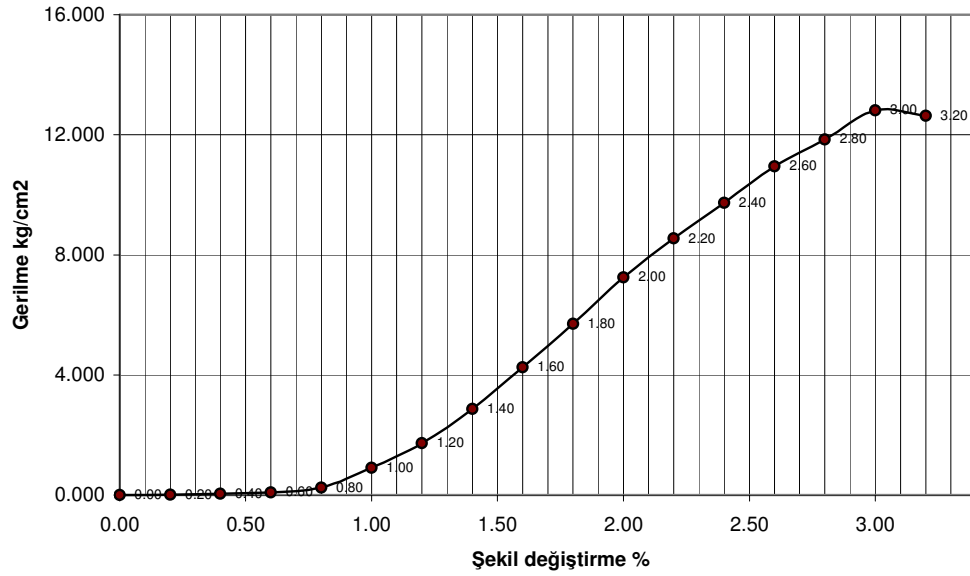
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	<b>38,00</b>						
Numune Boyu	mm	<b>76,00</b>						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,34</b>						
Kırılma Yüğü	kg	<b>38,96</b>						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,70</b>						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	<b>3,33</b>						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	<b>1,67</b>						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm						
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0,000
25,00	75,75	0,25	0,0033	<b>22</b>	0,0544	1,20	11,38	0,294
50,00	75,50	0,50	0,0066	<b>48</b>	0,106	5,11	11,42	0,882
75,00	75,25	0,75	0,0100	<b>67</b>	0,144	9,67	11,46	1,696
100,00	75,00	1,00	0,0133	<b>86</b>	0,182	15,69	11,49	2,666
125,00	74,75	1,25	0,0167	<b>101</b>	0,212	21,45	11,53	3,485
150,00	74,50	1,50	0,0201	<b>111</b>	0,232	25,80	11,57	4,345
175,00	74,25	1,75	0,0236	<b>121</b>	0,2524	30,54	11,61	5,081
200,00	74,00	2,00	0,0270	<b>129</b>	0,268	34,62	11,66	5,570
225,00	73,75	2,25	0,0305	<b>137</b>	0,2844	38,96	11,70	6,003
250,00	73,50	2,50	0,0340	<b>144</b>	0,298	42,97	11,74	6,530
275,00	73,25	2,75	0,0375	<b>152</b>	0,314	47,79	11,82	7,220
300,00	73,00	3,00	0,0411	<b>160</b>	0,33	52,86	11,91	8,026
325,00	72,75	3,25	0,0447	<b>167</b>	0,344	57,51	11,99	8,234
350,00	72,50	3,50	0,0483	<b>172</b>	0,354	60,96	12,08	8,622
375,00	72,25	3,75	0,0519	<b>178</b>	0,366	65,22	12,17	8,741
400,00	72,00	4,00	0,0556	<b>181</b>	0,372	67,40	12,26	8,677
425,00	71,75	4,25	0,0592	<b>183</b>	0,376	68,88	12,35	8,346
450,00	71,50	0,00	0,0629	<b>183</b>	0,376	68,88	12,44	0,000



Şekil C.3 Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %10F (2 Gün)

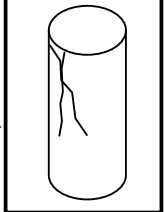
Çizelge C.4 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10F (7 Gün)

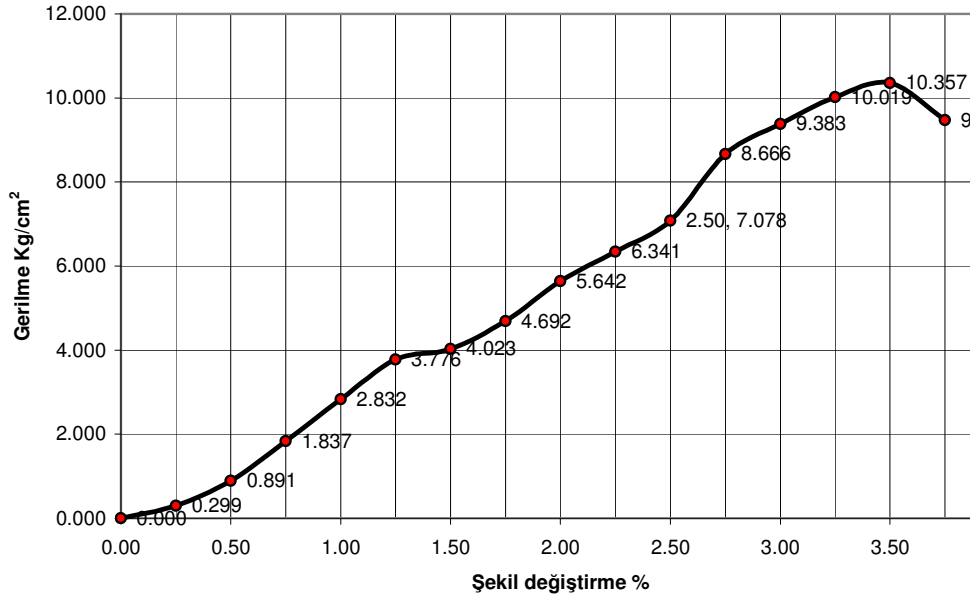
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	38,00						
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	178,31						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,62						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	15,34						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	7,67						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyı mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0,000
20,00	75,80	0,20	0,0026	6	0,0224	0,13	11,37	0,006
40,00	75,60	0,40	0,0053	20	0,05	1,01	11,40	0,037
60,00	75,40	0,60	0,0080	33	0,076	2,52	11,43	0,088
80,00	75,20	0,80	0,0106	58	0,126	7,33	11,46	0,247
100,00	75,00	1,00	0,0133	115	0,24	27,65	11,49	0,908
120,00	74,80	1,20	0,0160	160	0,33	52,86	11,53	1,719
140,00	74,60	1,40	0,0188	208	0,4264	88,69	11,56	2,863
160,00	74,40	1,60	0,0215	255	0,52	132,70	11,59	4,260
180,00	74,20	1,80	0,0243	296	0,6024	178,31	11,62	5,698
200,00	74,00	2,00	0,0270	335	0,68	227,93	11,66	7,254
220,00	73,80	2,20	0,0298	365	0,74	270,25	11,72	8,547
240,00	73,60	2,40	0,0326	391	0,792	309,83	11,79	9,738
260,00	73,40	2,60	0,0354	416	0,842	350,44	11,85	10,948
280,00	73,20	2,80	0,0383	434	0,878	381,23	11,92	11,839
300,00	73,00	3,00	0,0411	453	0,916	415,13	11,99	12,814
320,00	72,80	3,20	0,0440	451	0,912	411,49	12,06	12,630



Şekil C.4 Şekil değıştirme-gerilme grafiği KZ+ %10F (7 Gün)

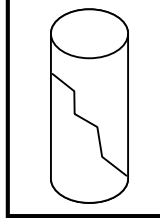
Çizelge C.5 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15F (2 Gün)

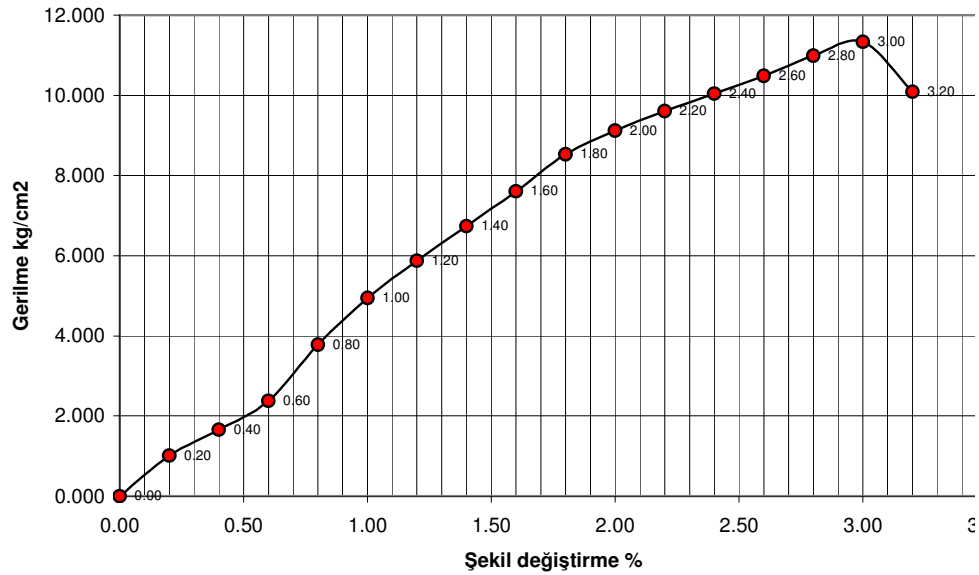
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	38,00	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Tek tarafta küçük bir patlama</div>  </div>					
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	80,47						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,70						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	6,88						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	3,44						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0,000
25,00	75,75	0,20	0,0033	31	0,0724	2,24	11,38	1,013
50,00	75,50	0,40	0,0066	69	0,148	10,24	11,42	1,658
75,00	75,25	0,60	0,0100	116	0,242	28,12	11,46	2,377
100,00	75,00	0,80	0,0133	147	0,304	44,75	11,49	3,783
125,00	74,75	1,00	0,0167	161	0,332	53,52	11,53	4,945
150,00	74,50	1,20	0,0201	179	0,368	65,94	11,57	5,869
175,00	74,25	1,40	0,0236	187	0,3844	71,88	11,61	6,733
200,00	74,00	1,60	0,0270	194	0,398	77,29	11,66	7,604
225,00	73,75	1,80	0,0305	198	0,4064	80,47	11,70	8,525



Şekil C.5 Şekil değişirme-gerilme grafiği KZ+ %15F (2 Gün)

Çizelge C.6 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15F (7 Gün)

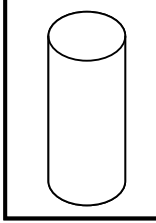
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	38,00						
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	221,23						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,62						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	19,03						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	9,52						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0,000
20,00	75,80	0,20	0,0026	110	0,2304	25,34	11,37	1,013
40,00	75,60	0,40	0,0053	142	0,2944	41,80	11,40	1,658
60,00	75,40	0,60	0,0080	171	0,3524	60,26	11,43	2,377
80,00	75,20	0,80	0,0106	217	0,4444	96,43	11,46	3,783
100,00	75,00	1,00	0,0133	249	0,5084	126,59	11,49	4,945
120,00	74,80	1,20	0,0160	272	0,5544	150,80	11,53	5,869
140,00	74,60	1,40	0,0188	292	0,5944	173,56	11,56	6,733
160,00	74,40	1,60	0,0215	311	0,6324	196,68	11,59	7,604
180,00	74,20	1,80	0,0243	330	0,6704	221,23	11,62	8,525
200,00	74,00	2,00	0,0270	342	0,6944	237,48	11,66	9,123
220,00	73,80	2,20	0,0298	352	0,7144	251,47	11,72	9,605
240,00	73,60	2,40	0,0326	361	0,7324	264,40	11,79	10,041
260,00	73,40	2,60	0,0354	370	0,7504	277,65	11,85	10,484
280,00	73,20	2,80	0,0383	380	0,7704	292,75	11,92	10,990
300,00	73,00	3,00	0,0411	387	0,7844	303,56	11,99	11,330
320,00	72,80	3,20	0,0440	366	0,7424	271,72	12,06	10,087

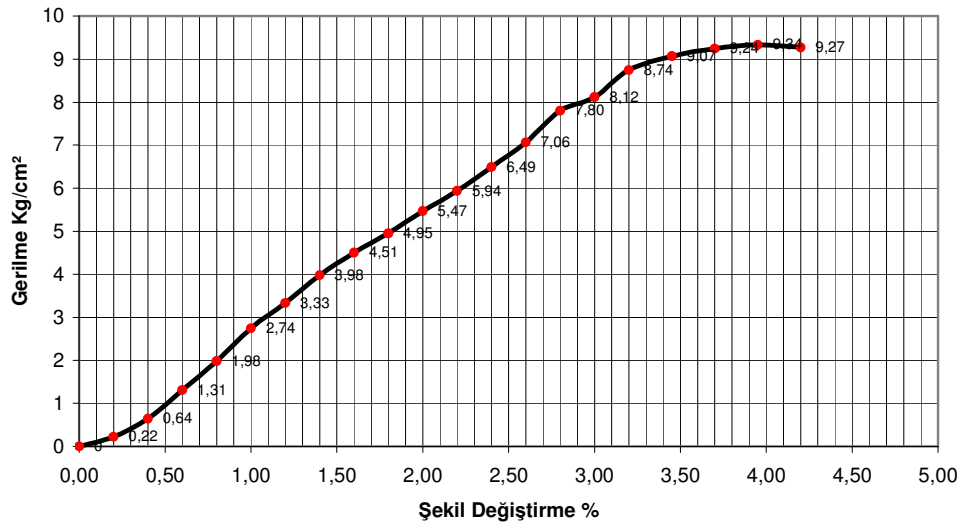


Şekil C.6 Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %15F (7 Gün)



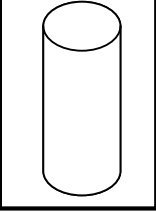
Çizelge C.7 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %5KB (2 Gün)

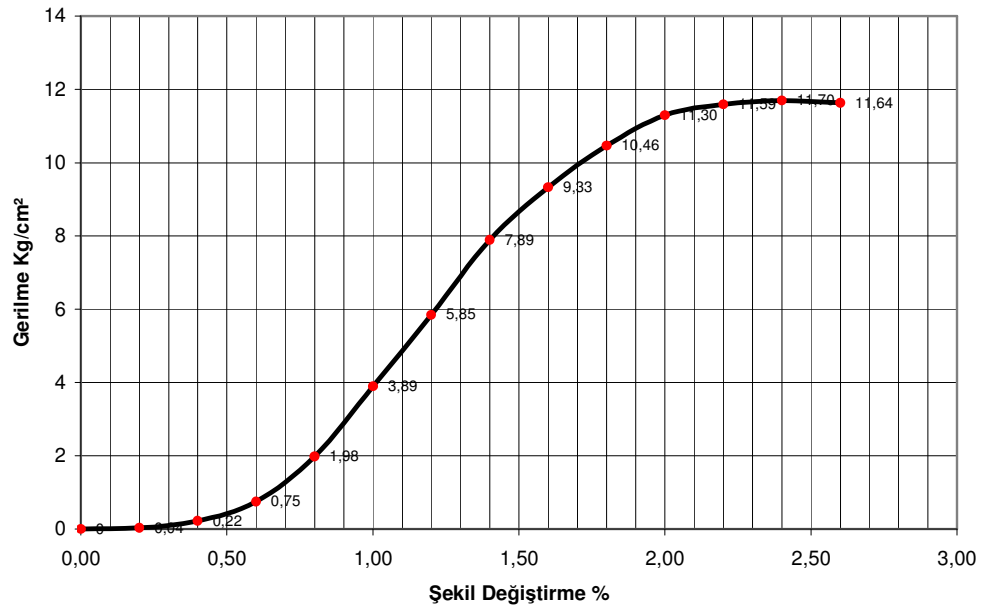
AÇIKLAMA	Birim	Değer	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div>  </div>					
Numune Çapı	mm	38,00						
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	57,51						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,62						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	4,95						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	2,47						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyı mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,20	0,0026	33	0,0764	2,52	11,37	0,22
40,00	75,60	0,40	0,0053	58	0,1264	7,33	11,40	0,64
60,00	75,40	0,60	0,0080	84	0,1784	14,99	11,43	1,31
80,00	75,20	0,80	0,0106	104	0,2184	22,71	11,46	1,98
100,00	75,00	1,00	0,0133	123	0,2564	31,54	11,49	2,74
120,00	74,80	1,20	0,0160	136	0,2824	38,41	11,53	3,33
140,00	74,60	1,40	0,0188	149	0,3084	45,95	11,56	3,98
160,00	74,40	1,60	0,0215	159	0,3284	52,22	11,59	4,51
180,00	74,20	1,80	0,0243	167	0,3444	57,51	11,62	4,95
200,00	74,00	2,00	0,0270	176	0,3624	63,78	11,66	5,47
220,00	73,80	2,20	0,0298	184	0,3784	69,63	11,72	5,94
240,00	73,60	2,40	0,0326	193	0,3964	76,51	11,79	6,49
260,00	73,40	2,60	0,0354	202	0,4144	83,71	11,85	7,06
280,00	73,20	2,80	0,0383	213	0,4364	92,95	11,92	7,80
300,00	73,00	3,00	0,0411	218	0,4464	97,32	11,99	8,12
320,00	72,80	3,20	0,0440	227	0,4644	105,42	12,06	8,74
345,00	72,55	3,45	0,0476	232	0,4744	110,06	12,14	9,07
370,00	72,30	3,70	0,0512	235	0,4804	112,89	12,22	9,24
395,00	72,05	3,95	0,0548	237	0,4844	114,80	12,30	9,34
420,00	71,80	4,20	0,0585	237	0,4844	114,80	12,38	9,27



Şekil C.7 Şekil değişirme-gerilme grafiği KZ+ %5KB (2 Gün)

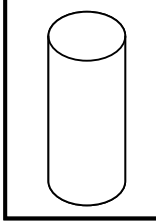
Çizelge C.8 Serbest basınç deney sonuçları KZ + %5KB (7 Gün)

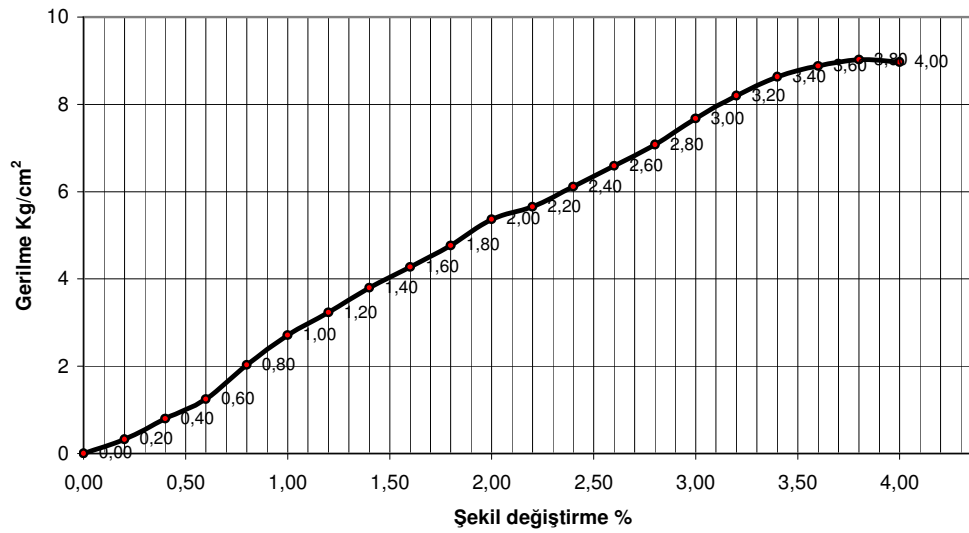
AÇIKLAMA	Birim	Değer	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div>  </div>					
Numune Çapı	mm	38,00						
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	121,61						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,62						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	10,46						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	5,23						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyuu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,20	0,0026	12	0,0344	0,41	11,37	0,04
40,00	75,60	0,40	0,0053	33	0,0764	2,52	11,40	0,22
60,00	75,40	0,60	0,0080	63	0,1364	8,59	11,43	0,75
80,00	75,20	0,80	0,0106	104	0,2184	22,71	11,46	1,98
100,00	75,00	1,00	0,0133	147	0,3044	44,75	11,49	3,89
120,00	74,80	1,20	0,0160	181	0,3724	67,40	11,53	5,85
140,00	74,60	1,40	0,0188	211	0,4324	91,24	11,56	7,89
160,00	74,40	1,60	0,0215	230	0,4704	108,19	11,59	9,33
180,00	74,20	1,80	0,0243	244	0,4984	121,61	11,62	10,46
200,00	74,00	2,00	0,0270	254	0,5184	131,67	11,66	11,30
220,00	73,80	2,20	0,0298	258	0,5264	135,81	11,72	11,59
240,00	73,60	2,40	0,0326	260	0,5304	137,90	11,79	11,70
260,00	73,40	2,60	0,0354	260	0,5304	137,90	11,85	11,64



Şekil C.8 Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %5KB (7 Günü)

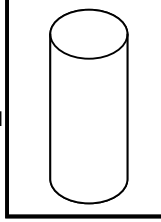
Çizelge C.9 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10KB (2 Gün)

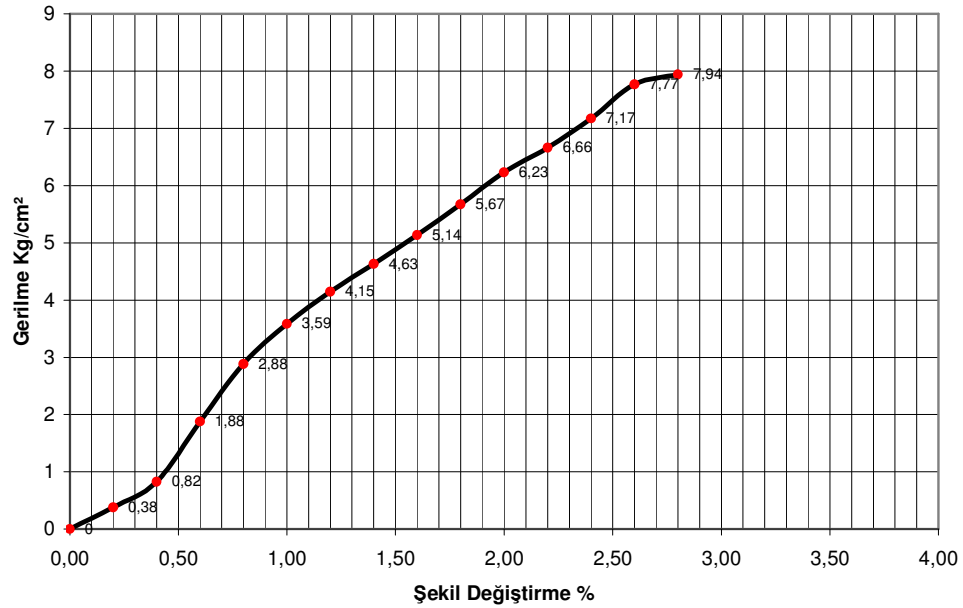
AÇIKLAMA	Birim	Değer	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 20px;">Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</div>  </div>					
Numune Çapı	mm	38,00						
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	33,06						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,62						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	2,84						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	1,42						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0,000
20,00	75,80	0,20	0,0026	31	0,0724	2,24	11,37	0,323
40,00	75,60	0,40	0,0053	50	0,1104	5,52	11,40	0,800
60,00	75,40	0,60	0,0080	63	0,1364	8,59	11,43	1,248
80,00	75,20	0,80	0,0106	81	0,1724	13,96	11,46	2,030
100,00	75,00	1,00	0,0133	94	0,1984	18,65	11,49	2,709
120,00	74,80	1,20	0,0160	103	0,2164	22,29	11,53	3,232
140,00	74,60	1,40	0,0188	112	0,2344	26,25	11,56	3,799
160,00	74,40	1,60	0,0215	119	0,2484	29,56	11,59	4,268
180,00	74,20	1,80	0,0243	126	0,2624	33,06	11,62	4,763
200,00	74,00	2,00	0,0270	134	0,2784	37,31	11,66	5,362
220,00	73,80	2,20	0,0298	138	0,2864	39,52	11,72	5,651
240,00	73,60	2,40	0,0326	144	0,2984	42,97	11,79	6,112
260,00	73,40	2,60	0,0354	150	0,3104	46,56	11,85	6,588
280,00	73,20	2,80	0,0383	156	0,3224	50,29	11,92	7,078
300,00	73,00	3,00	0,0411	163	0,3364	54,83	11,99	7,676
320,00	72,80	3,20	0,0440	169	0,3484	58,88	12,06	8,197
340,00	72,60	3,40	0,0468	174	0,3584	62,36	12,13	8,633
360,00	72,40	3,60	0,0497	177	0,3644	64,50	12,20	8,878
380,00	72,20	3,80	0,0526	179	0,3684	65,94	12,27	9,024
400,00	72,00	4,00	0,0556	179	0,3684	65,94	12,34	8,971



Şekil C.9 Şekil değıştirme-gerilme grafiği KZ+ %10KB (2 Gün)

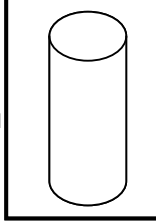
Çizelge C.10 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10KB (7 Gün)

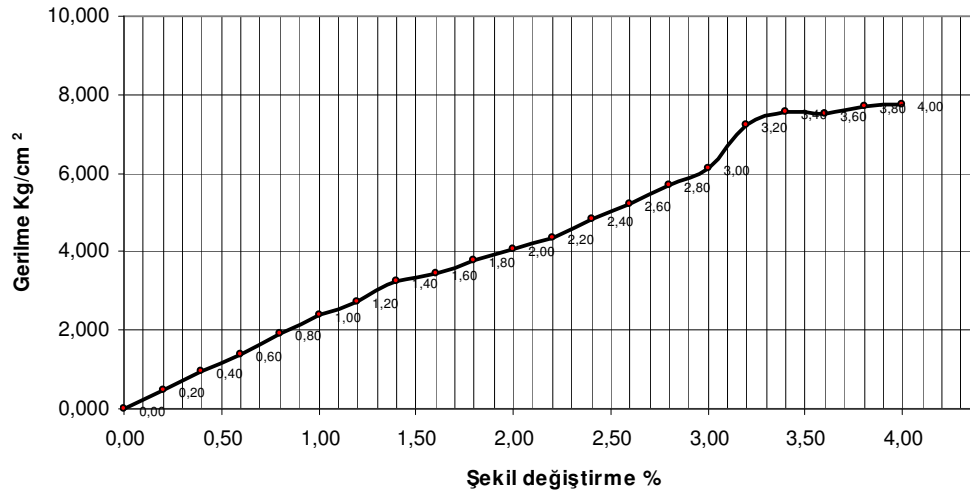
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	<b>38,00</b>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div>  </div>					
Numune Boyu	mm	<b>76,00</b>						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,34</b>						
Kırılma Yüğü	kg	<b>65,94</b>						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,62</b>						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	<b>5,67</b>						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	<b>2,84</b>						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,20	0,0026	<b>44</b>	0,0984	4,33	11,37	0,38
40,00	75,60	0,40	0,0053	<b>66</b>	0,1424	9,40	11,40	0,82
60,00	75,40	0,60	0,0080	<b>101</b>	0,2124	21,45	11,43	1,88
80,00	75,20	0,80	0,0106	<b>126</b>	0,2624	33,06	11,46	2,88
100,00	75,00	1,00	0,0133	<b>141</b>	0,2924	41,23	11,49	3,59
120,00	74,80	1,20	0,0160	<b>152</b>	0,3144	47,79	11,53	4,15
140,00	74,60	1,40	0,0188	<b>161</b>	0,3324	53,52	11,56	4,63
160,00	74,40	1,60	0,0215	<b>170</b>	0,3504	59,57	11,59	5,14
180,00	74,20	1,80	0,0243	<b>179</b>	0,3684	65,94	11,62	5,67
200,00	74,00	2,00	0,0270	<b>188</b>	0,3864	72,64	11,66	6,23
220,00	73,80	2,20	0,0298	<b>195</b>	0,4004	78,08	11,72	6,66
240,00	73,60	2,40	0,0326	<b>203</b>	0,4164	84,53	11,79	7,17
260,00	73,40	2,60	0,0354	<b>212</b>	0,4344	92,09	11,85	7,77
280,00	73,20	2,80	0,0383	<b>215</b>	0,4404	94,69	11,92	7,94



Şekil C.10 Şekil değişirme-gerilme grafiği KZ+ %10KB (7 Gün)

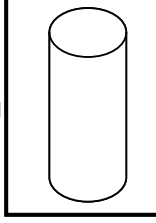
Çizelge C.11 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15KB (2 Gün)

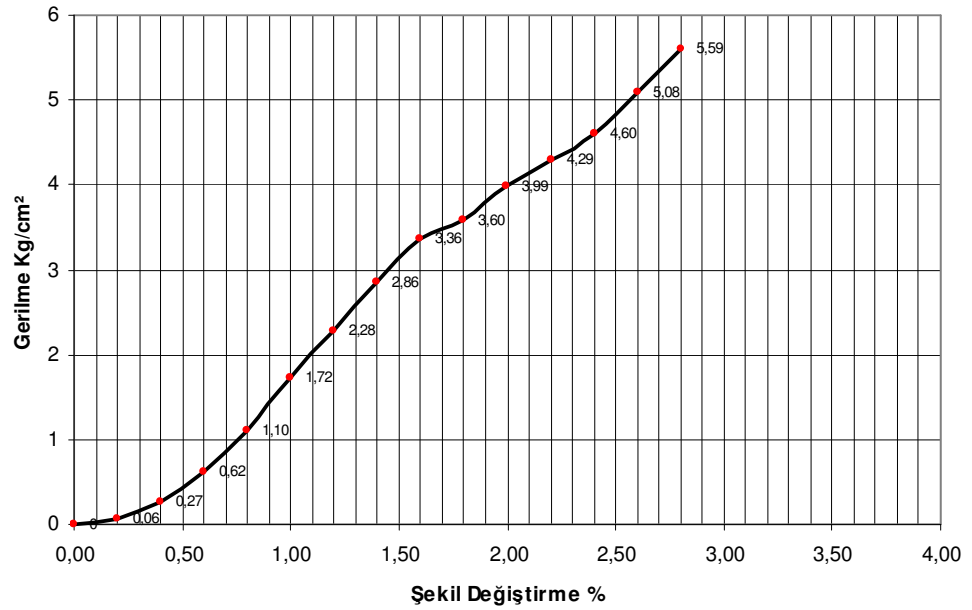
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	<b>38,00</b>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</div>  </div>					
Numune Boyu	mm	<b>76,00</b>						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,34</b>						
Kırılma Yüğü	kg	<b>21,87</b>						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,62</b>						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	<b>1,88</b>						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	<b>0,94</b>						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0,000
20,00	75,80	0,20	0,0026	<b>34</b>	0,0784	2,67	11,37	0,460
40,00	75,60	0,40	0,0053	<b>50</b>	0,1104	5,52	11,40	0,962
60,00	75,40	0,60	0,0080	<b>60</b>	0,1304	7,82	11,43	1,366
80,00	75,20	0,80	0,0106	<b>71</b>	0,1524	10,82	11,46	1,891
100,00	75,00	1,00	0,0133	<b>80</b>	0,1704	13,63	11,49	2,381
120,00	74,80	1,20	0,0160	<b>86</b>	0,1824	15,69	11,53	2,735
140,00	74,60	1,40	0,0188	<b>94</b>	0,1984	18,65	11,56	3,248
160,00	74,40	1,60	0,0215	<b>97</b>	0,2044	19,83	11,59	3,445
180,00	74,20	1,80	0,0243	<b>102</b>	0,2144	21,87	11,62	3,791
200,00	74,00	2,00	0,0270	<b>106</b>	0,2224	23,57	11,66	4,078
220,00	73,80	2,20	0,0298	<b>110</b>	0,2304	25,34	11,72	4,362
240,00	73,60	2,40	0,0326	<b>116</b>	0,2424	28,12	11,79	4,816
260,00	73,40	2,60	0,0354	<b>121</b>	0,2524	30,54	11,85	5,204
280,00	73,20	2,80	0,0383	<b>127</b>	0,2644	33,58	11,92	5,693
300,00	73,00	3,00	0,0411	<b>132</b>	0,2744	36,22	11,99	6,109
320,00	72,80	3,20	0,0440	<b>144</b>	0,2984	42,97	12,06	7,212
340,00	72,60	3,40	0,0468	<b>148</b>	0,3064	45,35	12,13	7,569
360,00	72,40	3,60	0,0497	<b>148</b>	0,3064	45,35	12,20	7,525
380,00	72,20	3,80	0,0526	<b>150</b>	0,3104	46,56	12,27	7,682
400,00	72,00	4,00	0,0556	<b>151</b>	0,3124	47,17	12,34	7,738



Şekil C.11 Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %15KB (2 Gün)

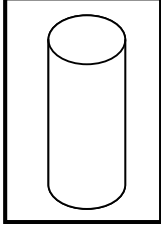
Çizelge C.12 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15KB (7 Gün)

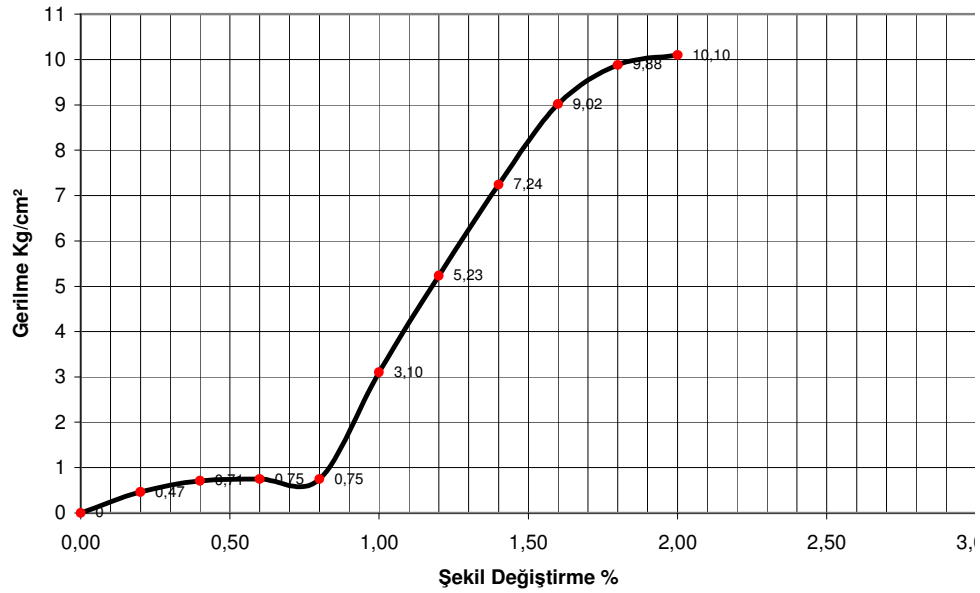
AÇIKLAMA	Birim	Değer	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div> <div style="flex: 1; border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  </div> </div>					
Numune Çapı	mm	38,00						
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	41,80						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,62						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	3,60						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	1,80						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyı mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,20	0,0026	16	0,0424	0,68	11,37	0,06
40,00	75,60	0,40	0,0053	37	0,0844	3,12	11,40	0,27
60,00	75,40	0,60	0,0080	57	0,1244	7,09	11,43	0,62
80,00	75,20	0,80	0,0106	77	0,1644	12,66	11,46	1,10
100,00	75,00	1,00	0,0133	97	0,2044	19,83	11,49	1,72
120,00	74,80	1,20	0,0160	112	0,2344	26,25	11,53	2,28
140,00	74,60	1,40	0,0188	126	0,2624	33,06	11,56	2,86
160,00	74,40	1,60	0,0215	137	0,2844	38,96	11,59	3,36
180,00	74,20	1,80	0,0243	142	0,2944	41,80	11,62	3,60
200,00	74,00	2,00	0,0270	150	0,3104	46,56	11,66	3,99
220,00	73,80	2,20	0,0298	156	0,3224	50,29	11,72	4,29
240,00	73,60	2,40	0,0326	162	0,3344	54,17	11,79	4,60
260,00	73,40	2,60	0,0354	171	0,3524	60,26	11,85	5,08
280,00	73,20	2,80	0,0383	180	0,3704	66,67	11,92	5,59



Şekil C.12 Şekil değişirme-gerilme grafiği KZ+ %15KB (7 Gün)

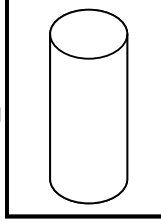
Çizelge C.13 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %5SB (2 Gün)

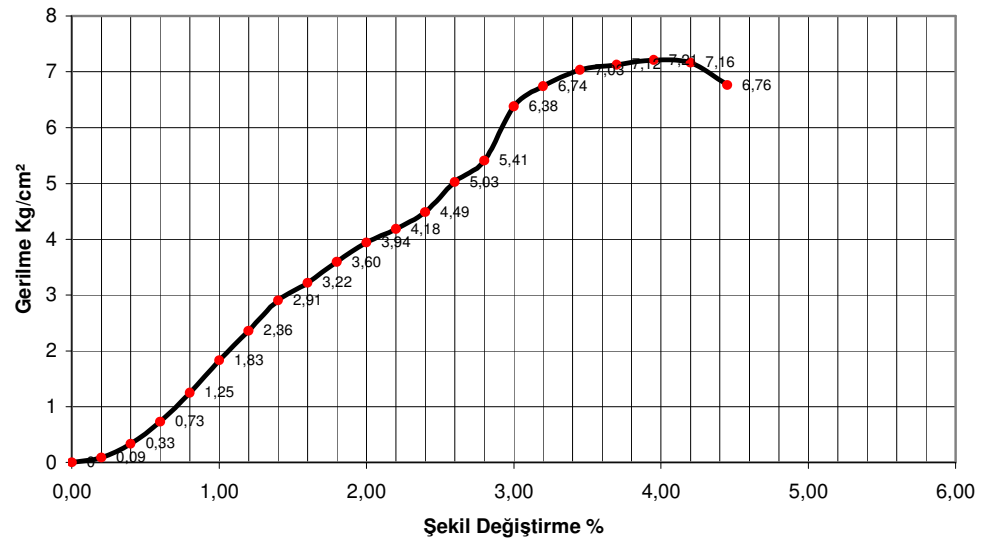
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	<b>38,00</b>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div>  </div>					
Numune Boyu	mm	<b>76,00</b>						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,34</b>						
Kırılma Yüğü	kg	<b>114,80</b>						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,62</b>						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	<b>9,88</b>						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	<b>4,94</b>						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,20	0,0026	<b>49</b>	0,1084	5,31	11,37	0,47
40,00	75,60	0,40	0,0053	<b>61</b>	0,1324	8,08	11,40	0,71
60,00	75,40	0,60	0,0080	<b>63</b>	0,1364	8,59	11,43	0,75
80,00	75,20	0,80	0,0106	<b>63</b>	0,1364	8,59	11,46	0,75
100,00	75,00	1,00	0,0133	<b>131</b>	0,2724	35,68	11,49	3,10
120,00	74,80	1,20	0,0160	<b>171</b>	0,3524	60,26	11,53	5,23
140,00	74,60	1,40	0,0188	<b>202</b>	0,4144	83,71	11,56	7,24
160,00	74,40	1,60	0,0215	<b>226</b>	0,4624	104,50	11,59	9,02
180,00	74,20	1,80	0,0243	<b>237</b>	0,4844	114,80	11,62	9,88
200,00	74,00	2,00	0,0270	<b>240</b>	0,4904	117,70	11,66	10,10



Şekil C.13 Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %5SB (2 Gün)

Çizelge C.14 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %5SB (7 Gün)

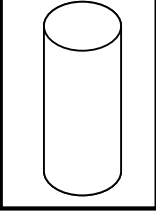
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	38,00	<p>Şişme var, yüzeysel çatlak yok, içsel kırılma</p> 					
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yükü	kg	41,80						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,62						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	3,60						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	1,80						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,20	0,0026	20	0,0504	1,01	11,37	0,09
40,00	75,60	0,40	0,0053	41	0,0924	3,79	11,40	0,33
60,00	75,40	0,60	0,0080	62	0,1344	8,33	11,43	0,73
80,00	75,20	0,80	0,0106	82	0,1744	14,30	11,46	1,25
100,00	75,00	1,00	0,0133	100	0,2104	21,04	11,49	1,83
120,00	74,80	1,20	0,0160	114	0,2384	27,18	11,53	2,36
140,00	74,60	1,40	0,0188	127	0,2644	33,58	11,56	2,91
160,00	74,40	1,60	0,0215	134	0,2784	37,31	11,59	3,22
180,00	74,20	1,80	0,0243	142	0,2944	41,80	11,62	3,60
200,00	74,00	2,00	0,0270	149	0,3084	45,95	11,66	3,94
220,00	73,80	2,20	0,0298	154	0,3184	49,03	11,72	4,18
240,00	73,60	2,40	0,0326	160	0,3304	52,86	11,79	4,49
260,00	73,40	2,60	0,0354	170	0,3504	59,57	11,85	5,03
280,00	73,20	2,80	0,0383	177	0,3644	64,50	11,92	5,41
300,00	73,00	3,00	0,0411	193	0,3964	76,51	11,99	6,38
320,00	72,80	3,20	0,0440	199	0,4084	81,27	12,06	6,74

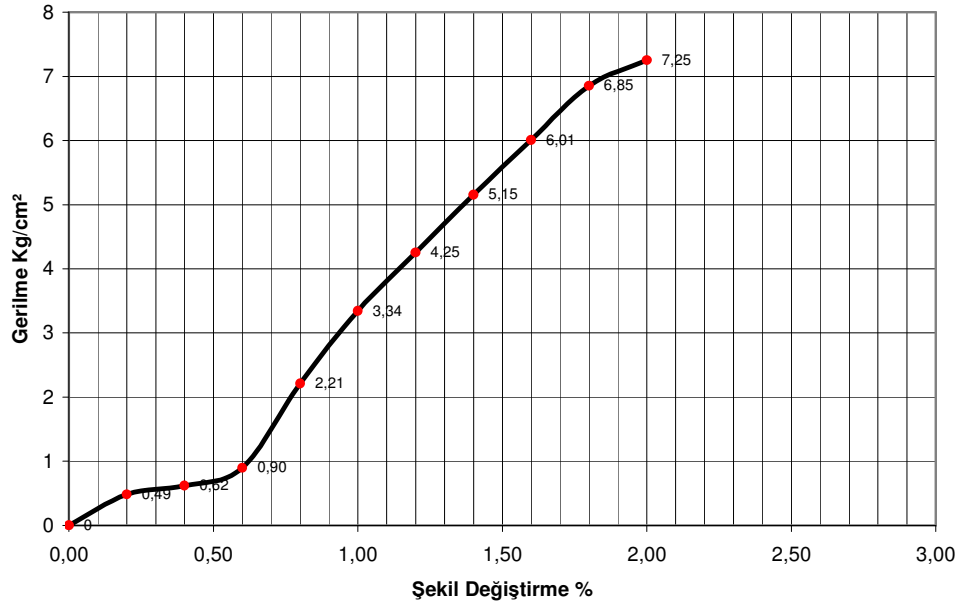


Şekil C.14 Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %5SB (7 Gün)



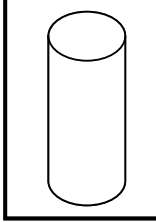
Çizelge C.15 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15B (2 Gün)

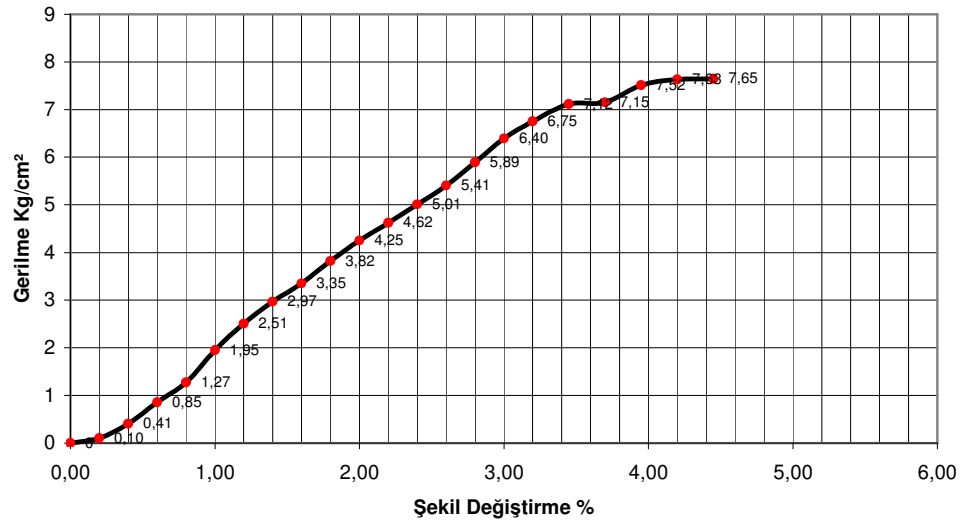
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	38,00	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 20px;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div>  </div>					
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	84,53						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,66						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	7,25						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	3,63						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,20	0,0026	50	0,1104	5,52	11,37	0,49
40,00	75,60	0,40	0,0053	57	0,1244	7,09	11,40	0,62
60,00	75,40	0,60	0,0080	69	0,1484	10,24	11,43	0,90
80,00	75,20	0,80	0,0106	110	0,2304	25,34	11,46	2,21
100,00	75,00	1,00	0,0133	136	0,2824	38,41	11,49	3,34
120,00	74,80	1,20	0,0160	154	0,3184	49,03	11,53	4,25
140,00	74,60	1,40	0,0188	170	0,3504	59,57	11,56	5,15
160,00	74,40	1,60	0,0215	184	0,3784	69,63	11,59	6,01
180,00	74,20	1,80	0,0243	197	0,4044	79,67	11,62	6,85
200,00	74,00	2,00	0,0270	203	0,4164	84,53	11,66	7,25



Şekil C.15 Şekil değişirme-gerilme grafiği KZ+ %15B (2 Gün)

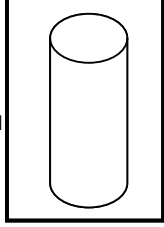
Çizelge C.16 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10SB (7 Gün)

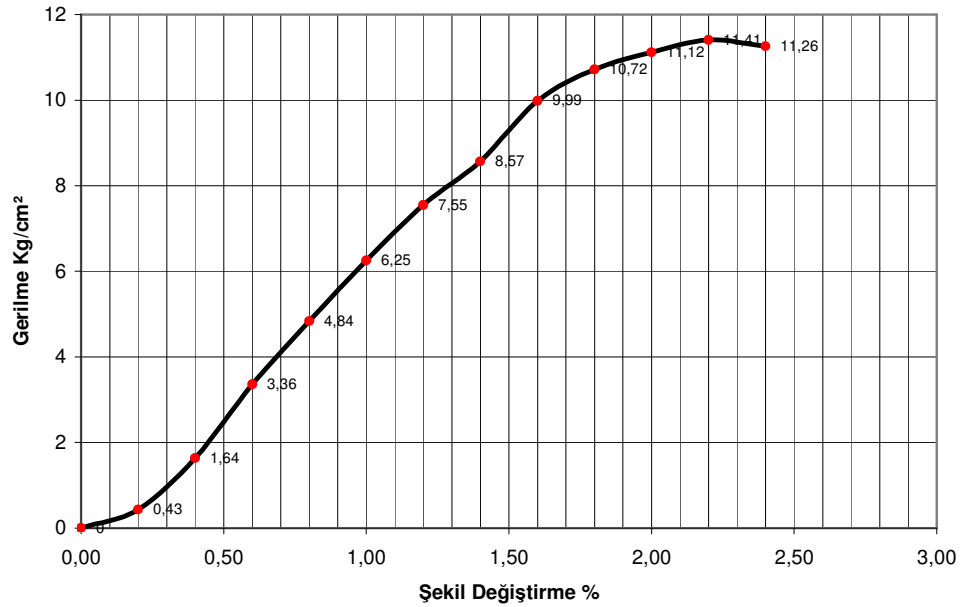
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	<b>38,00</b>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>Şişme var, yüzeysel çatlak yok, içsel kırılma</p> </div>  </div>					
Numune Boyu	mm	<b>76,00</b>						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,34</b>						
Kırılma Yüğü	kg	<b>44,39</b>						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,62</b>						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	<b>3,82</b>						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	<b>1,91</b>						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyı mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,20	0,0026	<b>21,6</b>	0,0536	1,16	11,37	0,10
40,00	75,60	0,40	0,0053	<b>45,6</b>	0,1016	4,63	11,40	0,41
60,00	75,40	0,60	0,0080	<b>67,2</b>	0,1448	9,73	11,43	0,85
80,00	75,20	0,80	0,0106	<b>82,8</b>	0,176	14,57	11,46	1,27
100,00	75,00	1,00	0,0133	<b>103,2</b>	0,2168	22,37	11,49	1,95
120,00	74,80	1,20	0,0160	<b>117,6</b>	0,2456	28,88	11,53	2,51
140,00	74,60	1,40	0,0188	<b>128,4</b>	0,2672	34,31	11,56	2,97
160,00	74,40	1,60	0,0215	<b>136,8</b>	0,284	38,85	11,59	3,35
180,00	74,20	1,80	0,0243	<b>146,4</b>	0,3032	44,39	11,62	3,82
200,00	74,00	2,00	0,0270	<b>154,8</b>	0,32	49,54	11,66	4,25
220,00	73,80	2,20	0,0298	<b>162</b>	0,3344	54,17	11,72	4,62
240,00	73,60	2,40	0,0326	<b>169,2</b>	0,3488	59,02	11,79	5,01
260,00	73,40	2,60	0,0354	<b>176,4</b>	0,3632	64,07	11,85	5,41
280,00	73,20	2,80	0,0383	<b>184,8</b>	0,38	70,22	11,92	5,89
300,00	73,00	3,00	0,0411	<b>193,2</b>	0,3968	76,66	11,99	6,40
320,00	72,80	3,20	0,0440	<b>199,2</b>	0,4088	81,43	12,06	6,75



Şekil C.16 Şekil değışirme-gerilme grafiği KZ+ %10SB (7 Gün)

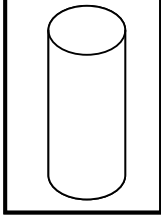
Çizelge C.17 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10B (2 Gün)

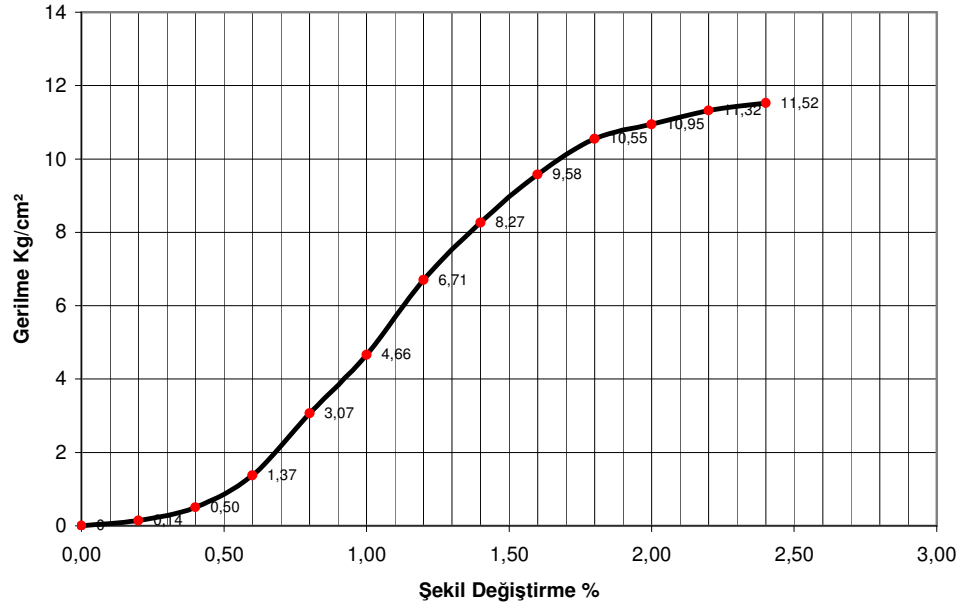
AÇIKLAMA	Birim	Değer	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div>  </div>					
Numune Çapı	mm	38,00						
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	124,59						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,62						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	10,72						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	5,36						
Deformasyon 0,002mm.	Numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,20	0,0026	47	0,1044	4,91	11,37	0,43
40,00	75,60	0,40	0,0053	94	0,1984	18,65	11,40	1,64
60,00	75,40	0,60	0,0080	136	0,2824	38,41	11,43	3,36
80,00	75,20	0,80	0,0106	164	0,3384	55,50	11,46	4,84
100,00	75,00	1,00	0,0133	187	0,3844	71,88	11,49	6,25
120,00	74,80	1,20	0,0160	206	0,4224	87,01	11,53	7,55
140,00	74,60	1,40	0,0188	220	0,4504	99,09	11,56	8,57
160,00	74,40	1,60	0,0215	238	0,4864	115,76	11,59	9,99
180,00	74,20	1,80	0,0243	247	0,5044	124,59	11,62	10,72
200,00	74,00	2,00	0,0270	252	0,5144	129,63	11,66	11,12
220,00	73,80	2,20	0,0298	256	0,5224	133,73	11,72	11,41
240,00	73,60	2,40	0,0326	255	0,5204	132,70	11,79	11,26



Şekil C.17 Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %10SB (2 Gün)

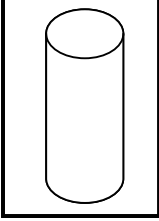
Çizelge C.18 Serbest basınç deney sonuçları KZ + %15SB (7 Gün)

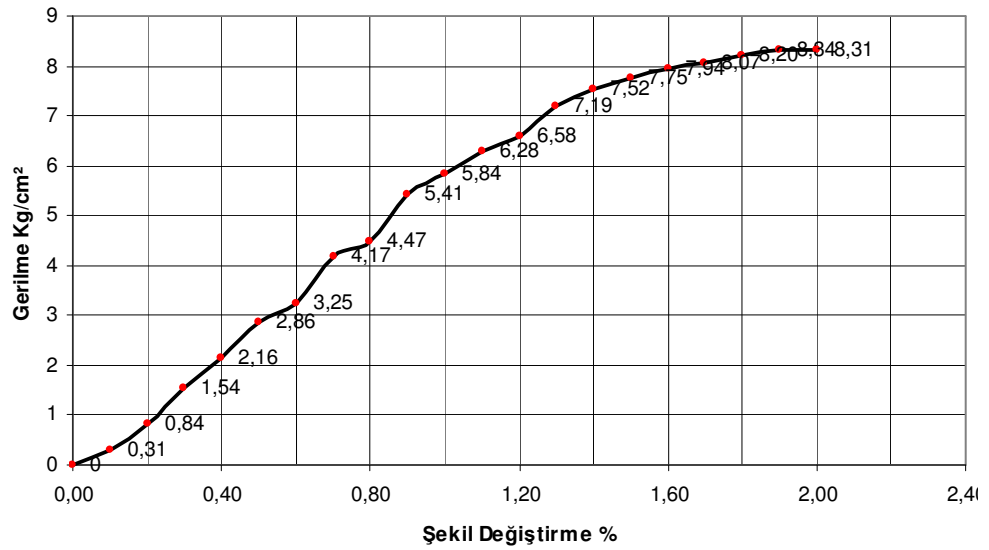
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	38,00	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div>  </div>					
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	122,60						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,62						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	10,55						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	5,27						
Deformasyon 0,002mm.	Numune Boyı mm.	Boy Kısalması mm						
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,20	0,0026	26	0,0624	1,62	11,37	0,14
40,00	75,60	0,40	0,0053	51	0,1124	5,73	11,40	0,50
60,00	75,40	0,60	0,0080	86	0,1824	15,69	11,43	1,37
80,00	75,20	0,80	0,0106	130	0,2704	35,15	11,46	3,07
100,00	75,00	1,00	0,0133	161	0,3324	53,52	11,49	4,66
120,00	74,80	1,20	0,0160	194	0,3984	77,29	11,53	6,71
140,00	74,60	1,40	0,0188	216	0,4424	95,56	11,56	8,27
160,00	74,40	1,60	0,0215	233	0,4764	111,00	11,59	9,58
180,00	74,20	1,80	0,0243	245	0,5004	122,60	11,62	10,55
200,00	74,00	2,00	0,0270	250	0,5104	127,60	11,66	10,95
220,00	73,80	2,20	0,0298	255	0,5204	132,70	11,72	11,32
240,00	73,60	2,40	0,0326	258	0,5264	135,81	11,79	11,52



Şekil C.18 Şekil değişirme-gerilme grafiği KZ + %15SB (7 Gün)

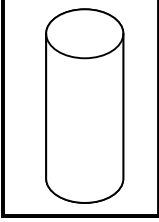
Çizelge C.19 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %5 D (2 Gün)

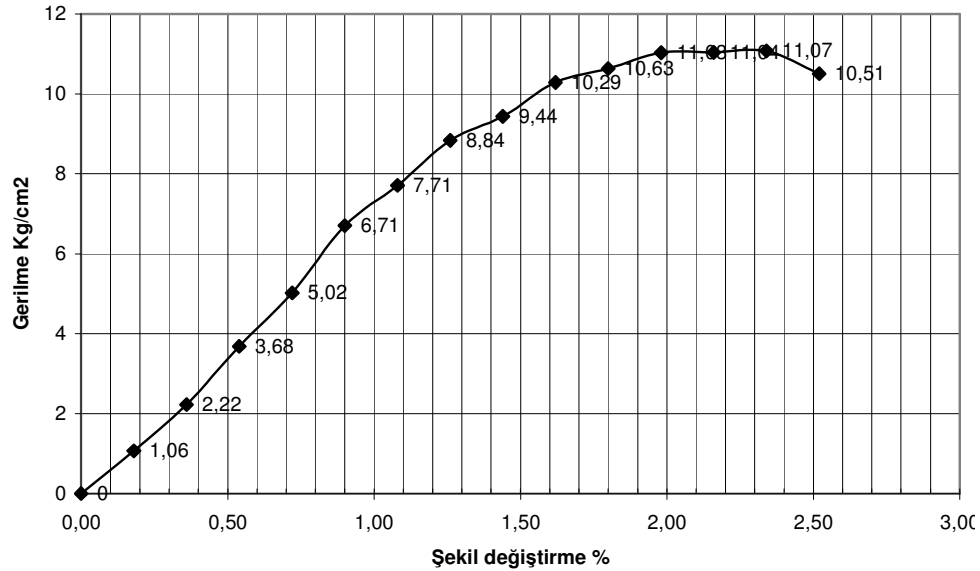
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	38,00	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div>  </div>					
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	62,08						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,48						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	5,41						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	2,70						
Deformasyon 0,002mm.	Numune Boyuu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,10	0,0013	39,2	0,0888	3,48	11,36	0,31
40,00	75,60	0,20	0,0026	66,5	0,1434	9,54	11,37	0,84
60,00	75,40	0,30	0,0040	91	0,1924	17,51	11,39	1,54
80,00	75,20	0,40	0,0053	108,5	0,2274	24,67	11,40	2,16
100,00	75,00	0,50	0,0067	125,3	0,261	32,70	11,42	2,86
120,00	74,80	0,60	0,0080	133,7	0,2778	37,14	11,43	3,25
140,00	74,60	0,70	0,0094	151,9	0,3142	47,73	11,45	4,17
160,00	74,40	0,80	0,0108	157,5	0,3254	51,25	11,46	4,47
180,00	74,20	0,90	0,0121	173,6	0,3576	62,08	11,48	5,41
200,00	74,00	1,00	0,0135	180,6	0,3716	67,11	11,50	5,84
220,00	73,80	1,10	0,0149	187,6	0,3856	72,34	11,53	6,28
240,00	73,60	1,20	0,0163	192,5	0,3954	76,11	11,56	6,58
260,00	73,40	1,30	0,0177	201,6	0,4136	83,38	11,59	7,19
280,00	73,20	1,40	0,0191	206,5	0,4234	87,43	11,62	7,52
300,00	73,00	1,50	0,0205	210	0,4304	90,38	11,66	7,75
320,00	72,80	1,60	0,0220	212,8	0,436	92,78	11,69	7,94
340,00	72,60	1,70	0,0234	214,9	0,4402	94,60	11,72	8,07
360,00	72,40	1,80	0,0249	217	0,4444	96,43	11,76	8,20
380,00	72,20	1,90	0,0263	219,1	0,4486	98,29	11,79	8,34
400,00	72,00	2,00	0,0278	219,1	0,4486	98,29	11,82	8,31



Şekil C.19 Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ + %5 D (2 Gün)

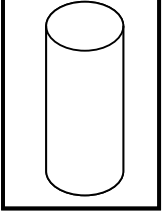
Çizelge C.20 Serbest basınç deney sonuçları KZ + %5 D (7 Gün)

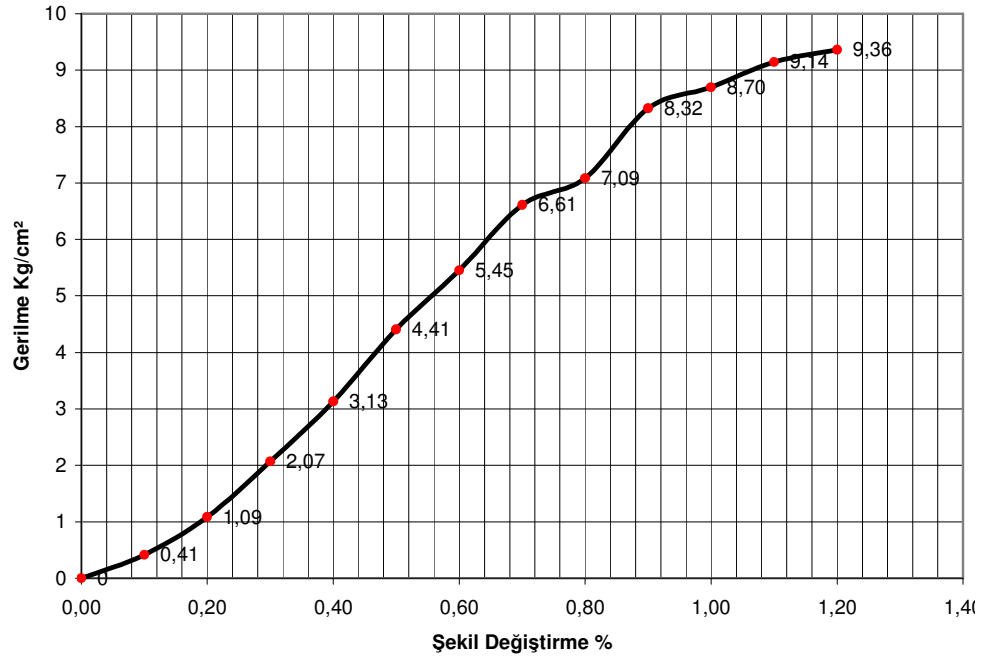
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	38,00	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div>  </div>					
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	119,25						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,59						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	10,29						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	5,14						
Deformasyon 0,002mm.	Numune Boyü mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,18	0,0024	75,2	0,1608	12,09	11,37	1,06
40,00	75,60	0,36	0,0048	110	0,2304	25,34	11,40	2,22
60,00	75,40	0,54	0,0072	142,4	0,2952	42,04	11,42	3,68
80,00	75,20	0,72	0,0096	167	0,3444	57,51	11,45	5,02
100,00	75,00	0,90	0,0120	193,6	0,3976	76,98	11,48	6,71
120,00	74,80	1,08	0,0144	208	0,4264	88,69	11,51	7,71
140,00	74,60	1,26	0,0169	223,2	0,4568	101,96	11,54	8,84
160,00	74,40	1,44	0,0194	231	0,4724	109,12	11,56	9,44
180,00	74,20	1,62	0,0218	241,6	0,4936	119,25	11,59	10,29
200,00	74,00	1,80	0,0243	246	0,5024	123,59	11,62	10,63
220,00	73,80	1,98	0,0268	251,2	0,5128	128,82	11,68	11,03
240,00	73,60	2,16	0,0293	252	0,5144	129,63	11,74	11,04
260,00	73,40	2,34	0,0319	253	0,5164	130,65	11,80	11,07
280,00	73,20	2,52	0,0344	247	0,5044	124,59	11,86	10,51



Şekil C.20 Şekil değıştirme-gerilme grafiği KZ + %5 D (7 Gün)

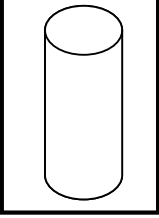
Çizelge C.21 Serbest basınç deney sonuçları KZ + %10 D (2 Gün)

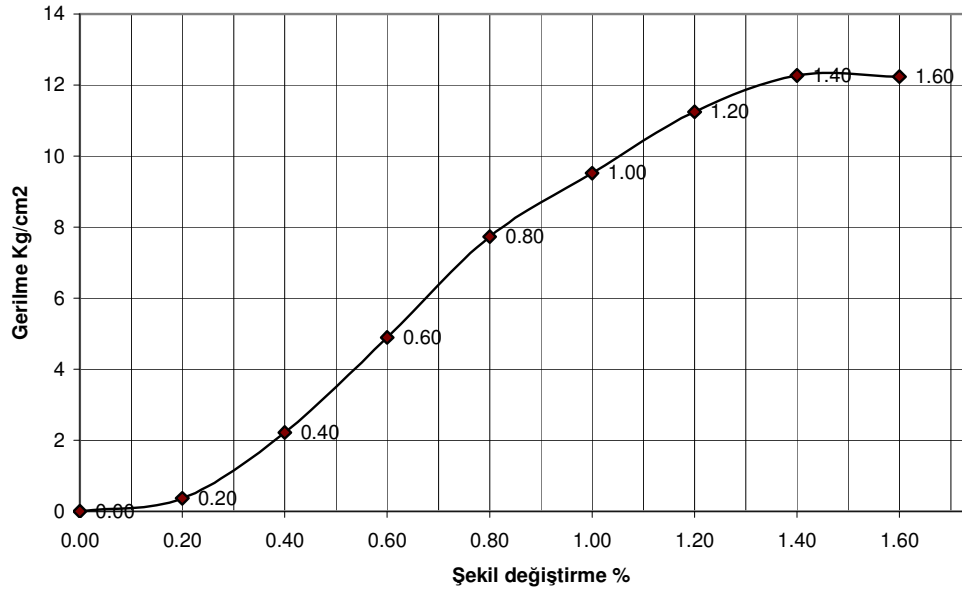
AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	<b>38,00</b>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div>  </div>					
Numune Boyu	mm	<b>76,00</b>						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,34</b>						
Kırılma Yüğü	kg	<b>95,56</b>						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,48</b>						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	<b>8,32</b>						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	<b>4,16</b>						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyı mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,10	0,0013	<b>46</b>	0,1024	4,71	11,36	0,41
40,00	75,60	0,20	0,0026	<b>76</b>	0,1624	12,34	11,37	1,09
60,00	75,40	0,30	0,0040	<b>106</b>	0,2224	23,57	11,39	2,07
80,00	75,20	0,40	0,0053	<b>131</b>	0,2724	35,68	11,40	3,13
100,00	75,00	0,50	0,0067	<b>156</b>	0,3224	50,29	11,42	4,41
120,00	74,80	0,60	0,0080	<b>174</b>	0,3584	62,36	11,43	5,45
140,00	74,60	0,70	0,0094	<b>192</b>	0,3944	75,72	11,45	6,61
160,00	74,40	0,80	0,0108	<b>199</b>	0,4084	81,27	11,46	7,09
180,00	74,20	0,90	0,0121	<b>216</b>	0,4424	95,56	11,48	8,32
200,00	74,00	1,00	0,0135	<b>221</b>	0,4524	99,98	11,50	8,70
220,00	73,80	1,10	0,0149	<b>227</b>	0,4644	105,42	11,53	9,14
240,00	73,60	1,20	0,0163	<b>230</b>	0,4704	108,19	11,56	9,36



Şekil C.21 Şekil değışirme-gerilme grafiği KZ+ %10 D (2 Gün)

Çizelge C.22 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %10 D (7 Gün)

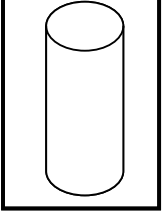
AÇIKLAMA	Birim	Değer	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div> <div style="flex: 1; border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  </div> </div>					
Numune Çapı	mm	38,00						
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	119,25						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,59						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	10,29						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	5,14						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,20	0,0026	43,2	0,0968	4,18	11,37	0,37
40,00	75,60	0,40	0,0053	109,8	0,23	25,25	11,40	2,21
60,00	75,40	0,60	0,0080	164,7	0,3398	55,97	11,43	4,90
80,00	75,20	0,80	0,0106	207,9	0,4262	88,61	11,46	7,73
100,00	75,00	1,00	0,0133	231,3	0,473	109,40	11,49	9,52
120,00	74,80	1,20	0,0160	252,0	0,5144	129,63	11,53	11,25
140,00	74,60	1,40	0,0188	263,7	0,5378	141,82	11,56	12,27
160,00	74,40	1,60	0,0215	263,7	0,5378	141,82	11,59	12,24

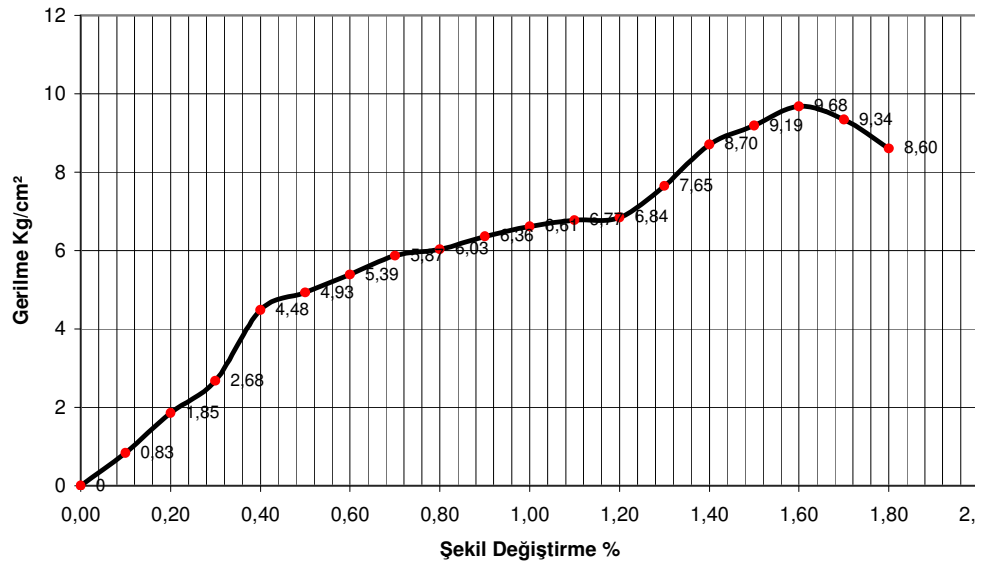


Şekil C.22 Şekil değişirme-gerilme grafiği KZ+ %10 D (7 Gün)



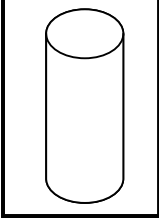
Çizelge C.23 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15 D (2 Gün)

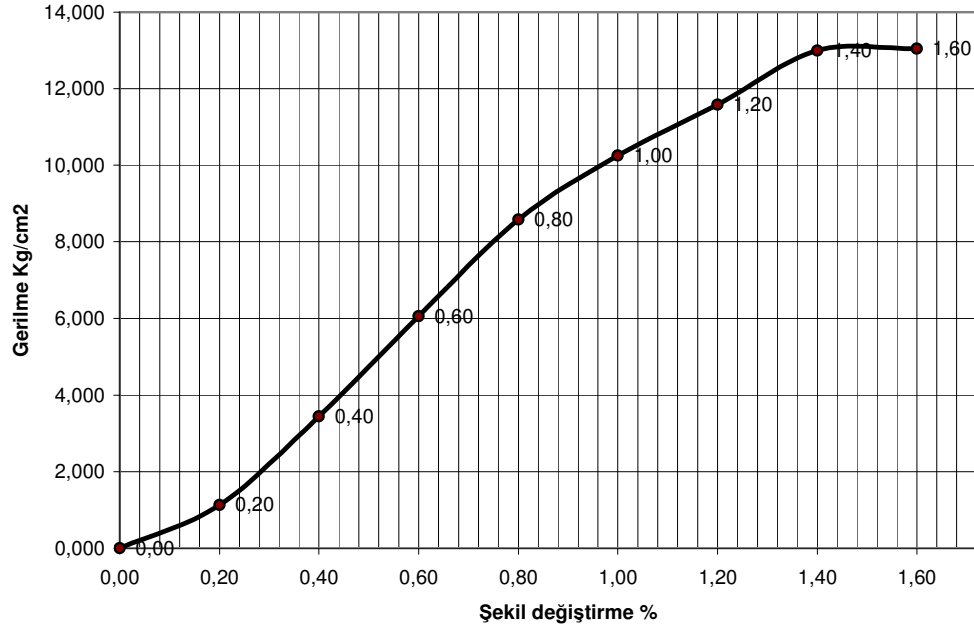
AÇIKLAMA	Birim	Değer	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div> <div style="flex: 1;">  </div> </div>					
Numune Çapı	mm	<b>38,00</b>						
Numune Boyu	mm	<b>76,00</b>						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,34</b>						
Kırılma Yüğü	kg	<b>73,02</b>						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	<b>11,48</b>						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	<b>9,68</b>						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	<b>4,84</b>						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyu mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	<b>0,0</b>	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,10	0,0013	<b>66,3</b>	0,1430	9,48	11,36	0,83
40,00	75,60	0,20	0,0026	<b>100,1</b>	0,2106	21,08	11,37	1,85
60,00	75,40	0,30	0,0040	<b>120,9</b>	0,2522	30,49	11,39	2,68
80,00	75,20	0,40	0,0053	<b>157,3</b>	0,325	51,12	11,40	4,48
100,00	75,00	0,50	0,0067	<b>165,1</b>	0,3406	56,23	11,42	4,93
120,00	74,80	0,60	0,0080	<b>172,9</b>	0,3562	61,59	11,43	5,39
140,00	74,60	0,70	0,0094	<b>180,7</b>	0,3718	67,18	11,45	5,87
160,00	74,40	0,80	0,0108	<b>183,3</b>	0,377	69,10	11,46	6,03
180,00	74,20	0,90	0,0121	<b>188,5</b>	0,3874	73,02	11,48	6,36
200,00	74,00	1,00	0,0135	<b>192,4</b>	0,3952	76,04	11,50	6,61
220,00	73,80	1,10	0,0149	<b>195,0</b>	0,4004	78,08	11,53	6,77
240,00	73,60	1,20	0,0163	<b>196,3</b>	0,403	79,11	11,56	6,84
260,00	73,40	1,30	0,0177	<b>208,0</b>	0,4264	88,69	11,59	7,65
280,00	73,20	1,40	0,0191	<b>222,3</b>	0,455	101,15	11,62	8,70
300,00	73,00	1,50	0,0205	<b>228,8</b>	0,468	107,08	11,66	9,19
320,00	72,80	1,60	0,0220	<b>235,3</b>	0,481	113,18	11,69	9,68
340,00	72,60	1,70	0,0234	<b>231,4</b>	0,4732	109,50	11,72	9,34
360,00	72,40	1,80	0,0249	<b>222,3</b>	0,455	101,15	11,76	8,60



Şekil C.23 Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %15 D (2 Gün)

Çizelge C.24 Serbest basınç deney sonuçları KZ+ %15 D (7 Gün)

AÇIKLAMA	Birim	Değer						
Numune Çapı	mm	38,00	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>Şişme var, yüzeysel düşey çatlaklar var, içsel kırılma</p> </div>  </div>					
Numune Boyu	mm	76,00						
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34						
Kırılma Yüğü	kg	0,00						
Numune Kırılma Alanı	cm <sup>2</sup>	11,62						
Ser. Bas.Mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>	13,04						
Kohezyon	kg/cm <sup>2</sup>	6,52						
Deformasyon 0,002mm.	numune Boyı mm.	Boy Kısalması mm	e=h/ho	Yük Saati Okuması / 100	Yük Katsayısı	Yük Kg.	Numune alanı cm <sup>2</sup>	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	76,00	0,00	0	0	0	0,00	11,34	0
20,00	75,80	0,20	0,0026	77,43	0,1653	12,80	11,37	1,13
40,00	75,60	0,40	0,0053	137,46	0,28532	39,22	11,40	3,44
60,00	75,40	0,60	0,0080	183,57	0,37754	69,31	11,43	6,06
80,00	75,20	0,80	0,0106	219,24	0,44888	98,41	11,46	8,59
100,00	75,00	1,00	0,0133	240,12	0,49064	117,81	11,49	10,25
120,00	74,80	1,20	0,0160	255,78	0,52196	133,51	11,53	11,58
140,00	74,60	1,40	0,0188	271,44	0,5533	150,18	11,56	12,99
160,00	74,40	1,60	0,0215	272,31	0,55502	151,14	11,59	13,04

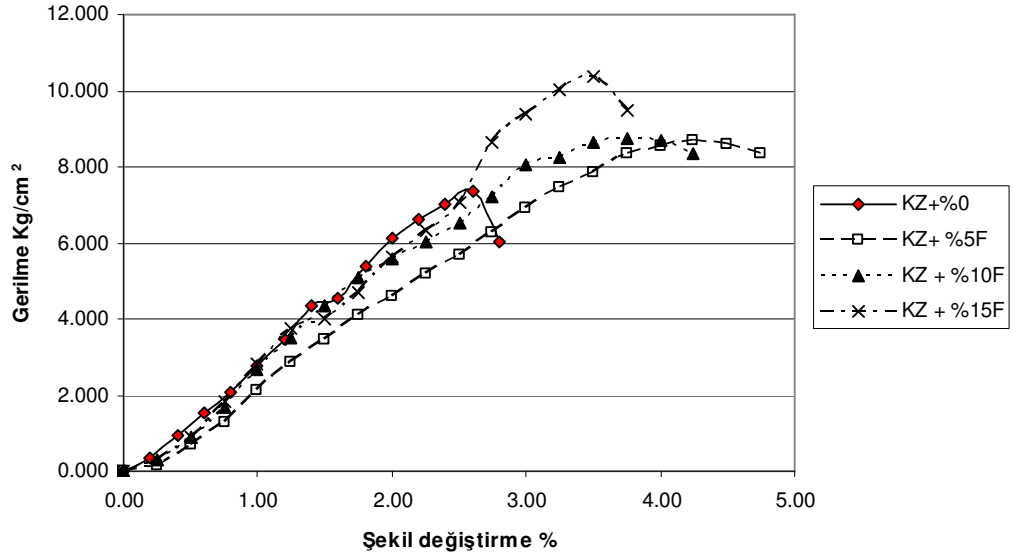


Şekil C.24 Şekil değiştirme-gerilme grafiği KZ+ %15 D (7Gün)

**EK D**  
**Katkılı Numunelerin Serbest Basınç Dayanımlarının Katkı Oranı ve**  
**Kür Süreleri ile Birlikte Çizilen Grafikleri**

Çizelge D.1 Fosfojips katkılı numunelerin 2 günlük serbest basınç dayanımları

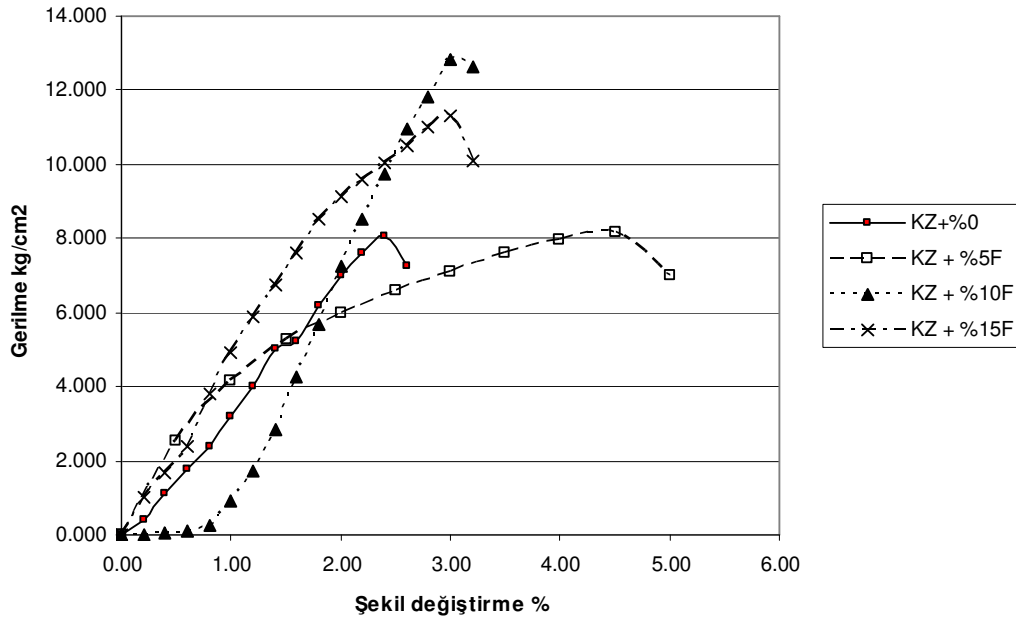
Açıklama	Birim	Değer	FOSFOJİPS KATKILI ZEMİN NUMUNESİ DAVRANIŞLARI (2 GÜNLÜK)							
Numune Çapı	mm	38,00								
Numune Boyu	mm	76,00								
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34								
KZ + %0		KZ + %5F		KZ + %10F		KZ + %15F				
Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>			
0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000			
0,20	0,333	0,25	0,158	0,25	0,294	0,25	0,299			
0,40	0,949	0,50	0,685	0,50	0,882	0,50	0,891			
0,60	1,532	0,75	1,301	0,75	1,696	0,75	1,837			
0,80	2,057	1,00	2,108	1,00	2,666	1,00	2,832			
1,00	2,788	1,25	2,878	1,25	3,485	1,25	3,776			
1,20	3,478	1,50	3,451	1,50	4,345	1,50	4,023			
1,40	4,351	1,75	4,075	1,75	5,081	1,75	4,692			
1,60	4,561	2,00	4,605	2,00	5,570	2,00	5,642			
1,80	5,365	2,25	5,166	2,25	6,003	2,25	6,341			
2,00	6,102	2,50	5,679	2,50	6,530	2,50	7,078			
2,20	6,594	2,75	6,274	2,75	7,220	2,75	8,666			
2,40	7,033	3,00	6,894	3,00	8,026	3,00	9,383			
2,60	7,342	3,25	7,449	3,25	8,234	3,25	10,019			
2,80	6,031	3,50	7,840	3,50	8,622	3,50	10,357			
		3,75	8,329	3,75	8,741	3,75	9,476			
		4,00	8,546	4,00	8,677					
		4,25	8,669	4,25	8,346					
		4,50	8,605							



Şekil D.1 Fosfojips katkılı numunelerin 2 günlük serbest basınç dayanımları

Çizelge D.2 Fosfojips katkılı numunelerin 7 günlük serbest basınç Dayanımları

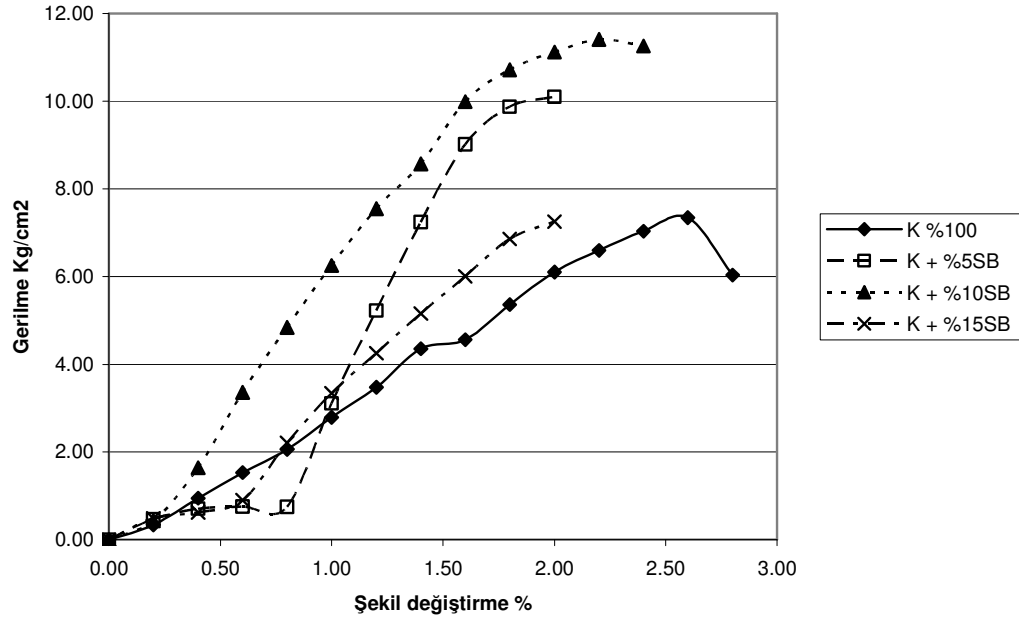
Açıklama	Birim	Değer	FOSFOJİPS KATKILI ZEMİN NUMUNESİ DAVRANIŞLARI (7 GÜNLÜK)				
Numune Çapı	mm	38,00					
Numune Boyu	mm	76,00					
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34					
KZ + %0		KZ + %5F		KZ + %10F		KZ + %15F	
Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
0,20	0,383	0,50	2,547	0,20	0,006	0,20	1,013
0,40	1,091	1,00	4,158	0,40	0,037	0,40	1,658
0,60	1,761	1,50	5,267	0,60	0,088	0,60	2,377
0,80	2,365	2,00	5,973	0,80	0,247	0,80	3,783
1,00	3,206	2,50	6,583	1,00	0,908	1,00	4,945
1,20	4,000	3,00	7,078	1,20	1,719	1,20	5,869
1,40	5,004	3,50	7,585	1,40	2,863	1,40	6,733
1,60	5,245	4,00	7,958	1,60	4,260	1,60	7,604
1,80	6,170	4,50	8,187	1,80	5,698	1,80	8,525
2,00	7,017	5,00	6,996	2,00	7,254	2,00	9,123
2,20	7,584			2,20	8,547	2,20	9,605
2,40	8,088			2,40	9,738	2,40	10,041
2,60	7,240			2,60	10,948	2,60	10,484
2,80				2,80	11,839	2,80	10,990
				3,00	12,814	3,00	11,330
				3,20	12,630	3,20	10,087



Şekil D.2 Fosfojips katkılı numunelerin 7 gün kürlü basınç dayanımları

Çizelge D.3 Sodyum tuzlu borajips katkıli numunelerin 2 gün kürlü basınç Dayanımları

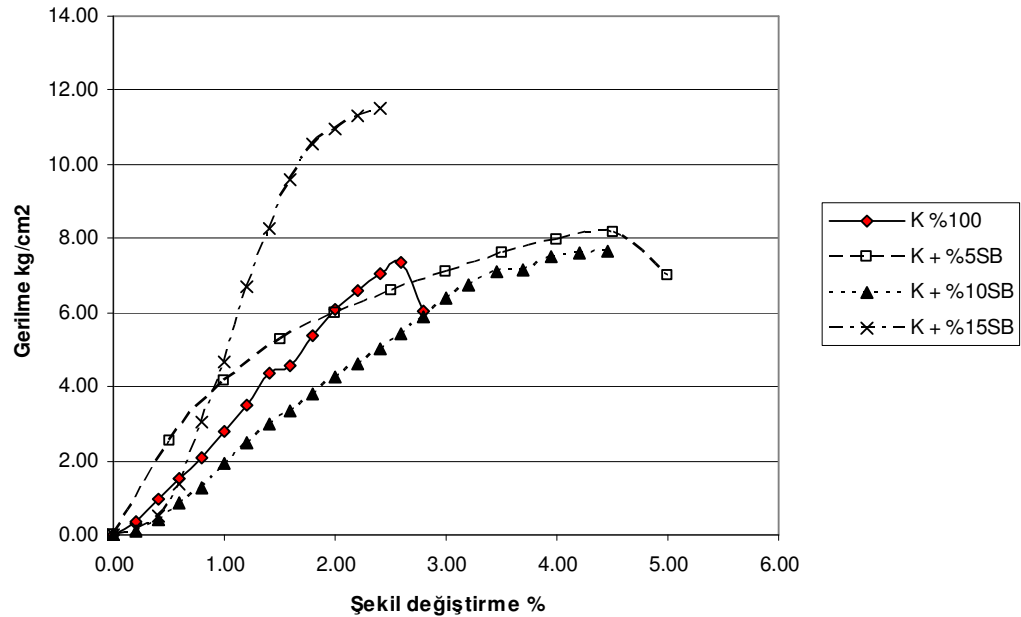
Açıklama	Birim	Değer	SODYUM TUZLU BORAJİPS KATKILI ZEMİN NUMUNESİ DAVRANIŞLARI (2 GÜN KÜR SONRASI)				
Numune Çapı	mm	38,00					
Numune Boyu	mm	76,00					
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34					
KZ + %0		KZ + %5SB		KZ + %10SB		KZ + %15SB	
Şişme, düşey ince çatlaklar. İçsel kırılma							
Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
0,20	0,333	0,20	0,467	0,20	0,432	0,20	0,485
0,40	0,949	0,40	0,708	0,40	1,636	0,40	0,622
0,60	1,532	0,60	0,752	0,60	3,360	0,60	0,896
0,80	2,057	0,80	0,750	0,80	4,841	0,80	2,211
1,00	2,788	1,00	3,105	1,00	6,254	1,00	3,341
1,20	3,478	1,20	5,228	1,20	7,549	1,20	4,254
1,40	4,351	1,40	7,242	1,40	8,573	1,40	5,154
1,60	4,561	1,60	9,016	1,60	9,988	1,60	6,007
1,80	5,365	1,80	9,877	1,80	10,719	1,80	6,854
2,00	6,102	2,00	10,097	2,00	11,121	2,00	7,252
2,20	6,594			2,20	11,410		
2,40	7,033			2,40	11,259		
2,60	7,342						
2,80	6,031						



Şekil D.3 Sodyum tuzlu borajips katkıli numunelerin 2 gün kürlü basınç dayanımları

Çizelge D.4 Sodyum tuzlu borajips katkıli numunelerin 7 gün kürlü basınç Dayanımları

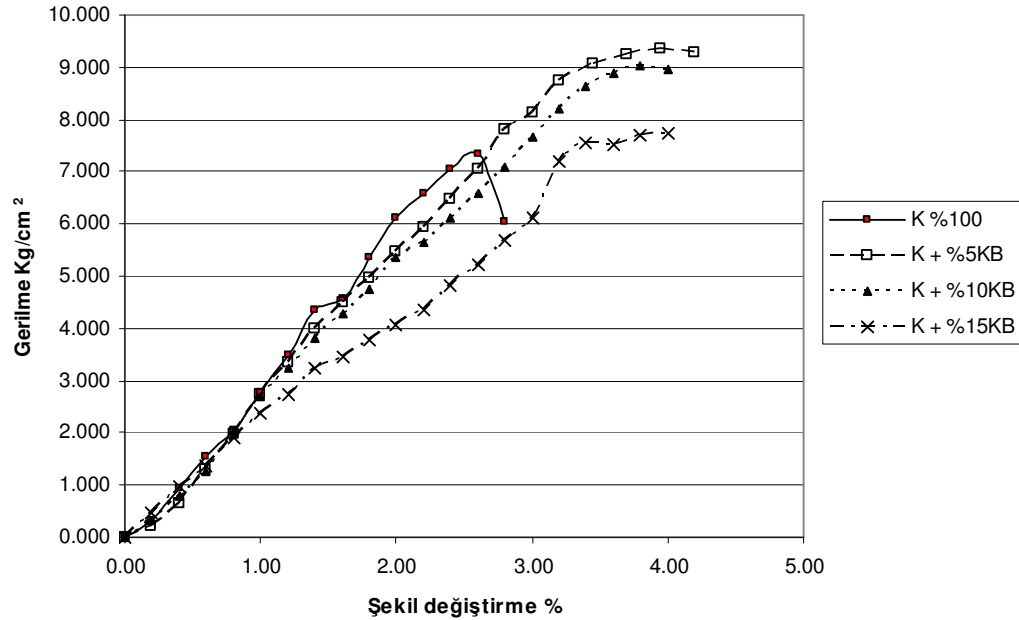
Açıklama	Birim	Değer	SODYUM TUZLU BORAJİPS KATKILI ZEMİN NUMUNESİ DAVRANIŞLARI (7 GÜN KÜR SONRASI)				
Numune Çapı	mm	38,00					
Numune Boyu	mm	76,00					
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34					
K %100		K + %5SB		K + %10SB		K + %15SB	
Şişme, düşey ince çatlaklar. İçsel kırılma							
Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
0,20	0,333	0,50	2,547	0,20	0,102	0,20	0,143
0,40	0,949	1,00	4,158	0,40	0,406	0,40	0,503
0,60	1,532	1,50	5,267	0,60	0,851	0,60	1,372
0,80	2,057	2,00	5,973	0,80	1,271	0,80	3,067
1,00	2,788	2,50	6,583	1,00	1,946	1,00	4,656
1,20	3,478	3,00	7,078	1,20	2,506	1,20	6,706
1,40	4,351	3,50	7,585	1,40	2,968	1,40	8,268
1,60	4,561	4,00	7,958	1,60	3,352	1,60	9,577
1,80	5,365	4,50	8,187	1,80	3,819	1,80	10,548
2,00	6,102	5,00	6,996	2,00	4,250	2,00	10,947
2,20	6,594			2,20	4,622	2,20	11,322
2,40	7,033			2,40	5,007	2,40	11,523
2,60	7,342			2,60	5,406		
2,80	6,031			2,80	5,892		
				3,00	6,395		
				3,20	6,755		
				3,45	7,116		
				3,70	7,151		
				3,95	7,517		
				4,20	7,634		
				4,45	7,646		



Şekil D.4 Sodyum tuzlu borajips katkıli numunelerin 7 gün kürlü basınç dayanımları

Çizelge D.5 Kalsiyum tuzlu borajips katkıli numunelerin 2 gün kürlü basınç Dayanımları

Açıklama	Birim	Değer	KALSİYUM TUZLU BORAJİPS KATKILI ZEMİN NUMUNESİ DAVRANIŞLARI (2 GÜN KÜR SONRASI)				
Numune Çapı	mm	38,00					
Numune Boyu	mm	76,00					
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34					
K %100		K + %5KB		K + %10KB		K + %15KB	
Şişme, düşey ince çatlaklar. İçsel kırılma							
Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
0,20	0,333	0,20	0,222	0,20	0,323	0,20	0,460
0,40	0,949	0,40	0,643	0,40	0,800	0,40	0,962
0,60	1,532	0,60	1,311	0,60	1,248	0,60	1,366
0,80	2,057	0,80	1,981	0,80	2,030	0,80	1,891
1,00	2,788	1,00	2,744	1,00	2,709	1,00	2,381
1,20	3,478	1,20	3,332	1,20	3,232	1,20	2,735
1,40	4,351	1,40	3,976	1,40	3,799	1,40	3,248
1,60	4,561	1,60	4,505	1,60	4,268	1,60	3,445
1,80	5,365	1,80	4,948	1,80	4,763	1,80	3,791
2,00	6,102	2,00	5,472	2,00	5,362	2,00	4,078
2,20	6,594	2,20	5,940	2,20	5,651	2,20	4,362
2,40	7,033	2,40	6,491	2,40	6,112	2,40	4,816
2,60	7,342	2,60	7,063	2,60	6,588	2,60	5,204
2,80	6,031	2,80	7,799	2,80	7,078	2,80	5,693
		3,00	8,118	3,00	7,676	3,00	6,109
		3,20	8,744	3,20	8,197	3,20	7,212
		3,45	9,070	3,40	8,633	3,40	7,569
		3,70	9,242	3,60	8,878	3,60	7,525
		3,95	9,336	3,80	9,024	3,80	7,682
		4,20	9,273	4,00	8,971	4,00	7,738

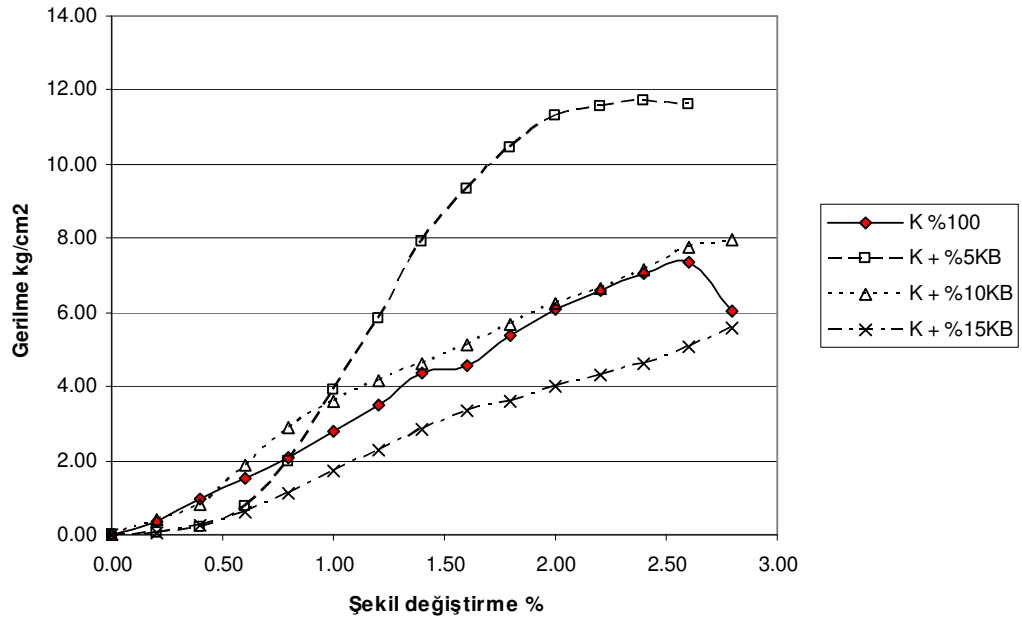


Şekil D.5 Kalsiyum tuzlu borajips katkıli numunelerin 2 gün kürlü basınç dayanımları



Çizelge D.6 Kalsiyum tuzlu borajips katkılı numunelerin 7 gün kürlü basınç Dayanımları

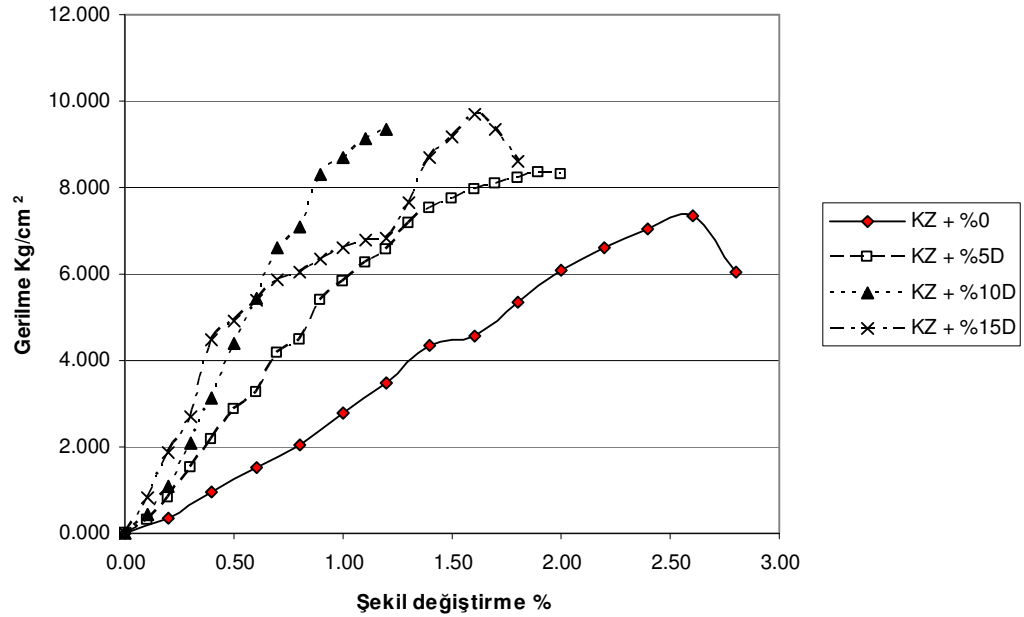
Açıklama	Birim	Değer	KALSİYUM TUZLU BORAJİPS KATKILI ZEMİN NUMUNESİ DAVRANIŞLARI (7 GÜN KÜR SONRASI)				
Numune Çapı	mm	38,00					
Numune Boyu	mm	76,00					
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34					
K %100		K + %5KB		K + %10KB		K + %15KB	
Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
0,20	0,333	0,20	0,036	0,20	0,381	0,20	0,060
0,40	0,949	0,40	0,221	0,40	0,824	0,40	0,274
0,60	1,532	0,60	0,752	0,60	1,877	0,60	0,620
0,80	2,057	0,80	1,981	0,80	2,884	0,80	1,104
1,00	2,788	1,00	3,893	1,00	3,587	1,00	1,725
1,20	3,478	1,20	5,848	1,20	4,146	1,20	2,278
1,40	4,351	1,40	7,894	1,40	4,630	1,40	2,861
1,60	4,561	1,60	9,335	1,60	5,139	1,60	3,362
1,80	5,365	1,80	10,463	1,80	5,673	1,80	3,597
2,00	6,102	2,00	11,296	2,00	6,232	2,00	3,994
2,20	6,594	2,20	11,587	2,20	6,662	2,20	4,291
2,40	7,033	2,40	11,701	2,40	7,172	2,40	4,596
2,60	7,342	2,60	11,636	2,60	7,770	2,60	5,084
2,80	6,031			2,80	7,944	2,80	5,594



Şekil D.6 Kalsiyum tuzlu borajips katkılı numunelerin 7 gün kürlü basınç dayanımları

Çizelge D.7 Desülfojips katkılı numunelerin 2 gün kürlü basınç dayanımları

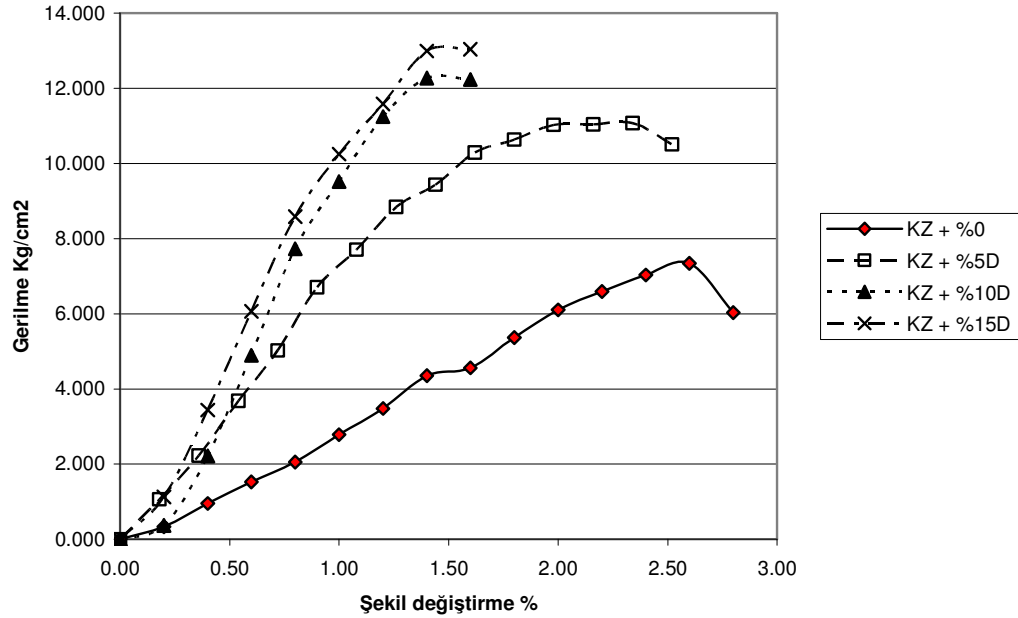
Açıklama	Birim	Değer	DESÜLFOJİPS (UÇUCU KÜL) KATKILI ZEMİN NUMUNESİ DAVRANIŞLARI (2 GÜN KÜR SONRASI)				
Numune Çapı	mm	38,00					
Numune Boyu	mm	76,00					
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34					
K %100		K + %5D		K + %10D		K + %15D	
Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
0,20	0,333	0,10	0,307	0,10	0,415	0,10	0,835
0,40	0,949	0,20	0,839	0,20	1,085	0,20	1,854
0,60	1,532	0,30	1,538	0,30	2,070	0,30	2,678
0,80	2,057	0,40	2,164	0,40	3,130	0,40	4,484
1,00	2,788	0,50	2,864	0,50	4,405	0,50	4,925
1,20	3,478	0,60	3,249	0,60	5,455	0,60	5,387
1,40	4,351	0,70	4,169	0,70	6,614	0,70	5,868
1,60	4,561	0,80	4,470	0,80	7,089	0,80	6,028
1,80	5,365	0,90	5,407	0,90	8,324	0,90	6,361
2,00	6,102	1,00	5,838	1,00	8,697	1,00	6,614
2,20	6,594	1,10	6,275	1,10	9,145	1,10	6,773
2,40	7,033	1,20	6,584	1,20	9,359	1,20	6,844
2,60	7,342	1,30	7,193			1,30	7,651
2,80	6,031	1,40	7,522			1,40	8,701
		1,50	7,754			1,50	9,186
		1,60	7,937			1,60	9,682
		1,70	8,069			1,70	9,340
		1,80	8,203			1,80	8,603



Şekil D.7 Desülfojips katkılı numunelerin 2 gün kürlü basınç dayanımları

Çizelge D.8 Desülfojips katkılı numunelerin 7 gün kürlü basınç dayanımları

Açıklama	Birim	Değer	DESÜLFOJİPS (UÇUCU KÜL) KATKILI ZEMİN NUMUNESİ DAVRANIŞLARI (7 GÜN KÜR SONRASI)				
Numune Çapı	mm	38,00					
Numune Boyu	mm	76,00					
Numune Alanı	cm <sup>2</sup>	11,34					
K %100		K + %5D		K + %10D		K + %15D	
Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>	Boy Kısalması mm	Gerilme Kg/cm <sup>2</sup>
0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
0,20	0,333	0,18	1,064	0,20	0,368	0,20	1,125
0,40	0,949	0,36	2,224	0,40	2,215	0,40	3,440
0,60	1,532	0,54	3,680	0,60	4,895	0,60	6,062
0,80	2,057	0,72	5,023	0,80	7,730	0,80	8,585
1,00	2,788	0,90	6,706	1,00	9,518	1,00	10,250
1,20	3,478	1,08	7,707	1,20	11,247	1,20	11,583
1,40	4,351	1,26	8,838	1,40	12,270	1,40	12,994
1,60	4,561	1,44	9,436	1,60	12,236	1,60	13,040
1,80	5,365	1,62	10,286				
2,00	6,102	1,80	10,632				
2,20	6,594	1,98	11,027				
2,40	7,033	2,16	11,042				
2,60	7,342	2,34	11,073				
2,80	6,031	2,52	10,506				



Şekil D.8 Desülfojips katkılı numunelerin 7 gün kürlü basınç dayanımları