

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇİMENTO İLE ZEMİN STABİLİZASYONU

İnşaat Müh. Gökhan KILIÇ

**FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Geoteknik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 07/01/2008
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kutay ÖZAYDIN
Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Sönmez YILDIRIM
: Prof. Dr. Bilge SİYAHİ

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ.....	12
ÖZET	13
ABSTRACT	14
1. GİRİŞ.....	15
1.1 Giriş	15
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	16
2. LİTERATÜR TARAMASI	18
2.1 Zemin Özelliklerinin İyileştirilmesine Genel Bakış	18
2.1.1 Zemin İyileştirme Yöntemleri	18
2.1.1.1 Katkı Maddeleriyle İyileştirme.....	19
2.2 Çimento ile Stabilizasyon	19
2.3 Portland Çimentosu	20
2.3.1 Katkı Malzemesi Olarak Çimento	22
2.4 LİTERATÜR ARAŞTIRMA	23
3. KİLLERİN GENEL YAPISI VE ÖZELLİKLERİ.....	40
3.1 Giriş	40
3.2 Killi zeminlerin kayma mukavemeti	43
3.3 Katkılar:.....	46
3.3.1 Kimyasal Katkılar:.....	46
3.3.2 Mineral Katkılar:	47
4. ZEMİN İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ	48
4.1 ÇİMENTO İLE STABİLİZASYON	49
5. DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN DENEY SİSTEMLERİ	51
5.1 Kil Numune Oluşturulması.....	51
5.2 Kanatlı Kesici (Veyn) deneyi	52
5.3 Üç Eksenli Basınç Deneyi	53
5.3.1 Üç Eksenli Basınç Deneylerinde Gözlenen Zemin Davranışları.....	55
5.3.1.1 Hidrostatik Yükleme.....	55
5.3.1.2 Eksenel Yükleme	56

5.4	Basınç Deneyi.....	60
6.	DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ	61
6.1	Veyn Deneyleri Sonuçları	61
6.2	Üç Eksenli Basınç Deneyleri Sonuçları.....	63
6.2.1	West Ashling Kili	63
6.2.2	Hamble Kili	68
6.2.3	Emsworth Kili.....	72
6.3	Basınç Deneyi.....	76
7.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	80
	KAYNAKLAR.....	82
	EKLER	86
	TEŞEKKÜR	102

SİMGE LİSTESİ

A	Boşluk suyu basıncı katsayısı (Skempton)
c	Zemin Kohezyonu
C_c	Sıkışma indisi
C_s	Şişme indisi
C_a	İkincil konsolidasyon katsayısı
D	Numune çapı
e	Boşluk oranı
e_i	i kademesindeki boşluk oranı
e_0	Başlangıç boşluk oranı
G_s	Zeminin dane birim hacim ağırlığı
I_p	Plastisite indisi
I_L	Likidite indisi
K_0	Sükunetteki toprak basıncı katsayısı
m_v	Hacimsal sıkışma katsayısı
w_L	Likit limit
w_P	Plastik limit
ϕ	İçsel sürtünme açısı
σ	Arazideki jeolojik gerilme
σ'	Efektif Gerilme
Δu	Boşluk suyu basıncı değişimi
γ	zeminin birim hacim ağırlığı
γ_s	Dane birim hacim ağırlığı
ψ	Genleşme açısı
E_{ur}	elastik young modul

KISALTMA LİSTESİ

CU	Konsolidasyonlu-drenajsız
UU	Konsolidasyonsuz-drenajsız
CD	Konsolidasyonlu-drenajlı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Kullanılan kil örneklerinin yerleri West Ashling, Hamble ve Emsworth (kaynak: www.maps.google.co.uk)	16
Şekil 2.1 Portland Çimentosu üretiminin şematik açıklaması (A. J. Francis, 1977).....	21
Şekil 2.2 Mikroskop altında Portland Çimentosu formasyon görüntüsü (Panarese, W.C.,1988)	21
Şekil 2.3. Silis Dumanı Katkılı Karışımların Basınç Mukavemeti Değişimi (Aitcin, 1984) ...	23
Şekil 2.4. Farklı Karışımların Basınç Mukavemeti Değişimleri (McFarlane, Holtz, ;1992) ...	24
Şekil 2.5. Farklı Karışımların Çökme Yüzdesinin Zamanla Değişimi (Vipulanandan, 1992)26	
Şekil 2.6. Farklı Karışımların Gerilme Deformasyon İlişkisi (Vipulanandan ve Shenoy, 1992)27	
Şekil 2.7. Farklı Karışımlarla Enjeksiyon Uygulanmış Numunelerin Gerilme Deformasyon İlişkisi (Vipulanandan ve Shenoy, 1992).....	27
Şekil 2.8. Yatay Ve Düşey Kür Edilmiş Numunelerin Basınç Mukavemetinin Su/Katı Oranı ile Değişimi(Krizek ve Helal, 1992).....	30
Şekil 2.9. Çimento Enjeksiyonu Uygulanmış Numunelerin Su/Katı Oranı İle Basınç Mukavemeti Değişimi (İncecik ve Ceren, 1995).....	31
Şekil 2.10. Katkılı Karışımların Viskozite Değerinin Su/Katı Oranı İle Değişimi (İncecik ve Ceren, 1995).....	32
Şekil 2.11. Silis Dumanı Katkılı Silikat Enjeksiyonu Uygulanmış Numunelerin Gerilme Deformasyon ilişkisi (Ata ve Vipulanandan, 1997)	38
Şekil 3.1.Killerin mikroskop altında görüntüleri (Wisconsin Üniversitesi, 1984).....	40
Şekil 3.2.Killerin kuruma çatlaklı görüntüsü (Washington State Üniversitesi)	41
Şekil 3.3. Killerin suya doygun haldeki görüntüsü (Washington State Üniversitesi)	41
Sekil 3.4 Mohr Dairesi ve Mukavemet Zarfı.....	44
Şekil 3.5 Normal konsolide zeminlerde konsolidasyonlu-drenajsız deneylerde toplam ve efektif gerilme göçme zarfları.....	44
Şekil 3.6 Normal konsolide zeminlerde konsolidasyonlu drenaj sız gerilme birim deformasyon, ve boşluk suyu basıncı-deformasyon davranışı	45
Şekil 4.1 Zemin-çimento reaksiyon mekanizması (Uyarlanma; Rjasekaran, 2005)	49
Şekil 5.1 Taşlardan arındırılan kil parçaları.	51
Şekil 5.2 Karot kil numune elde edilmesi	51
Şekil 5.3 Veyn deneyi için numune hazırlanması	52
Şekil 5.4 Veyn deney aletinin görünümü	52
Şekil 5.5 Üç eksenli basınç deney düzeneği.....	54

Şekil 5.6 Silindirik numunenin yerleştirilmesi	54
Şekil 5.7 Hidrostatik yükleme aşaması	54
Şekil 5.8 Üç eksenli basınç deneyinde hidrostatik basınç altında gözlenen zemin davranışı (Özaydın, 1997)	56
Şekil 5.9 Üç eksenli basınç deneyinde eksenel yükleme sırasında gözlenen zemin davranışı (Özaydın, 1997)	57
Şekil 5.10 Boşluk basıncı katsayısı A'nın eksenel şekil değiştirme seviyesine bağlı olarak değişimi (Özaydın, 1997).....	58
Şekil 5.11 Üç eksenli basınç deneyindeki gerilme durumlarını gösteren mohr daireleri (Özaydın, 1997)	59
Şekil 5.12 Numunelerin saklanması	60
Şekil 5.13 Basınç deneyinin uygulanması	60
Şekil 6.1 Çimento katkısının West Ashling kilinin drenajsız kayma mukavemeti üzerindeki etkisi.....	62
Şekil 6.2 Çimento katkısının Hamble kilinin drenajsız kayma mukavemeti üzerindeki etkisi.	62
Şekil 6.3 Çimento katkısının Emsworth kilinin drenajsız kayma mukavemeti üzerindeki etkisi.....	63
Şekil 6.4 Katkısız olarak hazırlanmış West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği	64
Şekil 6.5 %6 çimento katkılı West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği	64
Şekil 6.6 %10 çimento katkılı West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği.....	65
Şekil 6.7 %15 çimento katkılı West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği.....	65
Şekil 6.8 Katkısız olarak hazırlanmış West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri	66
Şekil 6.9 %6 çimento katkılı West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri	66
Şekil 6.10 %10 çimento katkılı West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri	66
Şekil 6.11 %15 çimento katkılı West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri	66
Şekil 6.12 West Ashling kilinin drenajsız kayma mukavemetinin 4 farklı çimento yüzdesi ile değişimi.....	67

Şekil 6.13	Çimento katkısız olarak hazırlanmış Hamble kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği.....	68
Şekil 6.14	%6 çimento katkılı Hamble kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği.....	68
Şekil 6.15	%10 çimento katkılı Hamble kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği.....	69
Şekil 6.16	%15 çimento katkılı Hamble kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği.....	69
Şekil 6.17	Katkısız Hamble kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri	70
Şekil 6.18	%6 çimento katkılı Hamble kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri	70
Şekil 6.19	%10 çimento katkılı Hamble kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri	70
Şekil 6.20	%15 çimento katkılı Hamble kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri	70
Şekil 6.21	Hamble kilinin drenajsız kayma mukavemetinin 4 farklı çimento yüzdesi ile değişimi.....	71
Şekil 6.22	Çimento katkısız olarak hazırlanmış Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği.....	72
Şekil 6.23	% 6 çimento katkılı Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği.....	73
Şekil 6.24	%10 çimento katkılı Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği.....	73
Şekil 6.25	%15 çimento katkılı Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği.....	74
Şekil 6.26	Katkısız Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri	74
Şekil 6.27	%6 çimento katkılı Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri	74
Şekil 6.28	%10 çimento katkılı Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri	75
Şekil 6.29	%15 çimento katkılı Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri	75
Şekil 6.30	Emsworth kilinin drenajsız kayma mukavemetinin 4 farklı çimento yüzdesi ile	

değişimi.....	76
Şekil 6.31 %20 çimento katkılı West Ashling kilinin 7, 14 ve 28. günlerdeki serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi.....	77
Şekil 6.32 %25 çimento katkılı West Ashling kilinin 7, 14 ve 28. günlerdeki serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi.....	77
Şekil 6.33 %25 çimento katkılı Hamble kilinin 7, 14 ve 28. günlerdeki serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi.....	78
Şekil 6.34 %20 çimento katkılı Emsworth kilinin 7, 14 ve 28. günlerdeki serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi.....	78

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Portland Çimentosu kimyasal birleşimi (Glasser, 1997).....	21
Çizelge 2.2 Katkılı Karışımların Basınç Mukavemetinin Zamanla Değişimi (Tosça, Evans ;1992).....	25
Çizelge 2.3. Enjeksiyon Uygulanmış Numunelerin Permeabilite Değişimleri (Krizek ve Helal, 1992).....	29
Çizelge 2.4 Kum Kolonlarda Enjeksiyon Edilebilirlik Yükseklik Değişimleri (Perret, vd. 1997).....	34
Çizelge 6.1 West Ashling kilindeki ortalama drenajsız kayma mukavemeti.....	67
Çizelge 6.2 Hamble kilindeki ortalama drenajsız kayma mukavemeti.....	71
Çizelge 6.3 Emsworth kilindeki ortalama drenajsız kayma mukavemeti.....	75
Ek Çizelge 1.1 Katkısız olarak hazırlanmış West Ashling kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	87
Ek Çizelge 1.2 % 6 çimento katkılı West Ashling kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	88
Ek Çizelge 1.3 % 10 çimento katkılı West Ashling kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	89
Ek Çizelge 1.4 % 15 çimento katkılı West Ashling kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	90
Ek Çizelge 1.5 Katkısız olarak hazırlanmış Hamble kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	91
Ek Çizelge 1.6 % 6 çimento katkılı Hamble kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	92
Ek Çizelge 1.7 % 10 çimento katkılı Hamble kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	93
Ek Çizelge 1.8 % 15 çimento katkılı Hamble kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	94
Ek Çizelge 1.9 Katkısız olarak hazırlanmış Emsworth kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	95
Ek Çizelge 1.10 % 6 çimento katkılı Emsworth kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	96
Ek Çizelge 1.11 % 10 çimento katkılı Emsworth kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	97
Ek Çizelge 1.12 % 15 çimento katkılı Emsworth kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	98
Ek Çizelge 1.13 Beton küp numunelerin 7 günlük mukavemet dayanımları.....	99

Ek Çizelge 1.14 Beton küp numunelerin 14 günlük mukavemet dayanımları.....	99
Ek Çizelge 1.15 Beton küp numunelerin 28 günlük mukavemet dayanımları.....	100

ÖNSÖZ

Geoteknik mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla zeminlerin çimento ile stabilize edilmesi özellikle yol ve hava meydanları alt yapıları için başarıyla uygulanmakta olan bir işlemdir. Ancak bu uygulamada zemin cinsi, uygulama metodu, kür süreleri, katkı (bağlayıcı) malzemesi oranları, ekonomik unsurlar gibi faktörler ile katkılı zemin davranışı üzerinde yük ve zaman etkisi, zeminde meydana gelecek iyileşmenin yönü ve miktarını belirlemektedir. Belirli bir zemin cinsinde meydana gelecek iyileşmenin hangi parametrelerde ve hangi miktarda olacağını tayin edilmesi önemlidir. Bu çalışmada, bu bilgilerin ışığı altında, günümüzde de yaygınca kullanılan çimento ile iyileştirme üzerine bir araştırma gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar ayrıntılarıyla sunulmuştur.

Bu çalışmam boyunca hep yanımda olduklarını bildiğim, ilgilerini daima hissettiğim, derin bilgilerinden yararlandığım, sürekli bana yol gösteren moral aşılayan, bu çalışmada danışmanlarım olma nezaketini ve sabrını gösteren çok değerli ikinci nesil hocam Prof. Dr. Kutay ÖZAYDIN'a ve Portsmouth Üniversitesi'nden Dr. Paul WATSON'a, değerli ilgilerini ve bilgilerinizi benden hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli hocam Prof.Dr. Sönmez YILDIRIM'a, değerli zamanlarınızı, sağladığı inanılmaz moral katkıları kelimelerle ifade etmekte zorlandığım çok değerli hocam Prof.Dr. Mustafa YILDIRIM'a, değerli bilgileri, katkıları ve yardımlarından dolayı çok değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Mehmet M. BERİLGİN'e, her türlü desteğini benden esirgemeyen çok değerli hocam Öğr.Gör.Dr. Nejat N. ÇETİNKAYA'ya, her zaman ilgisini, yardımını gördüğüm çok değerli hocam Yar.Doç.Dr. M. Şükrü ÖZÇOBAN'a, Yrd.Doç.Dr. Havvanur KILIÇ'a, Yrd.Doç.Dr. Saadet A. BERİLGİN'e, çok sevdiğim İnşaat Teknikeri Erhan EROL'a, Ali YÜKSEL'e ve çalışma arkadaşlarım Dr. Murat TONAROĞLU'na, Dr. PELİN ÖZENER'e, Dr. Cem AKGÜNER'e, , Dep.Yük.Müh. Murat E. SELÇUK'a, İnş.Yük.Müh. Tayfun ŞENGÜL'e, İnş.Müh. Çiğdem ÖZÇELİK'e, sonsuz sevgilerimi, saygılarımı ve teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Ayrıca bütün hayatım boyunca en büyük destekçilerim, babam İnş. Müh. Cemil KILIÇ, canım annem ve öğretmenim Nevin KILIÇ, kardeşim Jeodezi ve Fotogrametri Müh T.Ugur KILIÇ ve tüm aileme en derin ve en içten sevgilerimi, saygılarımı ve teşekkürlerimi sunmayı bir görev bilirim.

ÖZET

Çimento stabilizasyonu, kohezyonlu zeminlerin mukavemet özelliklerini artırmak için iyi bir alternatif oluşturmaktadır. Birçok zemin iyileştirme teknikleri arasında çimento stabilizasyonu en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Stabilizasyon tekniklerini geliştirmek ve bu tekniğin zeminlere uygulanmasını sağlamak üzere, iyileştirme işlemlerine yönelik mekanizmaların daha iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu deneysel araştırmada laboratuarda farklı oranlarda çimento karıştırılarak hazırlanmış bazı kil zemin örnekleri üzerinde veyn, serbest basınç ve üç eksenli basınç deneyleri yapılarak, çimento stabilizasyonunun bu zeminlerde etkinliği belirlenmeye çalışılmıştır.

Çimento katkısının killerin mukavemetinde yol açacağı artışı incelemek amacı ile West Ashling, Hamble ve Emsworth bölgelerinden alınan kil numunelerine farklı oranlarda çimento katılarak, çimento ile stabilizasyonun killin mukavemetine olan etkisi araştırılmıştır. Çimento katkısının kilin mukavemetine etkisini araştırmak için %6, %10 ve %15 çimento katkılı numunelerde veyn ve üç eksenli basınç deneyleri %20 ve %25 çimento katkılı numunelerde ise 7. 14. ve 28. günlerde serbest basınç deneyleri uygulanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda farklı çimento miktarları (%6, %10, %15, %20 ve %25) eklenerek hazırlanmış West Ashling, Emsworth ve Hamble killerinden elde edilen numunelerde çimento ile yapılan iyileştirmenin mukavemeti artırdığı gözlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Portland çimentosu, stabilizasyon, katılaşma, kil

ABSTRACT

Cement stabilization is becoming an option for improving the strength properties of cohesive soils. Among the various treatment techniques, cement stabilization is one of the most commonly used methods for soils. To improve the application of stabilization and to further develop this technology for soils, it is important to have a better understanding of the mechanisms involved in the treatment process. In this experimental investigation, laboratory prepared samples of some cement added clayey soils are subjected to vane, unconfined compression and triaxial compression tests to determine the effectiveness of cement stabilization on these soils.

Variable percentages of cement is added to clay samples obtained from West Ashling, Hamble and Emsworth areas to determine the effect of cement addition on the shear strength of clays. Six, ten and fifteen percent cement added mixture samples are tested with vane and triaxial compression tests. Twenty to twenty-five percent cement added mixture samples are tested for compressive strength at 7th, 14th, and 28th days. Based on the experimental findings, cement stabilization is shown to be effective for different clay materials with percentages of cement ranging from zero to fifteen percent.

Key words: Portland cement, stabilization, solidification, clay

1. GİRİŞ

1.1 Giriş

İlk olarak 1920'li yıllarda Türkiye'de Karl Terzaghi tarafından geliştirilmeye başlanan ve günümüzde oldukça gelişmiş durumda olan Zemin Mekaniği bilim dalı inşaat mühendisliği açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir. Bilindiği gibi zemin en eski inşaat malzemelerinden bir tanesidir. Örneğin insanoğlu eski çağlarda barınak yapımında ya da suya karşı koruyucu yapılar oluşturmada ilk olarak zemin malzemesi kullanmış ve uygarlığın ilerlemesiyle birlikte kullanım alanları daha da genişlemiştir.

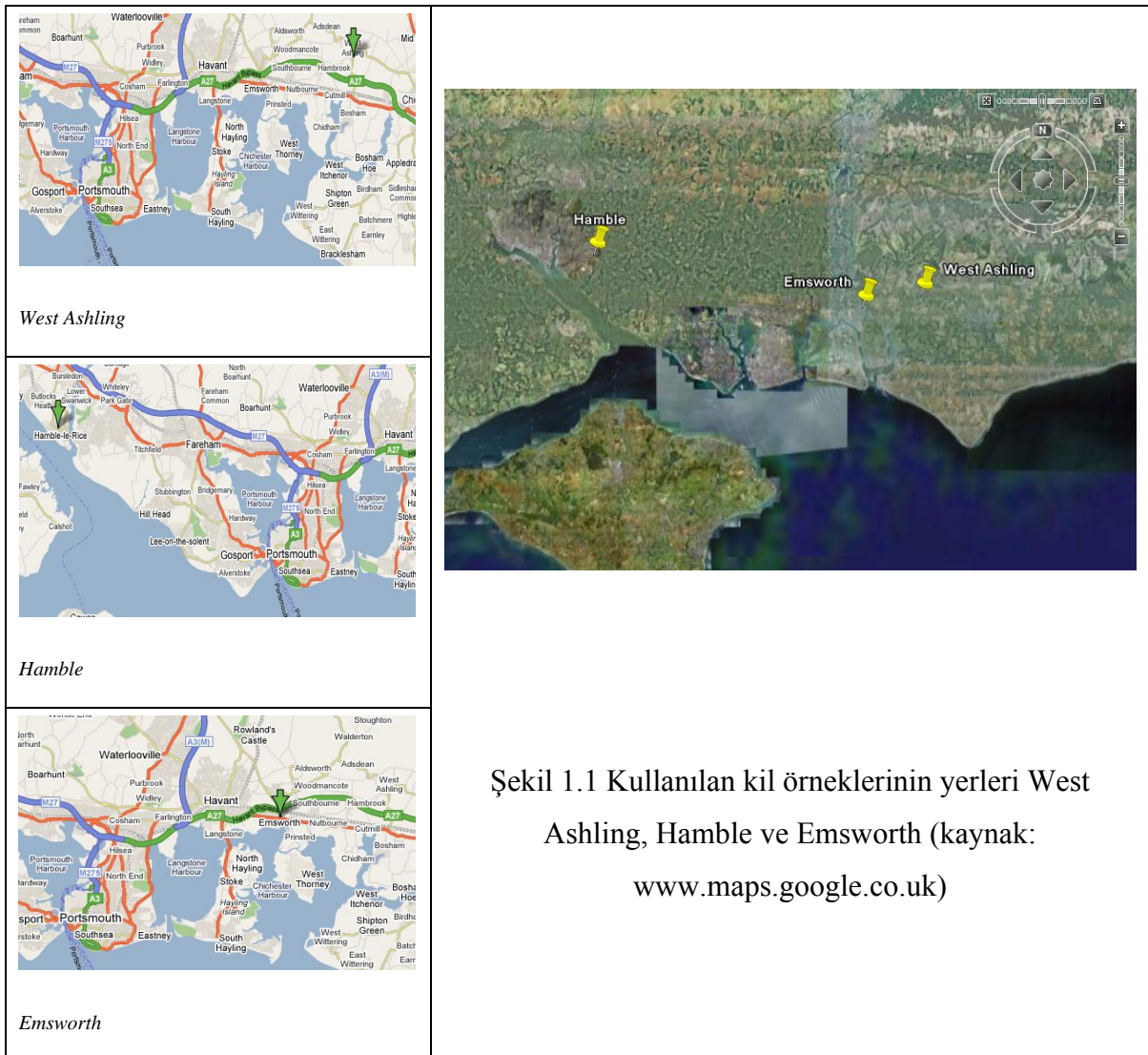
Herhangi bir inşaat projesinde, ilk adım arazide karşılaşılabilecek olan zeminin özelliklerinin kapsamlı ve doğru bir şekilde belirlenmesidir. Proje sahasında, yapılacak çalışmaya bağlı olarak, zemin özellikleri her zaman mühendislik açısından uygun olmayabilir. Bu gibi durumlarda, eğer proje sahası değiştirilme imkânı yoksa Zemin Mekaniği, zeminlerin mühendislik davranışını geliştirme ve iyileştirme yönünde yol gösterici birçok çözüm sunmaktadır. Bu çözümler zemin iyileştirme yöntemleri başlığı altında incelenebilir. Literatüre bakıldığında çok çeşitli iyileştirme yöntemleri ile karşılaşılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de katkı maddeleri ile zemin iyileştirme yöntemidir. Bu tezde bu yöntemle bir örnek olarak çimento ile zemin iyileştirilmesi üzerine bir çalışma sunulmaktadır.

Çimento ile stabilizasyon zemin özelliklerini iyileştirmede etkili bir yöntemdir. Bu sebepten dolayı özellikle karayolları ve hava meydanlarında çimento stabilizasyonu başarı ile uygulanmaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu yüksek lisans tezi çalışması kapsamında İngiltere’de, Portsmouth kentinde West Ashling, Hamble ve Emsworth isimli üç farklı yerleşim bölgesinden alınan kil numunelerine çeşitli oranlarda Portland çimentosu ilave edilerek oluşturulan stabilize malzemenin özellikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla kil numuneleri üzerinde veyn testi, konsolidasyonsuz drenajsız (UU) üç eksenli basınç testi, kil ve çimento karışumlu küp numuneler üzerinde ise serbest basınç (UC) testi, hidrometre ve elek analizi deneyleri yapılmıştır.

Deneyler sonucunda farklı oranlarda çimento katkısının incelenen killerin mukavemet özelliklerinde yaptığı iyileşme belirlenmeye çalışılmıştır.



Yukarıdaki verilen bilgiler ışığında, bu yüksek lisans çalışması 8 bölümden oluşmaktadır. Tez çalışmasının birinci bölümünde çimento ile zemin stabilizasyonu üzerine yapılan araştırmanın gerekçeleri ve tezin amacı verildikten sonra, ikinci bölümde konuyla ilgili olarak daha önce yapılmış olan çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar hakkında bilgi verilmiştir. 3. bölümde ise killi zeminlerin yapısı ve özellikleri, 4. bölümde ise iyileştirme yöntemleri kısaca açıklanmıştır. Tezin 5. Bölümü'nde bu tez çalışması için kullanılan killerden deney örnekleri hazırlanması, deneyler sırasında kullanılan alet ve düzenekler ile izlenen deneysel yöntemler hakkında bilgi verilerek laboratuarda yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar sunulmuştur. 6. Bölüm'de ise farklı çimento oranları kullanılarak hazırlanmış West Ashling, Hamble ve Emsworth killerinin üzerinde uygulanan deneysel çalışmaların sonuçları değerlendirilerek, çimento katkısının incelenen killerin mukavemet özelliklerine etkisi incelenmiştir. Yedinci ve son bölüm'de ise deneylerden elde edilen bulgular ışığında ulaşılan sonuçlar ve öneriler sunulmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Zemin Özelliklerinin İyileştirilmesine Genel Bakış

İnsanoğlu tarafından gerek yapılar için taşıyıcı tabaka olarak gerekse inşaat malzemesi olarak tarih boyunca kullanılan zemin, özellikleri su ile beton özellikleri kadar farklılık gösterebilen bir malzemedir. Bu nedenle arazide karşılaşılan zeminler, her zaman üzerinde gerçekleştirilecek mühendislik faaliyetleri için uygun özellikleri sağlamayabilmektedir. Bu nedenle, zeminin özelliklerinin mühendislik çalışması için yeterli olmaması durumunda çözüm için projenin değiştirilmesi, proje arazisinin değiştirilmesi veya zeminin arazide yerinde iyileştirilmesi gibi seçenekler kullanılabilir. (Atanur (1973), Balta (1984), Hausman (1990), İngiess ve Metcalf (1972), Önalp (1983), Mitchell (1981), İmpe (1989), Özaydın (1997)).

Bu çalışmada, çimento katkı malzemesi ile zemin özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine bir araştırma gerçekleştirilmesi nedeniyle bu bölümde daha çok katkı maddeleri ile stabilizasyon sağlanmış çalışmalar kısaca özetlenmiştir. Stabilizasyon kavramı genellikle zeminin kayma mukavemetini artıran, geçirgenlik ve sıkışma özelliğini azaltan işlemler için kullanılır. Benzer şekilde Karayolları Teknik Sözlüğüne göre; zeminin mühendislikle ilgili özelliklerini ıslah etmek için, stabilizesini arttırmak veya muhafaza etmek amacıyla kimyasal ve mekanik işlemlere tabi tutulması olarak tanımlanmaktadır. Stabilizasyon yönteminin seçiminde incelenen koşulları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür. (Mitchell, 1981; İmpe, 1989).

2.1.1 Zemin İyileştirme Yöntemleri

Zemin özelliklerinin iyileştirilmesi için kullanılacak yöntemler aşağıdaki gibi sıralanabilir. (Hausman, 1990; İngiess ve Metcalf, 1972; Önalp, 1983; Mitchell, 1981)

1. Sıkıştırma: Zemin titreşim ve mekanik stabilizasyon yoluyla iyileştirilir
2. Ön yükleme: özellikle yumuşak zeminlerin konsolidasyon yoluyla sıkıştırılması işlemidir.
3. Drenaj: Ortamdan fazla boşluk suyunun uzaklaştırılmasıdır.
4. Enjeksiyon: Ortama malzeme (çimento, bentonit, uçucu kül, kireç vb.) enjekte ederek boşluk ve çatlakların azaltılmasıdır.

5. Isıl işlemler: Zeminlerin geçici olmak mukavemetini artırmak ve geçirgenliğini azaltmak için dondurulması.
6. Katkı Maddeleri: Ortama eklenen maddelerle dane ve bloklar arasında bağ oluşturmak, kuvvetlendirmek.
7. Donatı: Zayıf zemin ve kayaç kitlelerinin düşük dayanım gösterdiği bölgelere yerleştirilen elemanlarla iyileştirme

2.1.1.1 Katkı Maddeleriyle İyileştirme

Katkı maddeleri ile iyileştirme işleminde, zeminlerin mekanik özelliklerinde çevre ve yükleme koşullarına göre gerekli iyileştirmenin güvenli, ucuz ve doğal bir malzemeyle gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Daha çok ulaştırma yapıları, su yapıları, yapı temelleri katı atık depolama tesislerinde uygulanmakta olan bu işlemde kullanılan katkı malzemeleri olarak çimento, kireç, uçucu kül, bitüm, klorit, lignin, melas ve bazı özel kimyasal bileşikler sayılabilir. (Hausman, 1990; Mitchell, 1981; Impe, 1989).

Zemin iyileştirmesi çalışmalarında temel amaçlar zeminin plastisini azaltmak, geçirgenliğini düşürmek, sıkışabilirliğini azaltmak ve mukavemetini arttırmaktır. Böylece zemin daneleri arasındaki bağlar kuvvetlendirilmektedir. Kireç katkısının zeminin likit limit değerine bağlı olarak plastisite indisinde artış veya azalım oluşturduğu, çimento katkısının iri daneler arasındaki boşlukların dolmasını sağlayarak zeminin mukavemetinin artmasına katkı yaptığı, uçucu kül katkısının ise plastisite indeksini düşürücü etki yaparak, zeminin özelliklerine bağlı olarak yine mukavemet artışını kolaylaştırdığı bilinmektedir (Kavak, 1996; Erşan, 1996; Savran, 1988; Özaydın, 1997).

Bu şekilde iyileştirme gerçekleştirilmiş örneklerin mekanik dayanımındaki artış, üç eksenli basınç deneyiyle ölçülen kohezyon değerleri ile belirgin olarak gözlenmiştir. (Balta, 1984; Önalp, 1983; Wasti, 1990; Savran, 1988).

2.2 Çimento ile Stabilizasyon

Artan trafik yükleri ile başta hava meydanları olmak üzere tüm ulaşım yollarında, çimento ile stabilize edilmiş kaplama altı temel zemini uygulaması yaygın olarak kullanılmakta olup, zemine çimento katılmasının iyi bir iyileştirme mekanizması olduğu bilinmektedir.

İçerisinde bol miktarda silis bulunduran, ana hammaddesi kalkerle kil olan ve mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, briket. vs) yapıştırırmada kullanılan bir malzeme olan çimento su ile reaksiyona girerek sertleşen bir bağlayıcı olup bir seri reaksiyon sonucu zemin yapısında güçlü bağlar oluşturur. Çimento-Zemin etkileşim reaksiyonlarının 1.aşamasında çimentonun bilinen hidroliz ve hidratlaşması rol oynarken (Önalp, 1983; Balta, 1984) ikincil reaksiyonlarda kilin mineral yapısı ve ortamda mevcut amorf malzemedeki değişiklikler yeni bir bağlayıcı etki oluşmasını sağlamaktır. Çimento birçok beton karışımında hacimce en küçük yeri işgal eden bileşendir; ancak beton bileşenleri içinde en önemlisidir. En çok kullanılan çimento tipleri Portland Kompoze Çimento, Katkılı Çimento, Cürufllu Çimento ve Sülfata Dayanıklı Çimento'dur. Ayrıca özel amaçlar için Beyaz Portland Çimentosu ve diğer bazı tip çimentolar kullanılmaktadır. Normal betonda agrega taneleri en sağlam unsur olduğundan diğer iki unsur (çimento hamuru ve aderans) mukavemeti belirlemektedir.

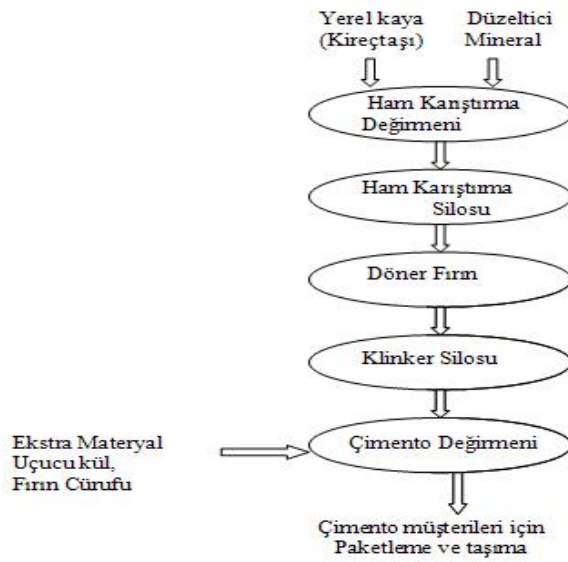
2.3 Portland Çimentosu

Zeminlerin stabilizasyonu işlemi için çimento kullanımı fikri 19.yüzyılın başlarında gelişmiştir. Bu amaçla 100 yıldan bu yana kullanılmakta olan çimento malzemesi içerisinde en çok bilinen Portland çimentosudur. Ham çimentonun kurutulup toz haline getirilerek 200°C'ye kadar soğutulması ve içerisine alçı ve anhidrit gibi malzemeler konulması ile üretimi gerçekleştirilen Portland çimentosunun kimyasal birleşimi Çizelge 2.1'de verilmiştir. Kosmatka (2002) ise Portland Çimentosunun kireçtaşı, kil, uçucu kül ve killi şist ile yaklaşık 1450 °C'de üretilbildiğini belirtmiştir.

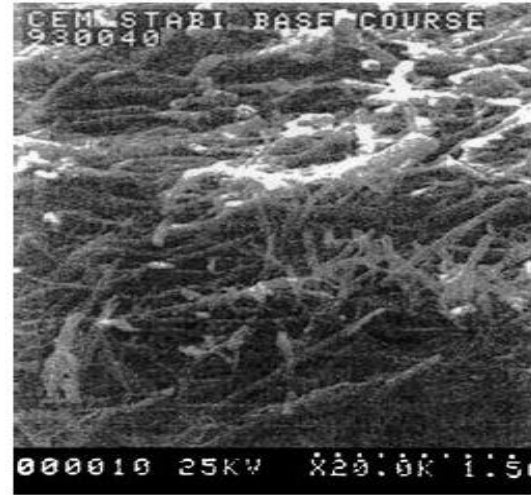
Çizelge 2.1 Portland Çimentosu kimyasal birleşimi (Glasser, 1997)

Oksit	Ağırlık %
CaO	61-67
SiO ₂	17-24
Al ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	1-6
MgO	0.1-4
Na ₂ O + K ₂ O	0.5-1.5
SO ₃	1-3

Ayrıca Şekil 2.1’de Portland çimentosu üretiminin Francis (1977) tarafından şematik olarak açıklaması, Şekil 2.2’de ise elektron mikroskop altında görüntüsü görülmektedir.



Şekil 2.1 Portland Çimentosu üretiminin şematik açıklaması (A. J. Francis, 1977)



Şekil 2.2 Mikroskop altında Portland Çimentosu formasyon görüntüsü (Panarese, W.C. ,1988)

2.3.1 Katkı Malzemesi Olarak Çimento

Yukarıda bahsedildiği gibi, iyileştirme çalışmalarında yaygın olarak Portland Çimentosu kullanılmasının temel sebebi, kolay elde edilmesi, mukavemetinin yüksek olması ve kimyasal karışımlardan ucuz olmasıdır. Olumsuz yanı ise geç priz almasıdır. Çimento kullanımında en dikkat edilmesi gereken temel faktörler zeminin cinsi ve su/çimento oranıdır. Su miktarının azlığı veya fazlalığı plastisite ve basınç mukavemetine önemli derecede etki etmektedir (Littlejohn, 1982). Örneğin su/çimento oranı 1.0'den büyük olduğunda aşırı sulanma eğilimi ortaya çıkmakta ve bu durum düşük mukavemet oluşmasına yol açabilmektedir. Bunun tersine, düşük su/çimento oranlarında karışımlar daha zor enjeksiyon edilmelerine rağmen, daha yüksek mukavemet değerleri verirler. Ayrıca sınırlı oranda kalmak kaydıyla bazı katkıları mukavemet kazandırmaktan çok başka geoteknik özellikleri iyileştirme amaçlı kullanılabilirler. Bu katkıları genel olarak şöyle sıralandırılmaktadır;

- Priz hızlandırıcı ve geciktirici malzemeler.
- Akışkanlaştırıcı malzemeler.
- Ayrışma önleyici malzemeler.
- Büzülme önleyici şişen malzemeler.
- Su tutucu malzemeler.

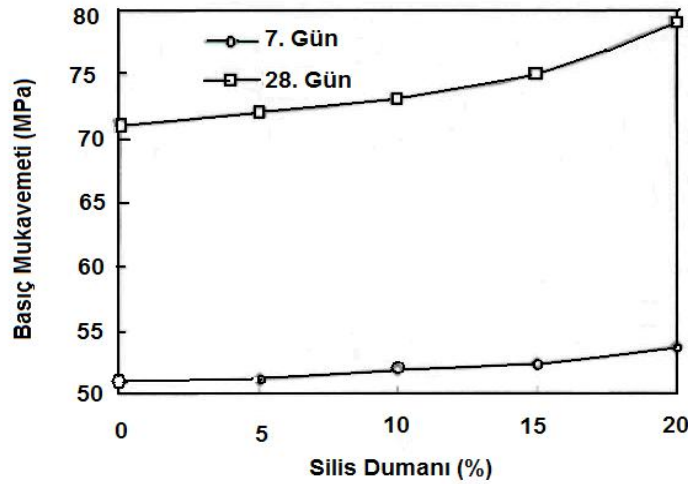
Örneğin çimentoya kil katılması çok değişik aralıklarda mukavemete sahip numuneler elde edilmesi sağlamakla birlikte, kil kullanımındaki temel amaç daha çok geçirgenliği azaltma olmakta ve bu nedenle çimento-kil karışımları, su sızıntısını önlemek için en uygun enjeksiyon malzemeleri olarak kullanılmaktadır. Çimento-kil karışımlarının sertleşmesi, kalsiyum klorit veya sodyum silikat katılarak hızlandırılabilir. Karışımın içinde bir çeşit jel oluşturan kil, çimento danelerini tutarak karışımın çökmesini önler. Bu tür iyileştirmelerde, kullanılan kilin dane büyüklüğü ve likit limit değeri ile karışım içerisindeki miktarı son derece önemli olmaktadır (Domone, 1994). Benzer şekilde puzolanlar, uçucu kül ve silis dumanı, Portland Çimentosu ile beraber karışımın sertleşme özelliklerini iyileştirmek için kullanılmaktadır. Uçucu kül partikülleri Portland çimentosu danelerinin boyutuna sahip olmakla beraber silis dumanı çok daha küçük çap değerlerine sahiptir. Uçucu külün çimento ile kullanılma aralığı gerekli mukavemet ve elastik özelliklere bağlı olarak yaklaşık olarak 1/3 olarak kabul edilebilir.

2.4 LİTERATÜR ARAŞTIRMA

Zemin stabilizasyonu konusunda günümüze kadar pek çok arazi ve laboratuvar çalışması yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları daha çok deneysel amaçlı olup numunenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde katkı maddelerinin etkisinin araştırılması içermektedir. Laboratuvar deneylerinden kazanılan bilgi ve deneyimler ise arazideki uygulamalarda amaca ve zemin türüne bağlı olarak zemini iyileştirme olanakları konusunda yol gösterici olmaktadır.

Bu bölümde, konuyla ilgili olarak değişik araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları genel olarak özetlenmiş ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

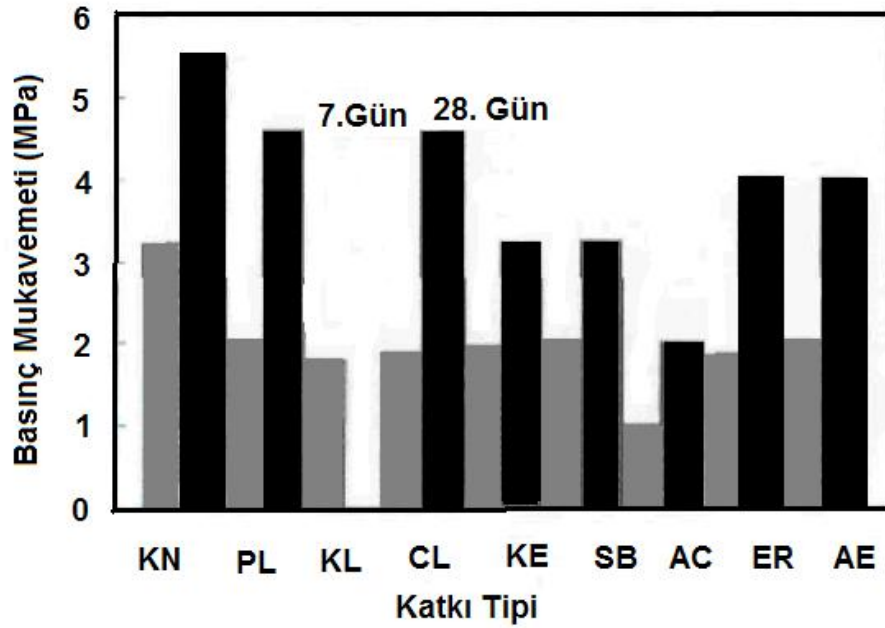
Pierre-Claude Aitcin vd. (1984) tarafından yapılan çalışmada, farklı oranlarda silis dumanı ve çimento kullanımı ile elde edilen numunelerin viskozite, tiksotropi, büzülme mukavemetinin zamanla değişimleri incelemiştir. Çalışmada çimento ağırlığının % 5, 10, 15, 20 oranlarında silis dumanı kullanılarak beş farklı numune elde edilmiştir. Silis dumanı kullanılmayan numunede başlangıçta su/çimento 0.4 olarak alınan oran, kullanılan silis dumanı miktarı ile artırılmıştır. Karışımlarda çimento ağırlığının %0.8–1.2 oranında süper akışkanlaştırıcı (naftalin formaldehit) kullanılmıştır. Çalışmalar sonucunda, karışımlarda kullanılan silis dumanı oranı ile karışım numunelerin viskozite ve basınç mukavemeti değerlerinin arttığı gözlenmiştir (Şekil 2.2). En büyük basınç mukavemeti %20 silis dumanı kullanılan numunelerde meydana gelmiş ve referans numunesine göre artış %10 oranında gerçekleşmiştir.



Şekil 2.3. Silis Dumanı Katkılı Karışımların Basınç Mukavemeti Değişimi (Aitcin, 1984)

McFarlane ve Holtz (1992) tarafından gerçekleştirilen çalışmada zemin olarak ince kum ve silt katkı olarak çelik lif (ÇL), karbon lif (KX), kevlor (KE), polipropilen lif (PL), styrene-latex (SB), acrylic latex (AC), epoksi reçinesi (ER) ve asfalt emülsiyonu (AE) kullanılmıştır. Ayrıca, yapılan çalışmaları kontrol etmek için katkısız numuneler (KN) hazırlanmış ve daha sonra numunelerin mukavemetleri, elastisite modülü ve permeabilitesi test edilmiştir.

Deneylede %63-70 zemin, %12-14 çimento, %5-0.2 bentonit, %15-18 su ve katkıları %0-0.4 oranlarında alınmış ve katkı tipi, zemin tipi, kür süresi, karıştırma oranı parametre olarak seçilmiştir. Numuneler hazırlandıktan sonra 100 mm çapında, 200 mm uzunluğunda kalıplara konulmuş ve her bir kalıp 30 saniye süreyle, yoğunlaştırmak ve hava kabarcıklarını çıkarmak için sarsma tablası üzerinde bırakılmış, daha sonra deney yapılincaya kadar %100 nemli bir ortamda kür edilmiştir. Şekil 2.3'te elde edilen sonuçlar grafik şeklinde sunulmuştur.



Şekil 2.4. Farklı Karışımların Basınç Mukavemeti Değişimleri (McFarlane, Holtz, ;1992)

Tosça ve Evans (1992) tarafından yapılan çalışmada farklı oranlarda çimento, uçucu kül, bentonit ve bazı hava sürükleyici katkıları kullanılarak çok sayıda karışım elde edilmiştir. Tüm karışımlar su, çimento ve doğal katkılardan oluşacak şekilde hacimsel olarak 1:1:1 oranında hazırlanmıştır. Çalışmada 1.25 mm den daha büyük kaya çatlakları veya zemin boşluklarının en ekonomik ve en etkili şekilde doldurulması amaç edinilmiştir. Mikserde karıştırılarak elde edilen karışımlar 7.1 cm çapında ve 14 cm yüksekliğinde kalıplara dökülerek 28 gün boyunca %100 nemde kür edilmiş ve daha sonra numunelerin 1, 7, 14, 28 günlük mukavemetleri

belirlenmiştir. Deney sonuçlarında en düşük mukavemeti hava sürükleyici katkıların kullanıldığı kum/uçucu kül ve uçucu kül karışımlarının verdiği gösterilmiştir (Çizelge 2.2). Yine kullanılan bentonit miktarına bağlı olarak karışımların büzülme ve şişmesi değerlendirilmiş, %50 oranında kum ve uçucu külün kullanıldığı karışımlarda bentonit miktarına bağlı olarak şişme meydana geldiği gözlenmiştir.

Çizelge 2.2 Katkılı Karışımların Basınç Mukavemetinin Zamanla Değişimi (Tosça, Evans ;1992)

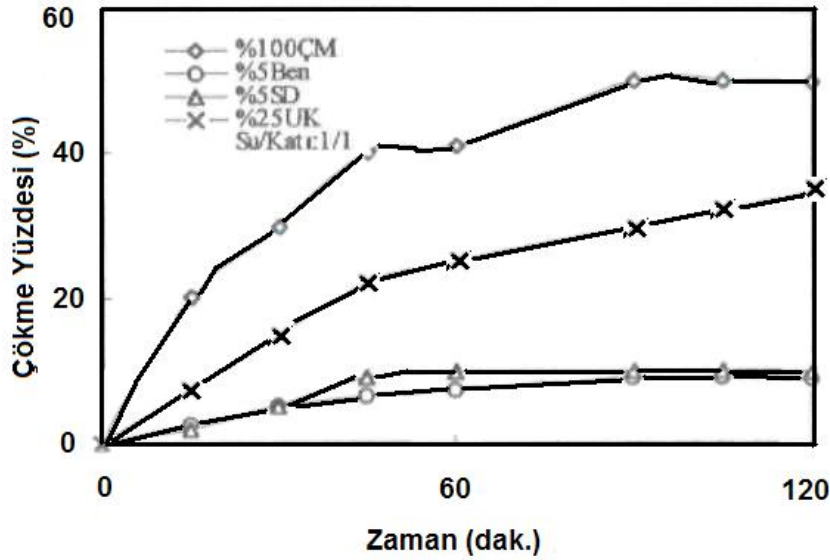
Karışım	Katkı Oranları (hacim)				Katkı Oranları (ağırlık)		Bas Muk.(Mpa)	
	Su	Çimento	Kum	Uçucu Kül	Bentonit	Hava Sür.	7.Gün	28.Gün
A	1	1	1	0	0	0	7.69	16.02
AA	1	1	1	0	0.5	0	10.3	9.1
AAA	1	1	1	0	0	1	7.57	10.19
B	1	1	0.5	0.5	0	0	10.13	18.92
BB	1	1	0.5	0.5	0.5	0	8.66	17.44
BBB	1	1	0.5	0.5	0	1	2.26	3.17
C	1	1	1	1	0	0	18.7	14.97
CC	1	1	1	1	0.1	0	16.91	18.56
CCC	1	1	1	1	0	1	2.13	3.58

Vipulanandan ve Shenoy (1992) tarafından yapılan çalışmada ise genel olarak çimento ve çimento esaslı karışımlar ve bu karışımlarla enjeksiyon yapılan kumların özellikleri incelenmiştir. Laboratuvar deneylerinde çimento, çimento-sodyum silikat (%5), çimento-bentonit (%5), çimento-kalsiyum silikat (%5), çimento-silis dumanı (%5) ve çimento-uçucu kül (%25F) kullanılarak elde edilen karışımların viskozite, sertleşme süreleri, sulanma ve basınç mukavemeti araştırılmıştır. Çalışmalarda dane büyüklüğü 0.8-60 μ m olan normal Portland Çimentosu kullanılmış, katkılar çimento ağırlığına göre eklenmiştir.

Karışımlarda kullanılan bentonitin ise 0.2-6 μ m mikron arasında değiştiği ifade edilmiştir. Katkı maddeleri, kum ortama enjeksiyon yapılarak 38 mm çapında 74-90 mm uzunluğunda enjeksiyon uygulanmış numuneler elde edilmiş ve bu numuneler deney gününe kadar su

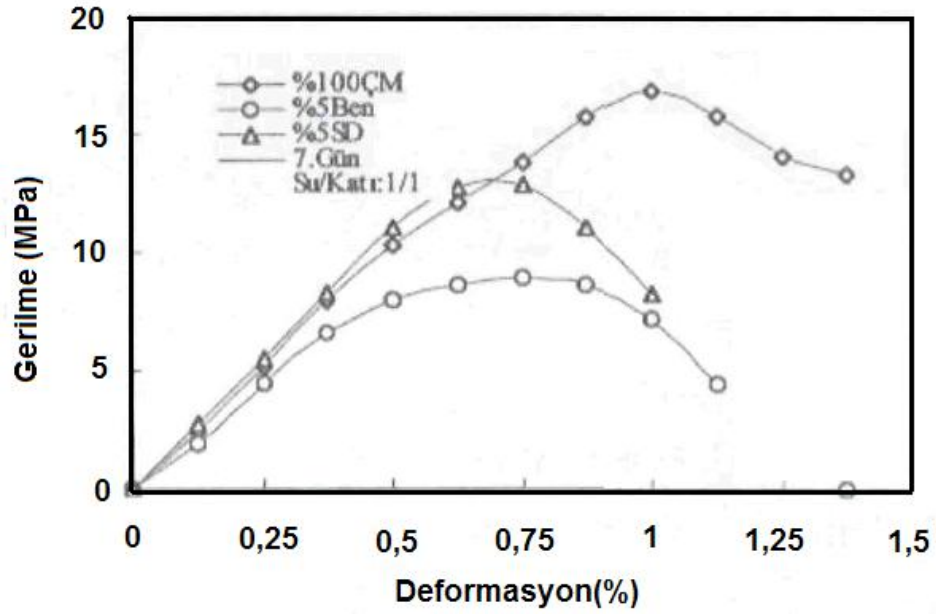
içerisinde kür edilerek 7. ve 28. gündeki basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Karışımlarda su/katı oranı 1 alınmıştır.

Enjeksiyon deneylerinde kullanılan zeminin uniformluk katsayısı $C_u=1.49$ ve derecelenme katsayısı $C_c=1.05$ olarak belirlenmiştir. Kalsiyum klorit, sodyum silikat ve bentonitin de kullanıldığı karışımların viskozite değerlerinin yüksek olduğu ifade edilmiştir. Karışımda kullanılan bentonit başlangıç ve final priz sürelerini uzatırken kalsiyum klorit priz başlangıç ve priz bitiş sürelerini düşürmüştür. Deneysel çalışmalarda en fazla sulanma %50 oranında çimento karışımlarında meydana gelirken, bentonit ve silis dumanı sulanmayı önemli miktarda düşürdüğü grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 2.5).



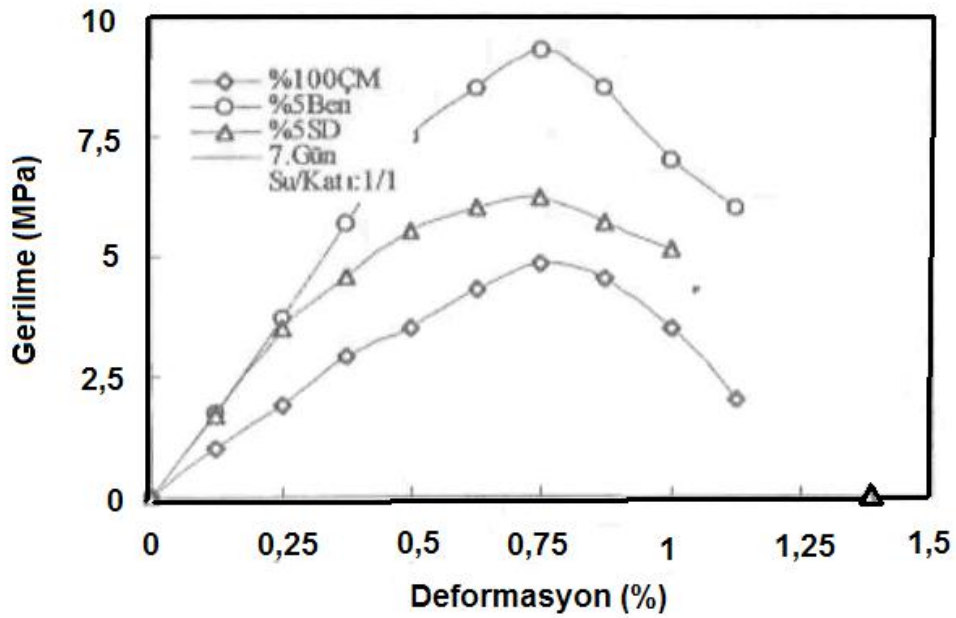
Şekil 2.5. Farklı Karışımların Çökme Yüzdesinin Zamanla Değişimi (Vipulanandan, 1992)

Yapılan basınç testleri sonucunda 7. ve 28. günde en yüksek basınç mukavemetini çimento karışımı verirken silis dumanı kullanılan numuneler bentonit kullanılan numunelerden daha fazla mukavemet göstermiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.6. Farklı Karışımların Gerilme Deformasyon İlişkisi (Vipulanandan ve Shenoy, 1992)

Enjeksiyon yapılan numunelerde ise bentonit kullanılan numuneler, çimento ve silis dumanı kullanılan numunelerden daha fazla dayanım göstermiştir. (Şekil 2.6).



Şekil 2.7. Farklı Karışımlarla Enjeksiyon Uygulanmış Numunelerin Gerilme Deformasyon İlişkisi (Vipulanandan ve Shenoy, 1992)

Schwarz ve Krizek (1992) tarafından yapılan çalışmada farklı su/çimento oranlarında ince daneli çimentolar kullanılarak, değişik hıza sahip karıştırıcılar tarafından enjeksiyon karışımları elde edilmiş ve karışım numunelerinin mukavemet değerlerinin karıştırma mekanizmasıyla ilişkisi araştırılmıştır. Deney sonuçlarında karışımların bu özelliklerinin karıştırma tipi ile (karıştırıcı tipi) değişim gösterdiği ortaya konmuştur.

Deneysel çalışmalarda dört farklı çimento; normal Portland, ince daneli MC-100, MC-300, MC-500 ve farklı hızlara sahip beş farklı karıştırıcı kullanılmıştır. Karışımların su/çimento oranı 1/1, 2/1, 3/1, 4/1 alınmıştır. Karışımlar karıştırıcılarda 1 ve 10 dakika karıştırılarak elde edilen karıştırma süresinin numunelerin özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Ayrıca karışımlarda çimento ağırlığının %1'i oranında akışkanlaştırıcı kullanılmış ve katkılar karışım suyuna önceden eklenmiş daha sonra çimento ilave edilmiştir. Yapılan çalışmada 10 dakika karıştırılarak hazırlanan karışımların 1 dakika karıştırılan karışımlara göre daha hızlı çöktüğü ve sonuçta aynı çökme yüzdesine ulaştıkları ifade edilmiştir. Bazı karışımlara %10 oranında katılan silis dumanı ve bentonitin sulanma miktarını %50 - %75 oranında düşürdüğü gözlenmiş ve karıştırma süresinin artması ile viskozitenin arttığı ifade edilmiştir.

Aynı çalışmada enjeksiyon karışımlarının priz sürelerini tayin etmek için 5 cm çapında ve 10 cm uzunluğunda kalıplar kullanılmış ve numuneler deney süresi boyunca kapalı tutularak nemli bir ortamda bırakılmıştır. Sonuçta karıştırma sürelerinin sertleşme süresine etki etmediği gözlenmiştir.

Krizek ve Helal (1992) tarafından yapılan deneysel çalışmada relatif sıklığı 65 ± 5 olan Ottawa kumu, 70 kPa enjeksiyon basıncı altında ince daneli çimento (MC-500) karışımı ile enjeksiyona tabi tutularak numunelerin 7 ve 28 gündeki geçirgenliği ve mukavemeti incelenmiştir. Bu amaçla deney numuneleri 5 cm çapında 15 cm uzunluğunda plastik borularda hazırlanmış ve borular Ottawa kumu ile doldurulduktan sonra 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 su/çimento oranlarındaki karışımlarla enjeksiyon yapılmıştır. Numunelere düşey doğrultuda enjeksiyon yapıldıktan sonra numunelerin yarısı yatay, diğer yarısı ise düşey doğrultuda nem odasında kür edilmiştir.

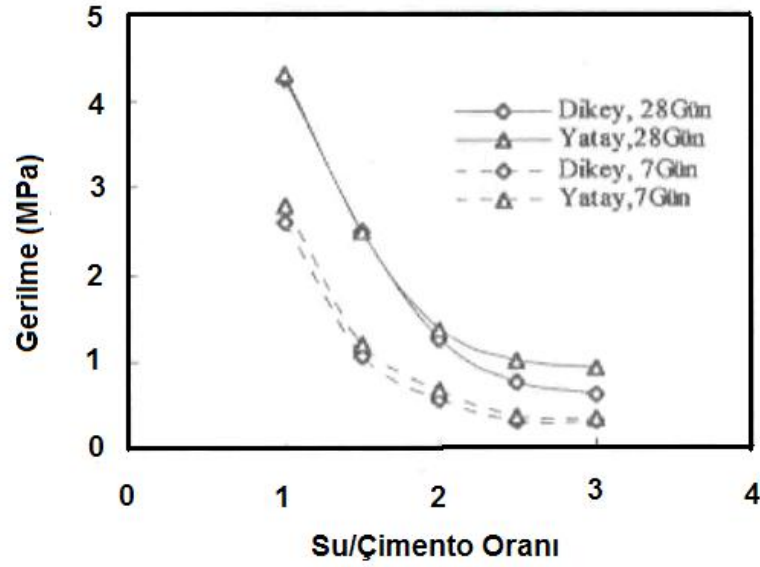
Deney sonuçlarında düşey olarak kür edilen numunelerin yatay olarak kür edilen numunelere göre geçirgenliği daha düşük çıkmıştır (Çizelge 2.3). Ayrıca karışımlarda kullanılan su/çimento oranı arttıkça numunelerin geçirgenliği de aynı oranda artmış ve su/çimento oranı 1.5/1 den büyük olan numunelerde, yatay olarak kür edilen numunelerin basınç mukavemeti düşey olarak kür edilen numunelere göre daha yüksek çıkarken, 1/1 su/çimento oranlarında

yatay ve düşey- kür edilen numuneler arasında önemli bir fark olmadığı gözlenmiştir. (Şekil 2.8).

Çizelge 2.3. Enjeksiyon Uygulanmış Numunelerin Permeabilite Değişimleri (Krizek ve Helal, 1992)

Su / Çimento	Konum	Permeabilite Katsayısı k (cm/sn)		
		7.Gün	14.Gün	28.Gün
1/1	Dikey	Küçük $< 10^{-7}$	Küçük $< 10^{-7}$	Küçük $< 10^{-7}$
	Yatay	Küçük $< 10^{-7}$	Küçük $< 10^{-7}$	Küçük $< 10^{-7}$
1.5/1	Dikey	Küçük $< 10^{-7}$	Küçük $< 10^{-7}$	Küçük $< 10^{-7}$
	Yatay	$8 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-7}$
2/1	Dikey	$4 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$
	Yatay	$3 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-4}$
2.5/1	Dikey	$8 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$
	Yatay	$7 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
3/1	Dikey	$9 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$
	Yatay	$6 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$

Gözlenen bu anizotropik durumun yatay olarak kür edilen numunelerin hidratasyonu sırasında daneler arasında bir basınç iletişimi olması ve düşey yönde kür edilen numunelerde ise boşluklardaki suyun daneler arasında bir basınç azalması oluşturmasından kaynaklandığı ileri sürülmüştür.



Şekil 2.8. Yatay Ve Düşey Kür Edilmiş Numunelerin Basınç Mukavemetinin Su/Katı Oranı ile Değişimi(Krizek ve Helal, 1992)

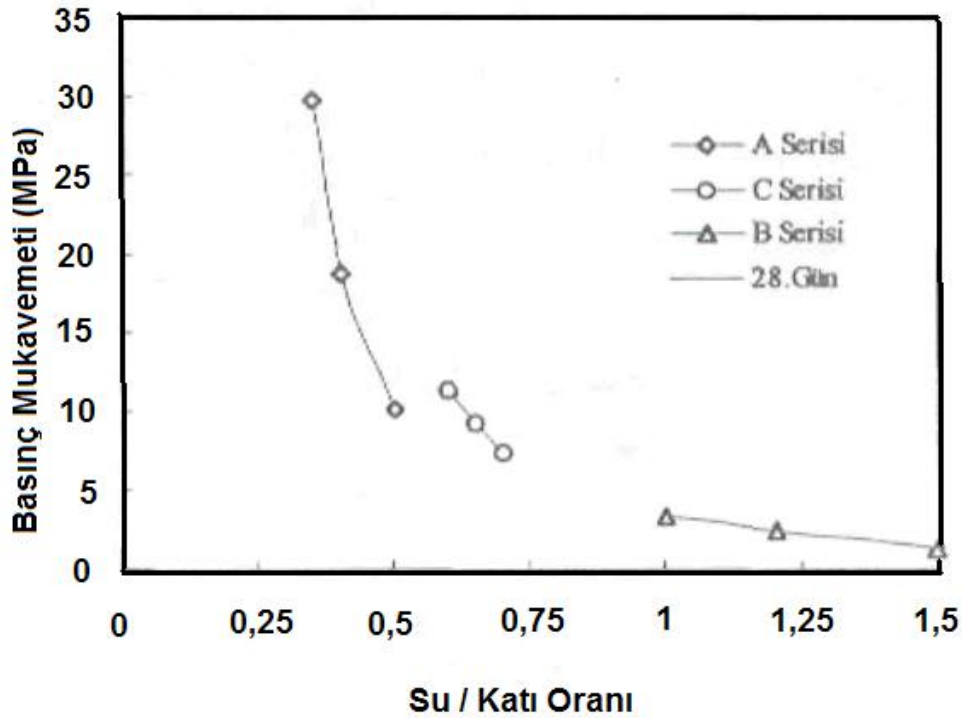
Akira Mori vd. (1992) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada da çap ve yüksekliği 500 mm olan enjeksiyon deney düzeneği kullanılarak kuru birim ağırlığı $\gamma_k = 1,52-1,45$ gr/cm³, kayma mukavemeti açısı $\phi_k = 35-41^\circ$ ve geçirgenliği $k = 2.7 \times 10^{-1} - 5.8 \times 10^{-4}$ cm/sn arasında değişen kum numuneler hazırlanmış ve su ile doygun hale getirilen ortama çevre basıncı uygulanarak enjeksiyon yapılmıştır. Enjeksiyon sırasında numune içindeki boşluk suyu basıncı, enjeksiyon oranı ve enjeksiyon basıncı ölçülmüştür. Daha sonra aynı özellikteki numuneler, çapı ve yüksekliği 800 mm olan ve sadece düşey doğrultuda bir hava yastığı ile numuneye 100 kPa basınç uygulanabilen diğer bir deney düzeneğine yerleştirilerek enjeksiyon uygulanmıştır. Her iki deney düzeneğinde de enjeksiyon çubuğu ile düzeneğin düşey kenarından numune ortasına enjeksiyon yapılmıştır.

Enjeksiyon zeminin mukavemetini artırmak ve geçirgenliğini düşürmek için kullanılan uygun bir yöntem olmasına rağmen laboratuarda uygulanan deney düzeneklerinin deney sonuçları üzerinde farklılıklar gösterdiği belirtilmiştir.

İncecik ve Ceren (1995) tarafından yapılan çalışmada çimento, bentonit, akışkanlaştırıcı ve hava sürükleyici katkıları kullanılarak farklı su/çimento oranlarında karışımlar hazırlanmıştır. Karışımlarda çimento ağırlığının %4 oranında bentonit, %1 oranında akışkanlaştırıcı ve hava sürükleyici katkıları kullanılmıştır. $D_r = 0.50$ relatif sıkılığında podima çakılı

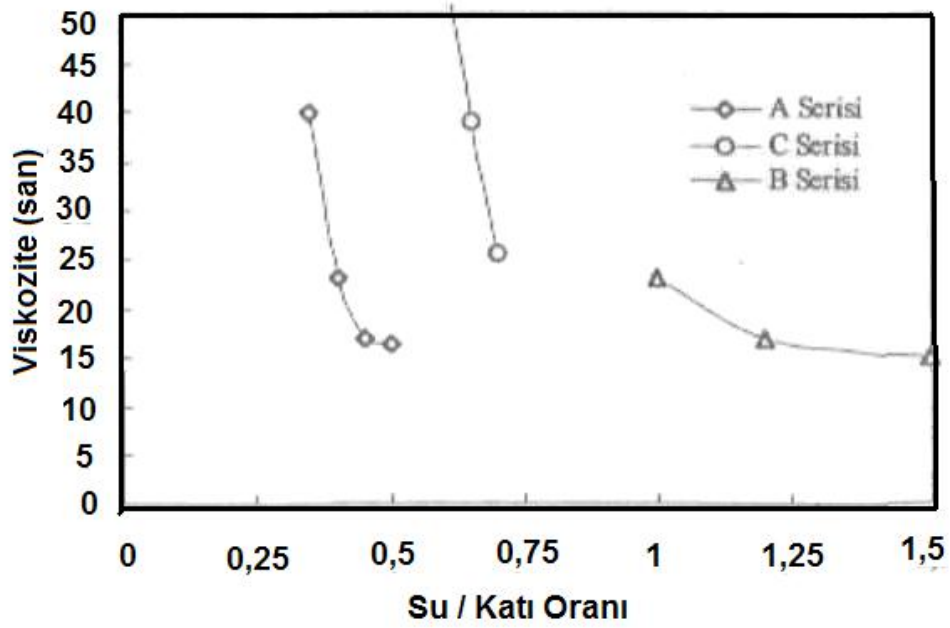
($\gamma_{k\max} = 1.80 \text{ gr/cm}^3$ ve $\gamma_{k\min} = 1.73 \text{ gr/cm}^3$) ile doldurulan 15cm çapında 30cm uzunluğundaki silindir kalıplar daha sonra elde edilen karışımlarla 100 kPa basınç altında enjeksiyona tabi tutulmuştur.

Seri deneyler sonucunda, enjeksiyon yapılan numunelerin 7. ve 28. günlük mukavemet, gerilme deformasyon ilişkisi, basınç mukavemeti ve viskozitenin su/çimento oranı ile değişimleri incelenmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda, enjeksiyon uygulanmış numunelerin basınç mukavemeti su/çimento oranının artmasıyla azalırken (Şekil 2.9), zamanla artış göstermiştir. En büyük basınç mukavemeti değerlerini çimento- akışkanlaştırıcı karışımlarla enjeksiyon yapılan (A serisi) numuneler verirken en düşük mukavemeti %4 bentonit katkılı numunelerin (C ve B serisi) verdiği gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Çimento Enjeksiyonu Uygulanmış Numunelerin Su/Katı Oranı İle Basınç Mukavemeti Değişimi (İncecik ve Ceren, 1995)

Ayrıca enjeksiyon deneylerinde kullanılan karışımların viskozite değerleri karışımın su/çimento oranı ile ters orantılı olarak düştüğü belirtilmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Katkılı Karışımların Viskozite Değerinin Su/Katı Oranı İle Değişimi (İncecik ve Ceren, 1995)

Vipulanandan vd. (1997) tarafından gerçekleştirilen çalışmada petekli hafif karışımların davranışları araştırılarak karışımların sertleşme süresi, viskozite ve mekanik özellikleri karakterize edilmiştir. Çalışmada petekli karışımlar için bir köpük katkı kullanılmıştır, Birim ağırlığı 6.4 kN/m³ ve 8.8 kN/m³ olan petekli karışımlar, düşük birim ağırlığı, kolay yerleşim ile iyi mekanik ve izolasyon özelliklerine sahiptirler. Petekli karışımlar çatı aralarında, döşeme ve duvar panellerinde, ısı ve ses yalıtımlarında, hava alanı çıkışlarında, otoyollarında enerji absorpsiyon bariyerlerinde, endüstriyel güvenlik duvarlarında, tünel ve boru hatlarında, yük dağıtım dolgularında ve geoteknik uygulamalarda dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Petekli karışımların enerji absorpsiyon özelliği, kontrol edilebilir çarpma mukavemeti ve geniş deformasyon kapasitesi gibi mükemmel özellikleri nedeniyle çok popüler olmaya başlamıştır.

Petekli karışımlar, yerleşim ve yerinde performans sağlamak için, kontrol edilebilir bir sertleşme zamanına, iyi bir akış özelliğine ve yeterli basınç mukavemetine sahip olmalı ve aynı zamanda hafif olmalıdır. Köpüklü karışımlar üretmek için bir kaç köpük maddesi mevcuttur.

Çimentolu köpüklerin üretimi için, sabunlaştırılmış ağaç reçinesi, alifatic aromatic sülfatların sodyum bileşimleri, petrol türevleri sülfatlar, kompleks organik bileşikler (keratin ve saponin),

ve uygun köpük katkıları kullanılmaktadır. Bu çalışmada sodyum sülfat katkılı köpük kullanılmışlardır. Çalışmanın amacı birim ağırlığı 6.4 ve 8.8 kN/m³ olan petekli hafif karışımların çalışma özelliklerini tanımlamak ve petekli karışımların test metodları ile mekanik özelliklerine karar vermektir. Deneysel çalışmada farklı birim ağırlıklarda petekli hafif karışımlar hazırlamak için birim ağırlığı 3.7 kN/m³ olan, değişik oranlarda köpük, çimento bulamacına eklenmiş ve laboratuvarında çimento karıştırıcısı (450 rpm) ile en az 5 dakika karıştırılarak farklı ağırlıklarda değişen petekli karışımlar elde edilmiştir. Deneysel sonuçlarda karışımın yoğunluğunun azalması ile beraber viskozite değerinin arttığı, yoğunluk azaldıkça priz süresinin azaldığı ve birim ağırlıkla doğru orantılı olarak basınç mukavemetinin arttığı ifade edilmiştir.

Perret vd. (1997) tarafından yapılan çalışmada normal Portland çimentosu ve ince daneli çimentolardan farklı su/çimento oranlarında karışımlar hazırlanmış ve karışımlarda farklı yüzdelerde silis dumanı, süper akışkanlaştırıcı, su tutucu katkıları kullanılmış ve elde edilen numunelerin özellikleri ve oluşan karışımın enjeksiyon edilebilirliği incelenmiştir.

Deneysel çalışmada, porozitesi $n=0.44$ olan kuvars kumu ile porozitesi $n=0.35$ olan Ottawa kumu kullanılmış ve kum daneleri arasındaki minimum boşluk çapı aşağıdaki bağıntı (Denklemler 2.1) ile belirlenmiştir.

$$d_{\min} = 0.15D \quad (2.1)$$

D, en küçük küresel kum danesinin çapı olup bu çalışmada d_{\min} 'nin değeri kuvars kumu için 15 μm , Ottawa kumu için 45 μm olarak tahmin edilmiştir. Tüm karışımlarda süper akışkanlaştırıcı kullanılırken sadece iki karışımda su tutucu katkı kullanılmış ve su/çimento oranları 0.5, 0.6, 0.8, 1.2 ve 2 olan karışımlar hazırlanmıştır.

Ön araştırmalarda, su/çimento oranı 0.8 olan ince daneli çimento karışımının stabilizesine silis dumanının etkisi olmadığı görülmüştür. Karışımlar 2500 rpm dönme hızına sahip karıştırıcı ile 10 dakika karıştırılarak elde edilmiştir. Daha sonra numune, 4.76 mm açıklığa sahip, mars hunisi içine dökülerek akış süresi ölçülmüştür. Bir litre suyun akış süresi 32 ± 5 sn olarak verilmiştir. Çimento karışımının penetrasyonunu tayin etmek için standart kum kolon testi yapılmıştır. Bu testte, 22 mm iç çapında 370 mm uzunluğunda silindirik bir kolon içerisindeki kumun 75 kPa sabit enjeksiyon basıncı altında, karışımın numuneye nüfus etme uzunluğu ile ölçülmüştür. Karışımın ulaştığı yükseklik, zamanın fonksiyonu olarak alınmıştır (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4 Kum Kolonlarda Enjeksiyon Edilebilirlik Yükseklik Değişimleri (Perret, vd. 1997)

KARIŞIM		ENJEKSİYON YÜKSEKLİĞİ		ZAMAN (sn)
ÇİMENTO	SU / ÇİMENTO	YÜKSEKLİK (cm)	YÜKSEKLİK (%)	
İNCE DANELİ	2.0	37	100	22
İNCE DANELİ	1.2	37	100	69
NORMAL	2.0	37	100	210
NORMAL	1.2	37	100	320
İNCE DANELİ	0.6	20	54	36
İNCE DANELİ	0.5	5	14	2
NORMAL	0.5	5	14	20

Daha stabil değere sahip ince daneli çimento karışımların akış özellikleri değerleri, normal Portland çimento karışımlardan daha yüksek çıkmıştır. İnce daneli çimento karışımlarının enjeksiyon edilebilirliği 1.2 ve 2.0'lık su/çimento oranlarında % 100 olarak gerçekleşmiştir. Enjeksiyon edilebilirlik ince daneli çimento karışımlarda Portland çimentosuna göre daha hızlı olmuş, karışımların su/çimento oranı azaldıkça enjeksiyon edilebilirliği de aynı oranda düşmüştür. Karışımlara çimento ağırlığının %6 oranında katılan silis dumanı enjeksiyon edilebilirliği ve sulanmayı düşürürken viskoziteyi artırdığı ifade edilmiştir.

Ayrıca kimyasal katkı maddeleri ile gerçekleştirilen bazı çalışmalar hakkında da bilgi verilecek olursa;

Shroff ve Shah (1992) tarafından yapılan çalışmada polimer-çimento karışımlarının sulu ortamdaki etkileşimi, toprak ve kaya dolgu barajların temel iyileştirilmesinde kullanımı, karışımların viskozite ve mukavemetinin zamanla değişimi araştırılmış, sonuçta polimer esaslı çimento karışımlarının tabaka içerisindeki dağılımı ve su/çimento oranının optimizasyonu için gerekli oransal yaklaşımlar verilmiştir.

Çimento karışımlarında sertleşmeyi sağlamak için kalsiyum klorit, sodyum silikat ve Metil metilakrilit hızlandırıcı, kalsiyum lignosülfanat su tutucu olarak kullanılmıştır. Deney karışımlarında inceliği 2800 cm²/gr, priz başlama ve bitiş süresi 45-90 dakika olan Hindistan

Portland çimentosu ve katkı olarak karışımların %90-95 oranında kimyasallar ve polimerler kullanılmıştır. Karışımlar değişik hızlara sahip uygun bir karıştırıcı ile homojen karışım elde etmek için karıştırılmış, daha sonra fiziksel ölçümler (spesifik ağırlık, pH, akışkanlık, jel suresi, sulanma, jel mukavemeti) yapılmıştır. Su/çimento oranları 0.6 ve 1.0 olarak seçilen karışımlarla yapılan deneylerde içerisinde kullanılmayana göre daha yüksek basınç mukavemeti elde edildiği ortaya konulmuştur.

Hung-Jiun Liao vd. (1992) tarafından yapılan çalışmada, MC-500 ince daneli çimento ile farklı oranlarda sodyum silikat katkılarından oluşan karışımların fiziksel ve mekanik özellikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Karışım oranlarının viskozite, jel suresi üzerindeki etkisi araştırılarak, bu oranların mukavemeti ne oranda değiştirdiği ortaya konulmuştur. Deneylerde, su/çimento 1/1 ile 1/5 arasında oranlarda hazırlanan karışımlarda, sodyum silikat karışım hacminin % 10-80' i arasında değiştirilerek enjeksiyon karışımları elde edilmiştir. Hacimsel olarak %20 sodyum silikat miktarının sabit tutulduğu karışımlarda su/çimento oranı 2/1-5/1 arasında değiştirilerek bir seri deney yapılmıştır. İkinci seride su/çimento oranı 2/1 de sabit tutularak, sodyum silikatın miktarı hacimsel olarak %10-60 oranında değiştirilerek deneyler yapılmıştır. Deneylerde $D_{50}=3.5\mu\text{m}$, inceliği-8800 cm^2/gr olan ince daneli çimento MC-500 ve yoğunluğu 1,38 gr/cm^3 , viskozitesi 180 cp, $\text{PH}=11.3$, $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}=3.22$ olan sodyum silikat kullanılmıştır.

Yüksek hızlı mikser (10.000 rpm) kullanılarak elde edilen karışımlar alt tarafı kapalı 37.5 mm çapında 6.4 mm kalınlığında darbelere dayanıklı kaplara dökülerek numuneler hazırlanmıştır. Kür esnasında numunelerin renk değişimi incelenerek katkılı karışımlar sade çimento karışımları ile karşılaştırılmıştır. Deneylerde viskozite ve basınç mukavemeti değerleri orantılı değişim göstermiş, %20 sodyum silikat içeren numunelerde su/çimento oranının artması ile basınç mukavemeti azalmış ve sabit su/çimento oranında (2/1) sodyum silikat oranının (% 10-60) artması ile 28. günde basınç mukavemeti %30 oranında artış göstermiştir. Ayrıca deney sonuçlarında karışım numunelerinin koyu yeşil renge dönüşmesinin mukavemetin artışının işareti olduğu ifade edilmiştir.

Krizek vd. (1992) tarafından yapılan çalışmada ince daneli çimento (MC-500) ve sodyum silikat karışımları kum zemine enjeksiyon yapılarak numunelerin mekanik özellikleri araştırılmıştır. Çalışmalarda numuneler üzerinde serbest basınç, drenajlı ve drenajsız üç eksenli deneyler yapılmış ve gerilme-deformasyon davranışı incelenmiştir. Deney sonuçları

sade çimento enjeksiyonu yapılan numunelerle karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Çalışmada üç farklı boşluk oranında $e=0.70$, $e=0.59$, $e=0.95$ hazırlanan Ottawa 20-30 kumu kullanılmıştır. Kumun dane çapı 0.59-84 mm, $e_{max}=0.77$, $e_{min}=0.45$, uniformluk sayısı $C_u=1$ olarak verilmiştir. Su/çimento oranı 2/1 olan karışımlarda %20 ve %40 oranında sodyum silikat, %20 silikat içeren karışımlarda su/çimento oranı 3/1, 4/1, 5/1 alınmıştır.

Kalıplara dökülerek vibratör ile istenilen yoğunlukta sıkılaştırılan kum malzeme orta ve sıkı numuneler için 75 ± 5 ve 81 ± 10 , gevşek numuneler için 21 ± 5 sıklıkta hazırlanmıştır. Deneylede 15 kPa enjeksiyon basıncı kullanılarak enjeksiyon yapılan numuneler yeterli prizden sonra kalıptan alınmış daha sonra test gününe kadar su içinde kür edilmiştir.

Numunelerin tamamı gerilme-deformasyon grafiğinde kırılma noktasına kadar lineer bir ilişki göstermiştir. Numunelerin basınç mukavemetinin, kür süresi ve başlangıçtaki yoğunlukları ile artış gösterdiği belirtilmiştir. Enjeksiyon uygulanmış numunelerde relatif sıklık %21'den 81'e çıkarken serbest basınç mukavemeti 3,2 MPa dan 3,5 Mpa' a çıkmıştır.

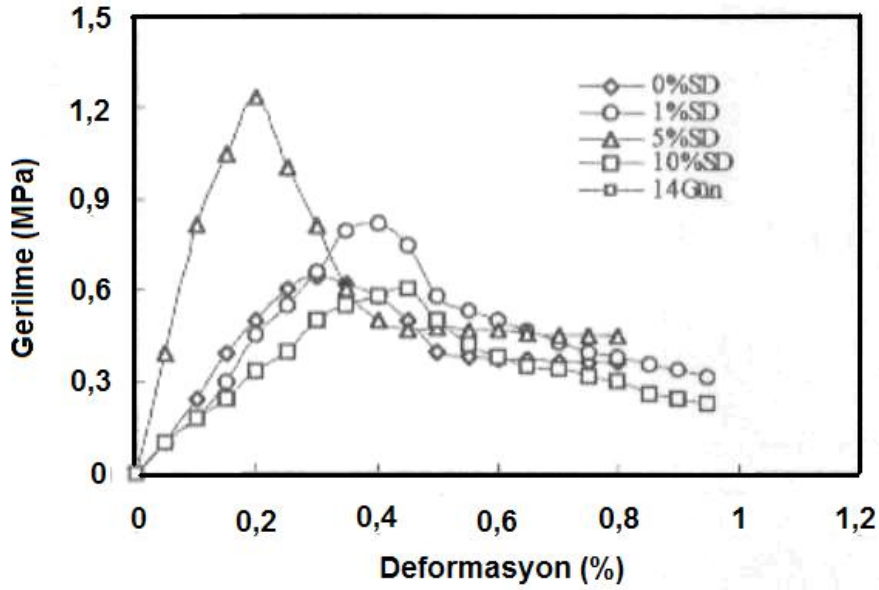
Krizek vd. (1992) tarafından yapılan çalışmada AC-400 akrilit polimer karışımı ve bu karışımla enjeksiyon yapılan kum numunelerin gerilme-deformasyon, sünme davranışı, su absorpsiyon özelliği ve şişme basıncı araştırılmıştır. Deneylede kullanılan AC-400 karışımının yoğunluğunun 1.04 gr/cm³ pH=7.5-9.5 arasında değiştiği ve karışım içinde ağırlık olarak %40 akril amid ve %60 oranında su bulunduğu belirtilmiştir. Enjeksiyonda Ottawa 20-30 kumu 3.8 cm çapında silindir PVC kalıplar içine konularak $D_r=0.90$ olacak şekilde numuneler hazırlanmış ve 30 kPa basınç altında alttan üste doğru 5 dakika süresince enjeksiyon yapılmıştır.

Nem ortamında kür edilen numuneler daha sonra basınç mukavemeti için kükürt ile kaplanmıştır. Çalışmada farklı katalizörler kullanılarak akrilit karışımların jelleşme süreleri tespit edilmiş ve viskozite değerleri belirlenmiştir. %1-%4 oranında katalizör kullanılarak jelleşme süresi hızlandırılmış veya geciktirilmiştir. Ayrıca jel sürelerinin farklı sıcaklıklarda değişimi incelenmiş ve AC-400 karışımların jel sürelerinin sıcaklıkla hızlandığı ifade edilmiştir. Deney numuneleri prizini çok hızlı bir şekilde (birkaç saat) tamamlamış ve basınç mukavemetinin 28 gün boyunca değişmediği belirtilmiştir. Enjeksiyon uygulanan numunelerin serbest basınç mukavemeti 0.28 Mpa civarında ölçülürken, enjeksiyon karışımlarından elde edilen numunelerde de bu değer 0.55 Mpa seviyesinde olduğu belirtilmiştir.

Ata ve Vipulanandan (1997) tarafından yapılan deneysel çalışmada sodyum silikat, çimento, silis dumanı katkılı karışımların çalışabilirlik, sertleşme süresi, sulanma, viskozite, basınç, mukavemeti ve enjeksiyon yapılan kumların davranışları araştırılmıştır. Deneylerde, dane çapı 0.1-0.15 μm mikron arasında değişen silis dumanı, çimento ağırlığının %5-10-15 oranında çimento karışımlarına ve sodyum silikatın %1,5-10 oranında ise silikat karışımlarına katılmıştır. Daha sonra enjeksiyon karışımlarının priz süreleri, sulanma oranları ve viskozite değerleri belirlenmiştir. Silis dumanı yüzdesi, karışımların jelleşme sürelerini düşürmüş, aynı zamanda karışımların çökelme yüzdesini azaltmıştır. Ayrıca silis dumanı miktarı ile karışımların viskozite değerleri artmıştır. Elde edilen karışımlar 13.8 kPa basınç altında 38 mm çapında, 90 mm uzunluğunda kum numunelere enjeksiyon yapılmış ve elde edilen çimentolu numuneler su içinde silikatlı numuneler ise nemli plastik ortam içinde kür edilmiştir.

Normal Portland çimentosu kullanılarak elde edilen ve su/katı oranı 1 olan karışımlar $D_{10}=1.65$ mm, $D_{60}=2.3$ mm ve $C_u=1.49$ olan kum ortama enjeksiyon yapılmıştır. Sulu sodyum silikat (%50) karışımları ise D_{10} ve D_{60} değerleri sırasıyla 0.65 ve 0.72mm, C_u , $C_c=1$ olan kum (Ottowa 20, 30) enjeksiyonunda kullanılmıştır.

Deney sonuçlarında %5 silis dumanı katkılı karışımın 28. günde çimento karışımına göre %30 daha yüksek dayanımı vermiş ve silikat karışımlarda silis dumanı yüzdesi artışıyla orantılı olarak mukavemetin düştüğü ifade edilmiştir. Aynı şekilde silikat karışımlarda %5 silis dumanı en iyi sonucu vermiştir (Şekil 2.11). %1 ve %5 oranında silis dumanı katkılı silikat karışımlarla enjeksiyon uygulanan numunelerin basınç mukavemeti %50 ile %100 oranında artmış ve %10 oranda silis dumanı katkılı silikat karışımlar çimentoya yakın değerler verdiği gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Silis Dumanı Katkılı Silikat Enjeksiyonu Uygulanmış Numunelerin Gerilme Deformasyon ilişkisi (Ata ve Vipulanandan, 1997)

Lovvth ve Gabr (1997) tarafından yapılan çalışmada ürethan enjeksiyonu yapılan kumun geçirgenlik ve mukavemet özellikleri ile ürethanın geçirimsizlik yapılarında kimyasal karışım olarak kullanımı araştırılmıştır. Karışımlar su, jel, jel süresi belirleyici ve jel sertleştirici katkılardan oluşmaktadır. Ürethan, su ile reaksiyon içeren hidrolik bir reçinedir. Ürethan sıvı fazda 20-60 cp viskozite ve 6.8-7.5 pil değerine sahiptir ve sertleştiğinde 1.5-2 kPa çekme mukavemeti oluşturduğu belirtilmiştir. Karışımlarda kullanılan ürethanın zehirsiz olduğu ifade edilmiştir.

Deneysel çalışmada karışımların viskozite, jelleşme süreleri ve enjeksiyon yapılan kum ortamın permeabilite değişimleri incelenmiştir. Mukavemet deneyleri için %50 jel süresi ayarlayıcısı, %45 su ve %5 jel sertleştiriciden oluşan karışımlar kullanılmıştır. Kullanılan su oranı %0.08, özgül yoğunluğu $\gamma_s=2.65 \text{ gr/cm}^3$, $\gamma_{\min}=1.49 \text{ gr/cm}^3$, $\gamma_{\max}=1.73 \text{ gr/cm}^3$ ve hidrolik iletkenlik $k_{\min}=2.10^{-6} \text{ mm/s}$, relatif sıkılık $D_r=0.50$ ve içsel sürtünme açısı $\phi=35^\circ$ olup havada kurutulmuş uniform kum kullanılmıştır.

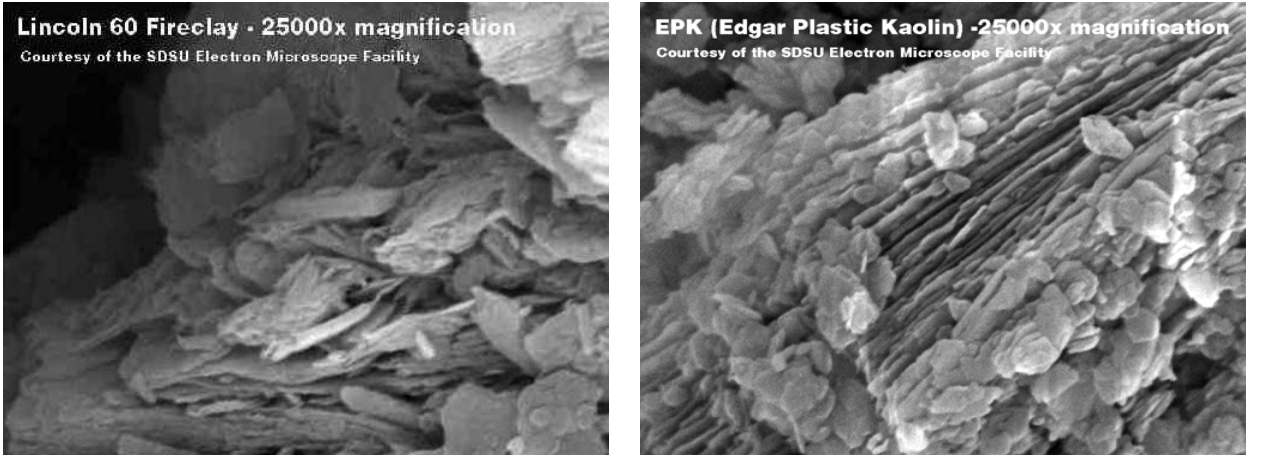
Deneylerde istenilen özellikte kum 300 mm çapında 600 mm uzunluğunda akrilik kolon içerisine konulmuş ve daha sonra 2 litre/dakika hızda ürethan enjeksiyonu yapılmıştır. Numuneler 24 saat sonra kalıptan alınmış ve 70 mm çapında numuneler hazırlanmıştır.

Deneysel çalışma sonucunda üretan karışımlarının viskozite değerlerinin 43-225 cp, jelleşme sürelerinin ise 15-21 dakika arasında değiştiği belirtilmiştir. Enjeksiyon yapılmış numunelerin hidrolik iletkenliğinin ise $k=4.6 \times 10^{-8}$ mm/sn - 1.5×10^{-8} mm/sn arasında değiştiği ve kayma mukavemeti değerinin 7. günde 12.4 kPa olduğu belirtilmiştir.

3. KİLLERİN GENEL YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

3.1 Giriş

Geoteknik mühendisliği açısından killerin davranış özelliklerinin belirlenmesi önemlidir. Mühendislik uygulamalarında yeryüzünde hemen hemen her yerde killer ile karşılaşmaktadır. Fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından killer diğer zemin türlerinden ayrılırlar. Kil daneleri mikroskobik veya daha küçük daneleri içeren, 0,002mm'den daha küçük çaplı, ana kayanın ayrışması sırasında hidratlanmış alümino-silikat olarak kimyasal yapısını oluşturan bir zemin türüdür. Fiziksel yapısı itibariyle killer, iri daneli zeminlerden yassı, plaka görünümlü dane yapıları ile ayrılırken, bu şekilleri ve dane boyutlarının küçüklüğü nedeniyle küre veya küpe benzer şekilli danelerden daha büyük bir özgül yüzeye sahip olurlar. Şekil 3.1 'de elektron mikroskobu altında büyütülmüş iki kil zemine ait görüntüler görülmektedir.



Şekil 3.1.Killerin mikroskop altında görüntüleri (Wisconsin Üniversitesi, 1984)

Kil zeminlerin bütün mühendislik davranışları sahip oldukları su içeriğinden etkilenirler. Buna göre, bir kil zemin suyunu kaybettiğinde sertleşirken, su içeriğinin artmasıyla aynı zemin çamursu bir görüntüye dahi ulaşabilir. Bunun yanında genellikle minerallerin değişime uğramaları sonucunda killer danelerinin yassı şekilli olmalarının da etkisiyle su içeriğine bağlı olarak plastik davranış gösterme eğilimine de sahiptirler. Kil danelerinin etrafındaki su daneleri kil danelerin birbirleri üzerinde kaymasına imkân sağlayabilir ve daneler birbirlerine paralel şekilde yan yana yerleşmiş veya gruplar halinde dağılmış yapıya sahip olabilirler. Şekil 3.2'de bir kil zeminin kurumuş çatlaklı yüzeyi, Şekil3.3'de ise suya doymun haldeki görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3.2. Killerin kuruma çatlaklı görüntüsü
(Washington State Üniversitesi)



Şekil 3.3. Killerin suya doygun haldeki
görüntüsü (Washington State Üniversitesi)

Örselenmiş ve yoğrulmuş kil numunelerinin davranışlarındaki farkın, danelerin yerleşmesindeki değişimler ve kilin iç yapısının bozulmasından kaynaklandığı bilinmektedir. Killerde tutulan su dane özgül yüzeylerinin büyük olmasından dolayı kil danelerinin etrafını su filmlerinin sarması nedeniyle daha fazladır. Adsorpsiyon kuvvetlerinin etkisi dane yüzeyinden uzaklaştıkça azaldığı için, dane ile temasta bulunan suyun yüzey gerilimi ile dane üzerinde tutulma etkisi yüzeyden uzaklaştıkça azalmaktadır.

Killerin kıvamının su muhtevasına bağlı olarak katı-plastik-viskoz sıvı kıvamları arasında değişmesinin nedenlerini anlayabilmek için, daneleri oluşturan minarelerin kristal yapısını ve daneler ile boşluklardaki suyun ve içindeki kimyasal maddelerin çökmesi sırasında ve daha sonraki arazi koşullarında karşılıklı etkileşimi incelemek gerekir. Killi bir zeminin kıvamı, yalnızca içindeki su miktarı artırılarak çok geniş bir aralık içinde değiştirilebilmektedir. Buna bağlı olarak da, mukavemet, yük altında şekil değiştirme ve sıkışma gibi mühendislik özelliklerinde büyük farklılıklar meydana gelebilmektedir.

Zemin sınıflandırılmasında plastisite özellikleri ile zemin bileşenleri ve mekanik davranışı arasındaki bağlantı çok önemlidir. Plastiklik, bütün kohezyonlu zeminlerin bir karakteristiğidir. Yoğunluk olarak fazla kil mineralleri fazla bulunan zeminlerde likit, plastik limitler ve plastisite yüksektir.

Killerin bir başka önemli özelliği ise permeabilitesinin düşük olmasıdır. Bunun sebebi daneler arasındaki boşlukların, diğer zemin türlerine göre çok küçük olmasıdır. Bu nedenle killerde drenaj zor olup konsolidasyonun uzun süreli olması da, suyun zemin dışına doğru

gerçekleşecek hareketinin güç olmasından kaynaklanmaktadır. Suyu doygun killerde sıkışma yüklemesi nedeniyle oluşacak artık boşluk suyu basıncının sönmelenmesi sonucu meydana geldiğinden, zamana bağı olarak, yüklenen zeminden suyun dışarı çıkması, ince daneli zeminlerin permeabilitesi çok düşük olduğundan oldukça uzun sürmektedir. Konsolidasyon işleminin tanımlanması ile birlikte killeri için önemli bir özellik olan normal konsolide ve aşırı konsolide kil tanımlamalarının yapılması gerekirse; zemindeki bir kil tabakası üzerinde arazide bulunduğu derinlikteki gerilme (üzerinde yer alan tabakaların ağırlığından dolayı) o kil tabakası üzerinde geçmişte etkileyen gerilmelerden daha küçükse, başka bir deyişle tabaka geçmişte daha yüksek bir gerilme altında konsolide olduktan sonra, bu yükün bir kısmı sonradan bir şekilde azalmışsa bu tür killi zeminler ön yüklenmiş veya aşırı konsolide kil olarak nitelendirilirler. Üzerinde etkileyen jeolojik yük, o tabaka üzerinde etkimiş en yüksek konsolidasyon basıncına eşit olan killeri ise normal konsolide olarak adlandırılırlar.

Aşırı konsolide kilin sıkışma indisi küçüktür, çünkü aşırı konsolide bir kil üzerindeki yük ön konsolidasyon basıncı değerine ulaşınca kadar çok az sıkışır. Bunun yanında ön konsolidasyon basıncı değeri aşıldıktan sonra daha büyük miktarda bir sıkışma meydana gelmeye başlar. Aşırı konsolide kilin konsolidasyon katsayısı normal konsolide kile göre daha büyüktür, ve aşırı konsolide bir kilde sıkışma daha kısa sürede gerçekleşir. Normal konsolide bir kil zemin yük altında deformasyona uğrarken yük kaldırıldığında yaptığı deformasyonun bir kısmı geri döner. Killerdeki permeabilite katsayısının düşüklüğü, aşırı konsolide kil içinde geçerlidir. Fakat aşırı konsolide kilin permeabilitesi normal konsolide kile göre daha büyüktür.

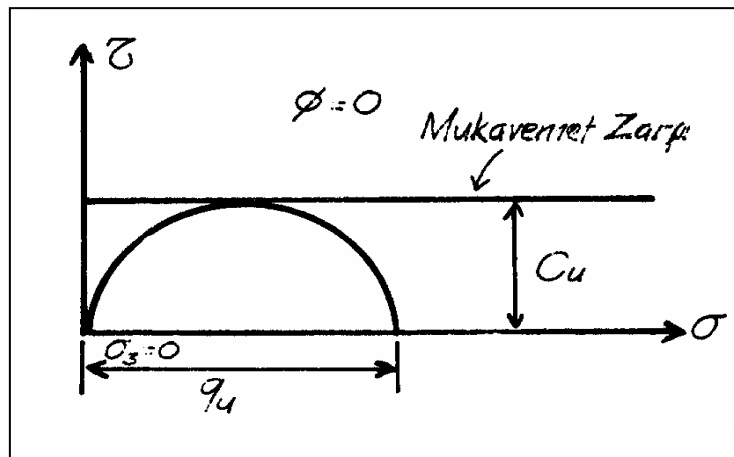
Zemin tabakalarında uygulanan yükler altında meydana gelen sıkışmanın tek yönlü olduğu kabul edilmektedir. Her hangi bir yapıda zemine aktarılan düşey yükler altında, yatay düzlemler boyunca oluşan sürtünme ve adhezyon kuvvetleri zeminin yatay yönde yer değiştirmesine engel olmaktadır.

3.2 Killi zeminlerin kayma mukavemeti

Zeminlerde göçme meydana gelebilmesi için, olası bir kayma düzlemi boyunca kayma direncinin aşılması gerekmektedir. Bu düzlem her zaman en büyük kayma düzlemi olmayabilir. Genellikle göçme belli bir kayma düzlemi üzerinde etkiyen normal ve kayma gerilmelerinin ortaklaşa etkisi sonucu ortaya çıkmaktadır. Zeminin kayma mukavemeti ise, göçmeye meydan vermeden karşı koyabileceği en büyük kayma gerilmesi olarak tanımlanabilir.

Killi zeminlerde kayma mukavemetinin kumlu zeminlere göre arazideki koşullar altında geçerli olacak şekilde belirlenmesi daha karmaşık ve zor bir problem olmaktadır. Killi zeminlerin kayma mukavemetini en doğru şekilde belirleyebilmek için, arazideki başlangıç koşullarının (suya doygunluk derecesi, konsolidasyon basıncı, normal veya aşırı konsolide olması, vb.) ve arazi yüklemesi sırasında geçerli olacak yükleme hızlarını ve drenaj koşullarının ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi ve uygun deney tiplerinin kullanılması gerekmektedir.

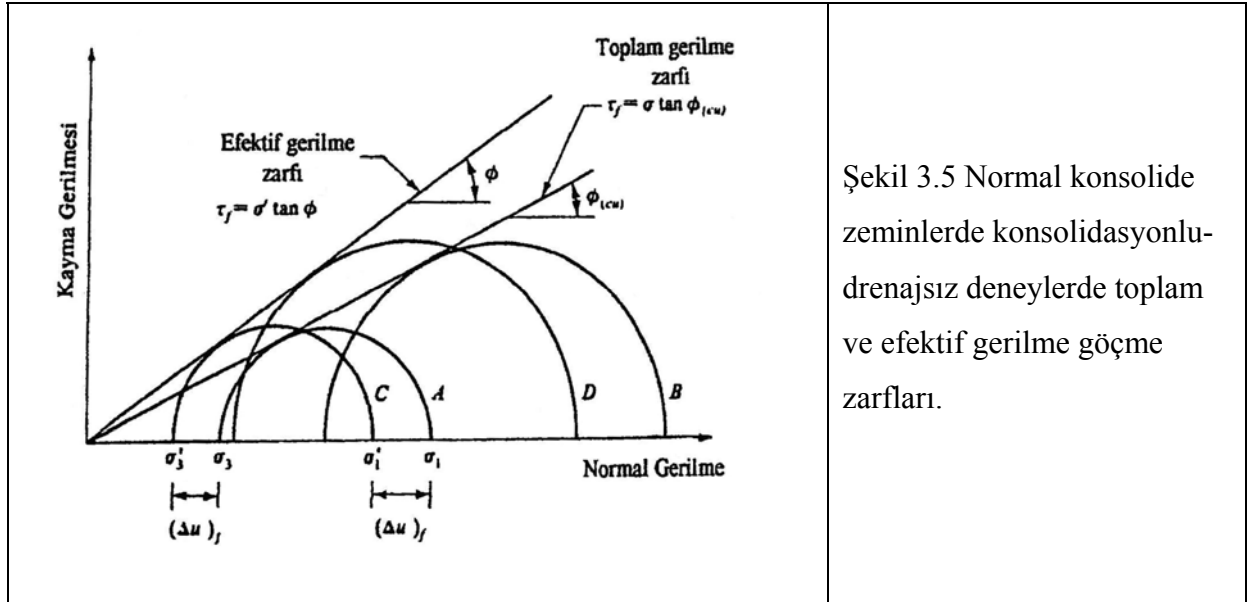
Killi zeminlerde hızlı yüklemenin geçerli olduğu şartlarda taşıma gücü, drenajsız kayma mukavemeti gibi büyüklüklerin bulunması için toplam gerilme analizleri uygulanırken, yükleme hızının düşük veya süresinin uzun olduğu şartlarda efektif gerilme analizi gerçekleştirilmektedir. Zeminin kayma dayanımı, drenaj şartları, yükleme hızı gibi şartlar altında taşıyabileceği maksimum kayma gerilmesi olarak tarif edilir. Coulomb tarafından zeminler için kırılma hipotezi $\tau = c + \sigma \tan \phi$ şeklinde ifade edilmiştir. Drenajsız koşullarda $\phi=0$ durumu geçerli olmakta ve drenajsız kohezyonun (c_u), konsolidasyon basıncı ile doğru orantılı arttığı gözlenmektedir. Drenajsız koşullarda τ - σ arasındaki ilişki Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Sekil 3.4 Mohr Dairesi ve Mukavemet Zarfı

Arazide, kil tabakası konsolide olduktan sonra, hızlı yükleme şartlarının geçerli olacağı durumlarda, kayma mukavemetinin konsolidasyonlu drenajsız deneylerle saptanması mümkün olmaktadır. Kesmeye maruz kalan killi zeminler, drenajlı kesme sırasında genişleme veya sıkışma şeklinde hacim değişikliği göstermektedir. Bununla birlikte kayma mukavemeti sadece boşluk oranı ve hücre basıncına bağlı olmayıp zeminin gerilme tarihçesine de bağlıdır. Drenajsız kesmede gelişen boşluk suyu basınçları önemli ölçüde zeminin normal konsolide ve aşırı konsolide olma durumuna bağlıdır. Kil zeminin, suyun boşluklardan drene olması için gerekenden daha hızlı bir şekilde yüklenmesi sonucunda boşluk suyu basınçları oluşmaktadır. Arazideki yükleme zeminde yenilmeye sebep olmayacak şekilde yapılırsa boşluk suyu basıncı sönümlenir ve hacim değişimi ortaya çıkar.

Üç eksenli deneylerde konsolidasyonlu-drenajsız durumlarda konsolidasyon basıncı izotropik veya anizotropik olabilir. Suya doymun numune standart deneylerde, σ_3 izotropik gerilmesi altında konsolide edildikten sonra, drenajsız şartlar altında eksenel yük artırılarak göçmeye ulaşılır. Kayma mukavemeti parametreleri eksenel yük aşamasında boşluk suyu basınçları ölçülürse toplam ve efektif gerilmeler cinsinden belirlenebilir. Boşluk suyu basıncı normal konsolide killerde, şekil değiştirmeye artar.

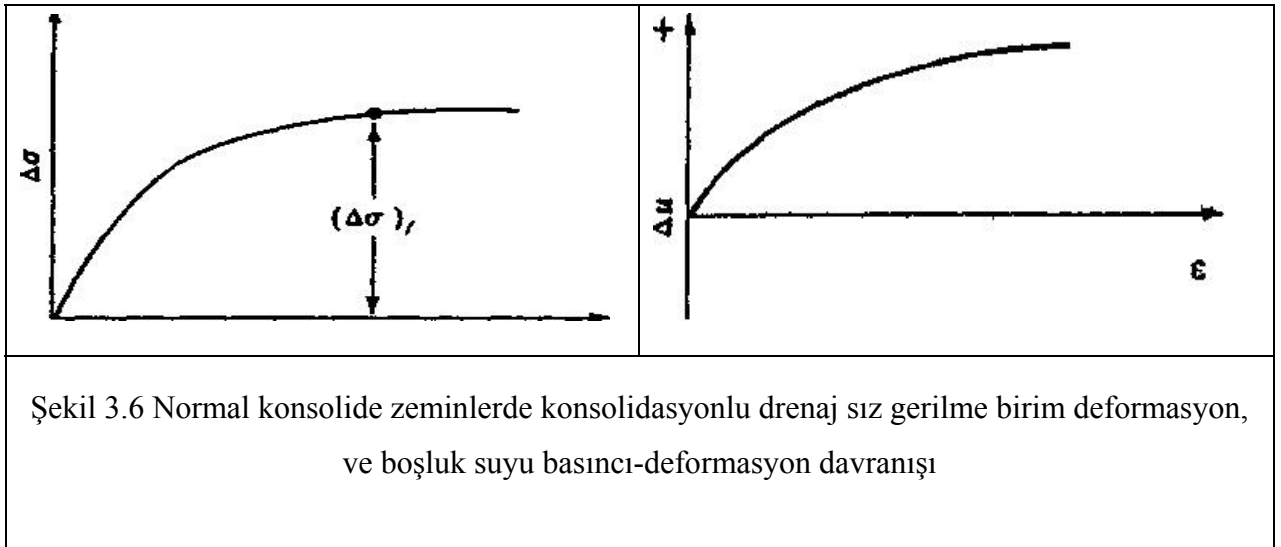


Şekil 3.5 Normal konsolide zeminlerde konsolidasyonlu-drenajsız deneylerde toplam ve efektif gerilme göçme zarfları.

Şekil 3.5' de tipik bir konsolidasyonlu drenajsız deneyden elde edilen Mohr daireleri görülmektedir. A ve B iki deneyden elde edilen toplam gerilme Mohr daireleri, C ve D'de efektif gerilme Mohr daireleridir. Oluşan boşluk suyu basıncının büyüklüğüne bağlı olarak

toplam ve efektif gerilmeler cinsinden bulunan kayma mukavemeti parametreleri birbirinden farklıdır. Konsolidasyonlu-drenajsız deneylerden bulunan kayma mukavemeti parametreleri c_{cu} ve ϕ_{cu} pratikte problemlerin çözümünde genellikle kullanılmakla birlikte, özellikle efektif gerilme analizi gerektiren durumlarda deney sırasında boşluk suyu basıncı ölçümü yapıldığından, elde edilecek efektif kayma mukavemeti parametreleri c' ve ϕ' değerleri kullanılmaktadır.

Normal konsolide suya doymun zeminlerde, konsolidasyonlu drenajsız deneylerden elde edilen tipik bir gerilme-birim deformasyon ve boşluk suyu basıncı-birim deformasyon davranışı Şekil 3.6'de gösterilmektedir.



3.3 Katkılar:

Betonun özelliklerini geliştirmek üzere üretim sırasında veya dökümden önce transmiklere az miktarda ilave edilen maddelere katkı maddeleri adı verilir. Katkı maddelerini kökenine göre kimyasal ve mineral katkıları olarak ikiye ayırmak mümkündür:

3.3.1 Kimyasal Katkılar:

Kimyasal katkıların belli çeşitleri aşağıda sıralanmıştır.

- **Su Azaltıcılar (Akışkanlaştırıcılar)**= Betonda aynı kıvamın veya işlenebilirliğin daha az su ile elde edilmesini sağlarlar. Taze betonda kullanılan su miktarı azaldıkça betonun dayanımı artar. Azalttığı su miktarı ile orantılı olarak normal ve süper olarak ayrılırlar.
- **Priz Geciktiriciler** Taze betonun katılaşmaya başlama süresini uzatırlar. Uzun mesafeye taşınan betonlar veya sıcak hava dökümleri için yararlıdırlar.
- **Priz Hızlandırıcılar** Priz geciktiricilerin aksine, bu katkıları betonun katılaşma süresini kısaltırlar. Bazı uygulamalarda, erken kalıp almada ve soğuk hava dökümlerinde don olayı başlamadan betonun katılaşmış olmasını sağlamak için kullanılırlar.
- **Antifrizler** Suyun donmasını zorlaştırır ve don neticesi çimentonun mukavemet kazanmasındaki aksamaya engel olurlar. Bu katkıların betondaki miktarı hava sıcaklığına göre ayarlanabilir.
- **Hava Sürükleyici Katkılar** Beton içinde çok küçük boyutlu ve eşit dağılan hava kabarcıkları oluşturarak betonun geçirimsizliğini ve dona karşı direncini ve işlenebilirliğini artırır.
- **Su Geçirimsizlik Katkıları** Sınırlı miktarda hava sürükleyen katkılarıdır ancak yerine yerleşmiş betonun su sızdırmazlığının sağlanması uygun yerleştirme tekniğinin iyi bir şekilde yapılmasına bağlıdır. Bazı betonlarda birden fazla katkı türü birlikte kullanılabilir. Ancak bu katkıların birbirlerinin etkilerini bozmadıklarından emin olunmalıdır. Kimyasal katkıları, yukarıda bahsedilen etkilerinden dolayı inşaat sektöründe çokça kullanılmaktadır.

3.3.2 Mineral Katkılar:

Çimento gibi öğütölmüş toz halde silolarda depolanan cüruf, uçucu kül, silis dumanı, taş unu... vb. çeşitli maddelere 'Mineral Katkı' adı verilir. Mineral katkılar tek başına iken çimento gibi bağlayıcılık özelliği taşımazlarken birlikte kullanıldıklarında çimentoya benzer görev yaparlar, dolayısıyla ekonomi sağlarlar. Mineral katkılardan yüksek dayanımlı beton üretiminde de yararlanır.

4. ZEMİN İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Zeminler genellikle üzerlerine inşa olunan yapıların temelleri altında taşıyıcı tabaka olarak bulunmaları nedeniyle bütün inşaat projelerinin en temel malzeme elemanıdır. Zemin türlerinin birbirinden farklı özelliklere sahip oldukları ve mühendislik özelliklerinin, arazi koşullarına bağlı olarak (sıklık derecesi, su muhtevası, konsolidasyon basıncı, yükleme ve drenaj koşulları gibi) geniş bir aralık içerisinde değişebileceği bilinmektedir. Bunların yanı sıra, inşaat sahasında karşılaşılan zeminler her zaman istenilen özelliklere sahip olmayabilir. İnşaat yerinin değiştirilmesi veya istenilen özelliklere sahip olmayan zeminlerin kazılarak yerine elverişli zeminlerin kullanılması ise teknolojik ve ekonomik nedenlerden dolayı çoğu kere uygun çözümler olmamaktadır.

Arazide zemin özelliklerinin proje kriterlerini sağlamadığı hallerde, değişik yöntemler ile zemini ıslah ederek öngörülen kriterleri sağlayabilme olasılığını değerlendirilmelidir. Zemin iyileştirilmesinde ana yaklaşımlar, zemin içerisindeki mevcut boşlukların mekanik araçlarla azaltılması, zemin boşluklarının çeşitli bileşimdeki karışımlarla doldurulması, yeraltı su seviyesinin düşürülmesi, zeminin su içeriğinin azaltılması ya da çeşitli elemanların kullanılması ile mevcut zeminin güçlendirilmesidir.

Zemin iyileştirilmesi için kullanılan yöntemler üç ana grupta incelenebilir;

1. Zemini geçici olarak iyileştirme teknikleri;

Yeraltı su seviyesinin geçici düşürülmesi ve ısıtma işlemleri (zemin dondurulması) bu tür tekniklerdir.

2. Herhangi bir madde katmadan zemini kalıcı olarak iyileştirme teknikleri;

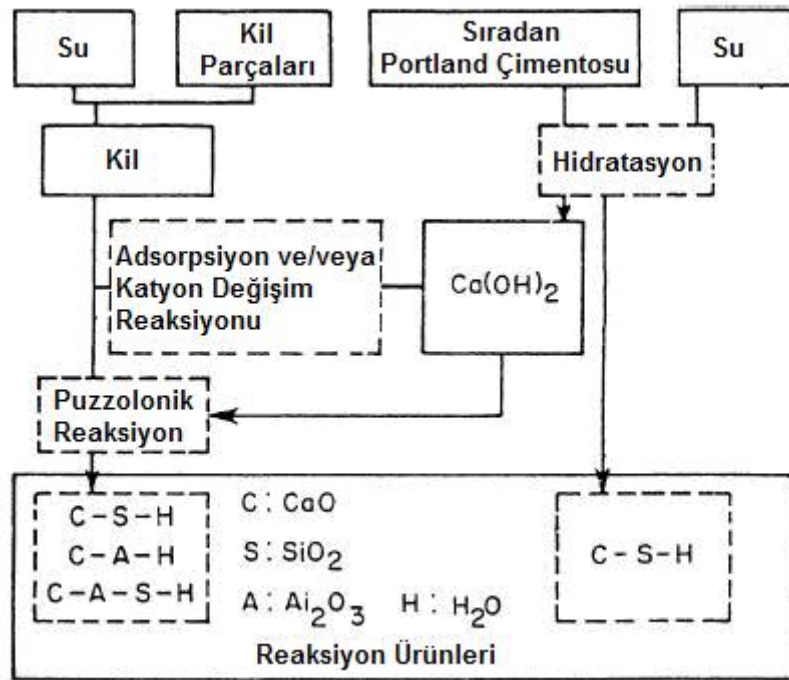
Yüzey kompaksiyonu, patlama ile sıkıştırma, vibro-kompaksiyon dinamik konsolidasyon ve önyükleme bu tür tekniklerdir.

3. Çeşitli maddeler katarak zemini kalıcı olarak iyileştirme teknikleri;

Kireç, çimento, bitüm gibi katkı maddeleri ile zeminin üniform bir şekilde karıştırılması, kireç kazıkları, zeminin değiştirilmesi, ön yüklemeye ile birlikte düşey drenlerin kullanılması, enjeksiyon ve geotekstiller ile stabilizasyon bu tür tekniklerdir.

4.1 ÇİMENTO İLE STABİLİZASYON

Killi ve kumlu zeminlerin iyileştirilmesinde kullanılabilir. Çimento stabilizasyonu ile zemin iyileştirme, zeminlerin toz haline getirilerek çimento eklenmesi ve karıştırılması ile gerçekleşmektedir. Bu yöntem gevşek ve akışkan olmayan, yoğunluk ve nem olarak tüm zemin yüzeyinde benzerlik gösteren zeminlerde uygulanmakta ve etkili olmaktadır. Çimento eklenmesi ile zeminin likit limiti azalır, plastik limit ve işlenebilirlik artar. Killi zeminlerde likit limit %45-50'den az ise ve plastisite endeksi % 25'den az ise bu teknik çok etkindir. Çimento kireçte olduğu gibi mukavemeti artırır ve bu artış kür süresi ile artar. Şekil 5.1'de zemin-çimento reaksiyon mekanizması gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Zemin-çimento reaksiyon mekanizması (Uyarlanma; Rjasekaran, 2005)

Çimento ile iyileştirmede dikkat edilmesi gereken hususlar:

- 1) Zemin yüzeyi çimento stabilizasyonunun uygulaması için yumuşak ve uygun hale getirilmelidir. Kullanılacak çimento uygulama sahasında depolandıktan sonra nemden korunmalıdır.
- 2) Çimento stabilizasyonuna geçmeden önce gevşek ya da uygun olmayan zemin kazılarak uzaklaştırılmalı ya da ıslatarak, bazı yerlerde kurutarak, zeminin yüzeyini karıştırarak, vb işlemlerle zemin her yerde aynı yoğunluğa getirilmelidir.

- 3) Zemin üzerine yayılma yolu ile serilen çimentonun aynı gün içinde karıştırma ve sıkıştırma işlemlerinin tamamlanması gerekmektedir. Çimentonun zemine serilme işleminde rüzgâr ile istenmeyen yönde yayılması minimumda tutulmalıdır.
- 4) Çimento ve zemin su ile karıştırılmadan önce kuru bir şekilde karıştırılmalıdır. Kuru karışım gerçekleştikten hemen sonra hızla su ile karıştırma işlemine geçilmelidir. Su ile karışımın hemen ardından sıkıştırma işlemi yapılmalıdır.
- 5) 30 dakika bekleyen zeminde çimento karışımı donmaya başlayacağı için sıkıştırma işlemi bu süre içinde gerçekleştirilmelidir. 30 dakika boyunca işlem görmeden zemin bırakılmamak koşulu ile sıkıştırma 2 saat içinde tamamlanmalıdır. Sıkıştırma gerçekleştirilmeden zemindeki nem oranı sebebiyle donan çimento zemin karışımı güçlendirme sağlamayacağı için yerinden kaldırılması gerekmektedir

Sıkıştırma işlemi bittikten hemen sonra zemin üzerinde kalan gevşek malzeme zemin üzerinden uzaklaştırılmalıdır. Çimento ile güçlendirilmiş zeminlerin istenilen ölçüde iyileştirilebildiği ölçüm teknikleri ile kontrol edilmelidir

5. DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN DENEY SİSTEMLERİ

5.1 Kil Numune Oluşturulması

Bu çalışmada, daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi İngiltere’de üç ayrı bölgeden (West Ashling, Hamble ve Emsworth) alınan kil numuneler üzerinde Portsmouth Üniversitesi, Geoteknik Anabilim Dalı Zemin Mekaniği Laboratuvarında bir seri deney gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla öncelikle, üç eksenli basınç deneyleri için, numune boyu numune çapının iki katı olacak şekilde 14cm boyunda 7cm çapında homojen kil numuneler elde edilmeye çalışılmıştır. Üç farklı bölgeden alınan kil malzeme, homojen bir hale getirmek için tel keski vasıtasıyla parçalara ayrılmış (Şekil 5.1) ve bu ayırma işlemi sırasında numunelerin arasında bulunan taş parçaları ve benzeri malzemeler ayıklanmıştır. Bu işlemin ardından, belirlenen yüzdeler dâhilinde, kil numune içerisine standart ölçekler ile çimento karıştırılmıştır. Şekil 5.2’de görünen alet yardımıyla yaklaşık 7 cm çapında silindirik homojen kil numuneleri elde edilmiştir. Üç adet 14 cm boyunda ve 7 cm çapında numune elde edildikten sonra su muhtevalarını kaybetmemesi için numuneler naylon folyolara sarılarak desikatöre konulmuştur.



Şekil 5.1 Taşlardan arındırılan kil parçaları.



Şekil 5.2 Karot kil numune elde edilmesi

5.2 Kanatlı Kesici (Veyn) deneyi

West Ashling, Hamble ve Emsworth killerinden Şekil 5.3'te görüldüğü gibi elde edilen homojen numuneler üzerinde, laboratuarda, kanatlı kesici olarak bilinen ve Şekil 5.4'te görülen aletin kullanımıyla veyn deneyi uygulanmış ve numunelerin temsil ettiği zeminin burulmaya karşı göstermiş olduğu kayma dayanımı incelenmiştir. Veyn deneyinden ölçülen burulma momentleri aşağıdaki ifade ile drenajsız kayma mukavemetine dönüştürülebilmektedir.

$$c_u = \frac{M_b}{k} \quad M_b = \text{burulma momenti} \quad (5.1)$$

Burada M_b burulma momenti, k ise deneyde kullanılan kanatlı kesici boyutuna ve kullanılan aletin yay sertliğine göre değişen bir katsayıdır.



Şekil 5.3 Veyn deneyi için numune hazırlanması




Şekil 5.4 Veyn deney aletinin görünümü

5.3 Üç Eksenli Basınç Deneyi

Zeminlerin kayma mukavemetini saptamak için kullanılan laboratuvar deney yöntemleri arasında üç eksenli basınç deneyi en gelişmiş olanıdır. Bu deney düzeneği (Şekil 5.5) ile, zeminin arazi koşullarında sahip olacağı kayma mukavemetini gerçeğe yakın olarak belirlemek mümkün olmaktadır. Üç eksenli basınç deneyinde kontrol edilebilen ve ölçülebilen parametreler şu şekilde sıralanabilir.

- Zemin numunesi arazi gerilmeleri altında konsolide edilebilmekte ve suya doygunluk derecesi kontrol edilebilmektedir
- Yanal ve eksenel gerilmeler uygulamak sureti ile arazi yükleme izlerine yakın yüklemeler yapılabilir
- Eksenel yükleme sırasında drenajsız veya drenajlı koşullar geçerli kılınabilmektedir
- Drenajsız yüklemelerde numunede oluşan boşluk suyu basıncı artışları, drenajlı deneylerde ise meydana gelen hacim değişimleri ölçülebilmektedir.

Üç eksenli basınç deneyinde, Şekil 5.6'da görüldüğü gibi bir silindirik zemin numunesi bir hücre içine yerleştirilmekte ve hücreye uygulanan basınç (hava veya su basıncı) vasıtası ile zemin numunesi üzerinde hidrostatik ve eksenel basınç uygulanabilmektedir (Şekil 5.7). Numune etrafına geçirilen bir lastik kılıf zeminin hücreyi dolduran su ile temas etmesini önlemekte ve numune içine ve dışına ayrı ayrı basınçlar uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Numune üst başlığına temas eden bir piston vasıtası ile eksenel gerilme uygulanabilmekte ve numune alt ve üst başlıklarına bağlı ince kanallar vasıtası ile de deney sırasında drenaj durumu (zemin suyunun dışarı çıkıp çıkmaması) kontrol edilebilmektedir.

		
<p>Şekil 5.5 Üç eksenli basınç deney düzeneği</p>	<p>Şekil 5.6 Silindirik numunenin yerleştirilmesi</p>	<p>Şekil 5.7 Hidrostatik yükleme aşaması</p>

Üç eksenli basınç deneyi iki aşamadan oluşmaktadır;

- i) Zemin numunesi üzerine arazide yüklenmeden önce etkiyen gerilmelerin hücre basıncı vasıtası ile uygulanması. Bu aşamada drenaja izin verilirse numune konsolide edilebilmektedir.
- ii) Eksenel basınç uygulanması. Bu aşama drenajlı ve drenajsız olarak gerçekleştirilebilmektedir. Drenajlı deney yapılması durumunda, yükleme hızının zeminin permeabilitesine göre seçilerek, zemin içindeki suyun rahatlıkla dışarı çıkmasına, dolayısıyla boşluk suyu basıncı artışları oluşmamasına dikkat etmek gerekmektedir. (Özaydın, 1997)

Buna göre, yukarıdaki aşamaların her ikisinde de drenaj durumu kontrol edilerek, üç değişik türde üç eksenli basınç deneyi yürütmek mümkün olmaktadır. Bunlar sırasıyla aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

- Konsolidasyonsuz Drenajsız Deneyler-UU (Hızlı Deneyler)

Bu deneyde, zemin suyunun gerek hücre basıncı uygulanmasında gerekse eksenel yükleme sırasında numuneden dışarı çıkmasına izin verilmemektedir.

- Konsolidasyonlu Drenajsız Deneyler-CU

Birinci aşamada hidrostatik basınç altında zemin suyunun dışarı çıkmasına, drenajına yani numunenin konsolide olmasına izin verdikten sonra, ikinci aşamada drenajsız durumda eksenel yükleme yapılan deneylerdir. Boşluk suyu basıncı ölçülebilmesi dolayısıyla efektif parametrelerinde elde edilebilmesi önemli bir avantajdır.

- Konsolidasyonlu Drenajlı Deneyler-CD (Yavaş Deneyler)

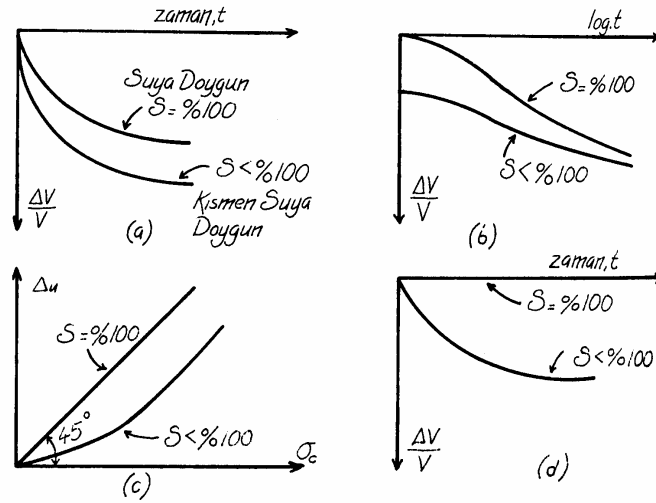
Hidrostatik hücre basıncı uygulanmasında ve eksenel yüklemelerde drenaja izin verilen deneylerdir. Efektif parametreler bu deney sonucunda doğrudan elde edilebilmektedir. Bununla birlikte geçirimsizliği düşük zeminlerde çok uzun sürmesi ihtimali nedeniyle yavaş deneyler olarak tanımlanabilir.

Değişik türde üç eksenli basınç deneyleri uygulanarak, arazideki zemin tabakalarının farklı yüklemeye ve drenaj koşulları altında gösterecekleri gerilme-şekil değiştirme davranışlarını ve kayma mukavemetlerini belirlemek mümkün olmaktadır. Bu deneylerde farklı zeminler için gözlenen davranış biçimleri aşağıdadır.

5.3.1 Üç Eksenli Basınç Deneylerinde Gözlenen Zemin Davranışları

5.3.1.1 Hidrostatik Yükleme

Zemin tabakaları arazide belirli jeolojik yüklerin etkisi altındadır. Deneye tabi tutulan zemin numunesini arazideki durumuna getirmek için uygulanan hidrostatik hücre basıncı altında, drenajlı ve drenajsız durumda gözlenen davranış biçimleri Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Drenajlı durumda uygulanan basınç altında, zeminde hacim değişimleri meydana gelirken (Şekil 5.8a) drenajsız durumda boşluk suyu basıncında artışlar meydana gelmektedir (Şekil 5.8c). Zemin davranışının, başlangıç suya doygunluk derecesine bağlı olarak farklılıklar gösterdiği gözlenmektedir. Şekil 5.8a ve Şekil 5.8b de drenajlı durumda gözlenen aynı deneysel sonuçlar farklı biçimde çizilerek gösterilmiştir. Suyu doymuş zeminin hacim değiştirme davranış eğrileri, ödometre deneyinde gözlenen konsolidasyon davranış eğrilerine büyük benzerlik göstermektedir. Kısmen suya doymuş zeminde ise boşluklardaki havanın sıkışması sonucu önce ani bir hacim azalması meydana gelmekte, ondan sonra suya doymuş zemininkine benzer bir davranış gözlenmektedir. Şekil 5.8c ve Şekil 5.8d'de ise drenajsız durumda ortaya çıkan davranış gözlenmektedir. Tamamen suya doymuş zeminde, hacim sabit kalırken, boşluk suyu basıncında uygulanan hidrostatik basınca eşit bir artış meydana gelmektedir. Suyu doymuş olmayan zeminde ise önce bir miktar hacim değişikliği ve boşluk suyu basıncında küçük artışlar meydana gelmekte, daha yüksek basınçlar altında ise zemin içindeki hava hacmi iyice küçüldüğü için, hacim sabit kalmakta ve hidrostatik basınç artışları oranında boşluk suyu basıncı artışları meydana gelmeye başlamaktadır.



Şekil 5.8 Üç eksenli basınç deneyinde hidrostatik basınç altında gözlenen zemin davranışı
(Özaydın, 1997)

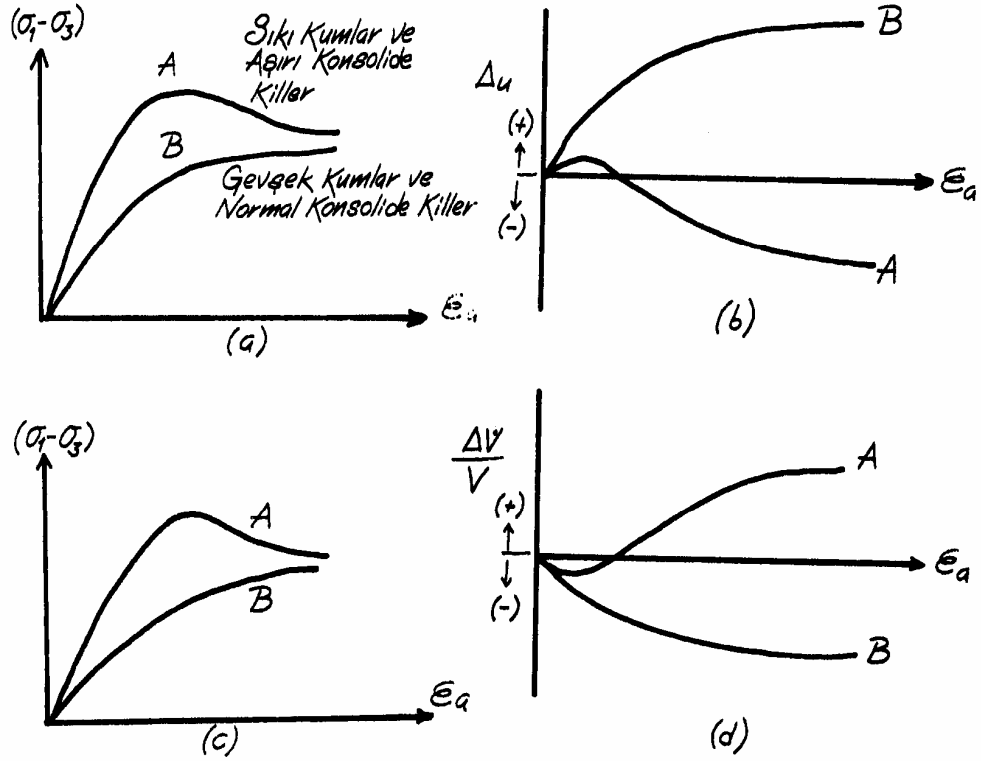
Drenajsız durumda hidrostatik basınç altında meydana gelen boşluk suyu basıncı artışlarını zeminin suya doygunluk derecesini ölçmek için kullanmak mümkün olmaktadır. Meydana gelen boşluk suyu basıncı artışının uygulanan hidrostatik basınca oranı,

$$B = \Delta u / \Delta \sigma_c \quad (5.2)$$

Skempton (1954) tarafından tanımlanan iki boşluk suyu basıncı katsayısından birini oluşturmaktadır. Suya doygunluk derecesi $S=100\%$ olan zeminlerde $B=1.0$ değerini alırken, kısmen suya doygun zeminlerde ($B<1.0$) olmaktadır (Özaydın, 1997).

5.3.1.2 Eksenel Yükleme

Üç eksenli basınç deneyinin ikinci aşamasını oluşturan eksenel yükleme sırasında, zemin içindeki suyun dışarı çıkmasına izin verilip verilmemesine göre, drenajsız ve drenajlı durumlarda suya doygun zeminlerde gözlenen davranış biçimleri Şekil 5.9'da gösterilmiştir. Drenajsız deneylerde eksenel yükleme altında boşluk suyu basıncı değişimleri, drenajlı deneylerde ise hacim değişimleri meydana gelmektedir. Şekil 5.9a ve 5.9b'de drenajsız deney sonuçları, Şekil 5.9c ve 5.9d'de ise drenajlı deney sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Üç eksenli basınç deneyinde eksenel yükleme sırasında gözlenen zemin davranışı (Özaydın, 1997)

Bu şekilde gösterilen eğrilerde, gerilme ekseninde $(\sigma_1 - \sigma_3)$ kullanılmasının nedeni, deviator gerilmenin (σ_a) daha önce her doğrultuda uygulanan hücre basıncına $(\sigma_c = \sigma_3)$ ek olarak uygulanmasıdır. En büyük asal gerilme

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_a \quad (5.3)$$

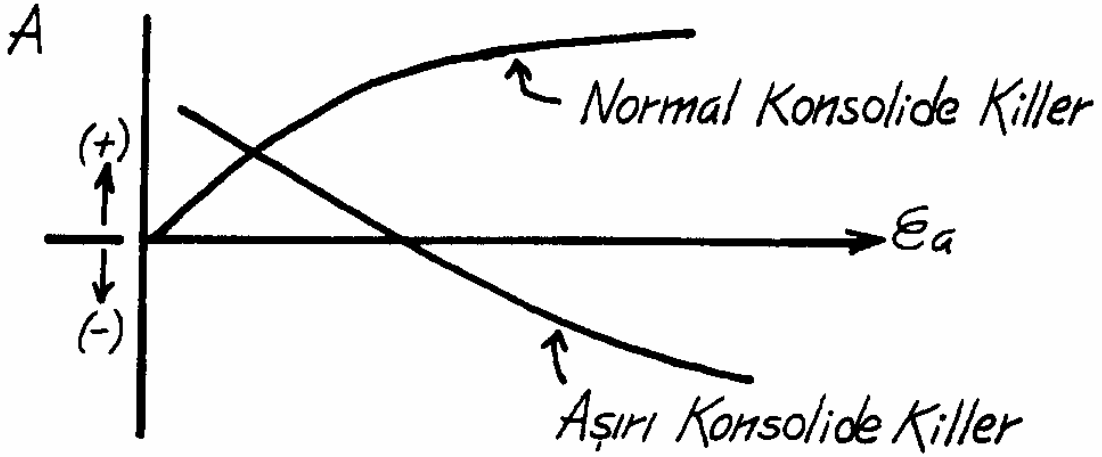
$$\sigma_a = (\sigma_1 - \sigma_3) \quad (5.4)$$

olmaktadır. En büyük asal gerilme farkı $(\sigma_1 - \sigma_3)$ aynı zamanda deviatorik gerilme olarak nitelendirilmektedir. Deneyde gözlenen gerilme-eksenel şekil değiştirme ve boşluk suyu basıncı değişimleri – eksenel şekil değiştirme davranışları, zeminin başlangıç durumuna göre farklılıklar göstermektedir.

Drenajsız deneylerde, eksenel yükleme sırasında, zeminin boşluk suyu basıncında meydana gelen değişimler, ikinci bir boşluk suyu basıncı parametresinin tanımlanmasında kullanılmakta (Skempton, 1954) olup bu parametre

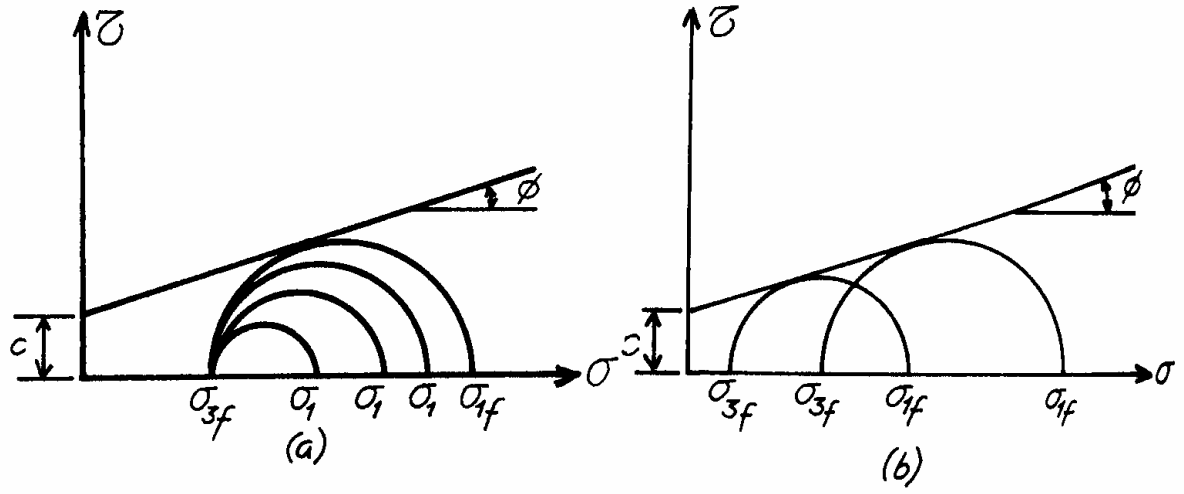
$$A = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3} \quad (5.5)$$

şeklinde ifade edilmektedir. A parametresinin değeri yükleme boyunca sabit olmayıp, şekil değiştirme seviyesine bağlı olarak değişmektedir. Şekil 5.10'da A parametresinin yükleme sırasında değişimi gösterilmiştir.



Şekil 5.10 Boşluk basıncı katsayısı A'nın aksel şekil değiştirme seviyesine bağlı olarak değişimi (Özaydın, 1997)

Üç eksenli basınç deneyinde, zemin numunesinde göçme meydana gelinceye kadar aksel yük arttırılmaktadır. Göçme anındaki gerilme durumunu gösteren Mohr dairelerine teğet olarak çizilen doğru zeminin kayma mukavemeti zarfını vermektedir. Şekil 5.11a'da bir üç eksenli basınç deneyinde, sabit hücre basıncı altında gittikçe artan aksel gerilme seviyeleri için Mohr gerilme daireleri gösterilmiştir. Deviatorik gerilme ($\sigma_1 - \sigma_3$) değerine ulaşılnca zeminde göçme meydana gelmektedir. Kırılma (mukavemet) zarfının elde edilebilmesi için en az iki deney yapılması ve Şekil 5.11b de gösterildiği gibi göçme durumunu gösteren gerilme dairelerine ortak teğetin çizilmesi gerekmektedir. Konsolidasyonlu-drenajsız deneylerde genellikle boşluk suyu basıncı artışları da ölçüldüğü için, toplam gerilme daireleri yanında efektif gerilme dairelerini de çizmek ve böylece kayma mukavemeti parametrelerinin hem toplam gerilmeler hem de efektif gerilmeler için bulmak mümkün olmaktadır.

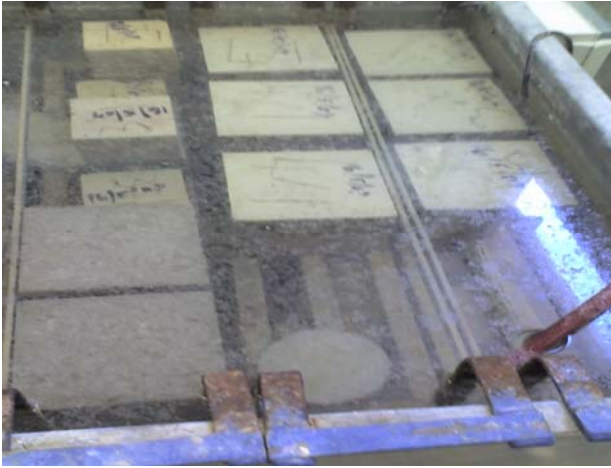


Şekil 5.11 Üç eksenli basınç deneyindeki gerilme durumlarını gösteren mohr daireleri (Özaydın, 1997)

5.4 Basınç Deneyi

Bu çalışma kapsamında kil numuneleri içerisinde farklı oranlarda çimento katılarak üretilen beton numunelerinin mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimlerin etkisini anlayabilmek amacıyla üç seri çimento hamuru hazırlanmış ve numuneler İngiliz standartlarına uygun olarak 3000 kN kapasiteli AutoTest basınç aletinde 0.2-1.0 MPa/s yükleme hızı ile tek eksenli basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Deneylerde kullanılan numuneler, Şekil 5.12’de görüldüğü gibi saklama havuzunda bekletilerek 7, 14 ve 28 gün sonunda olmak üzere 3 değişik zemin periyodu kullanılarak Şekil 5.13’de görülen beton kırma aletinde, basınç deneylerine tabi tutulmuştur.



Şekil 5.12 Numunelerin saklanması



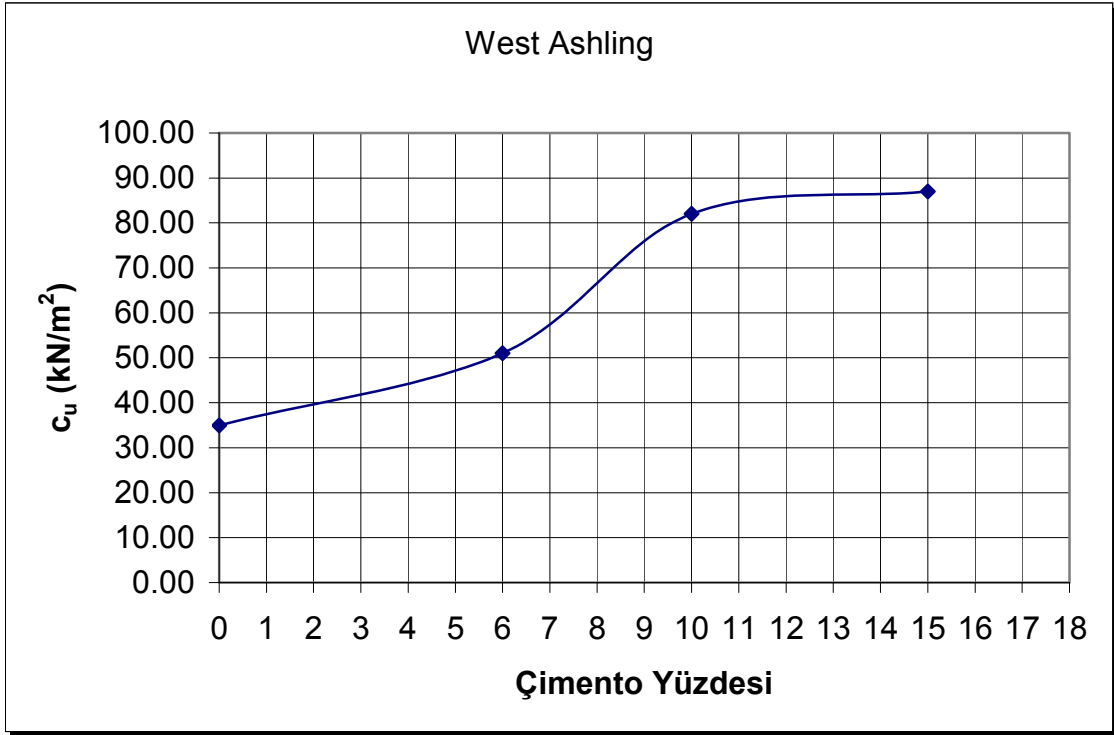
Şekil 5.13 Basınç deneyinin uygulanması

6. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

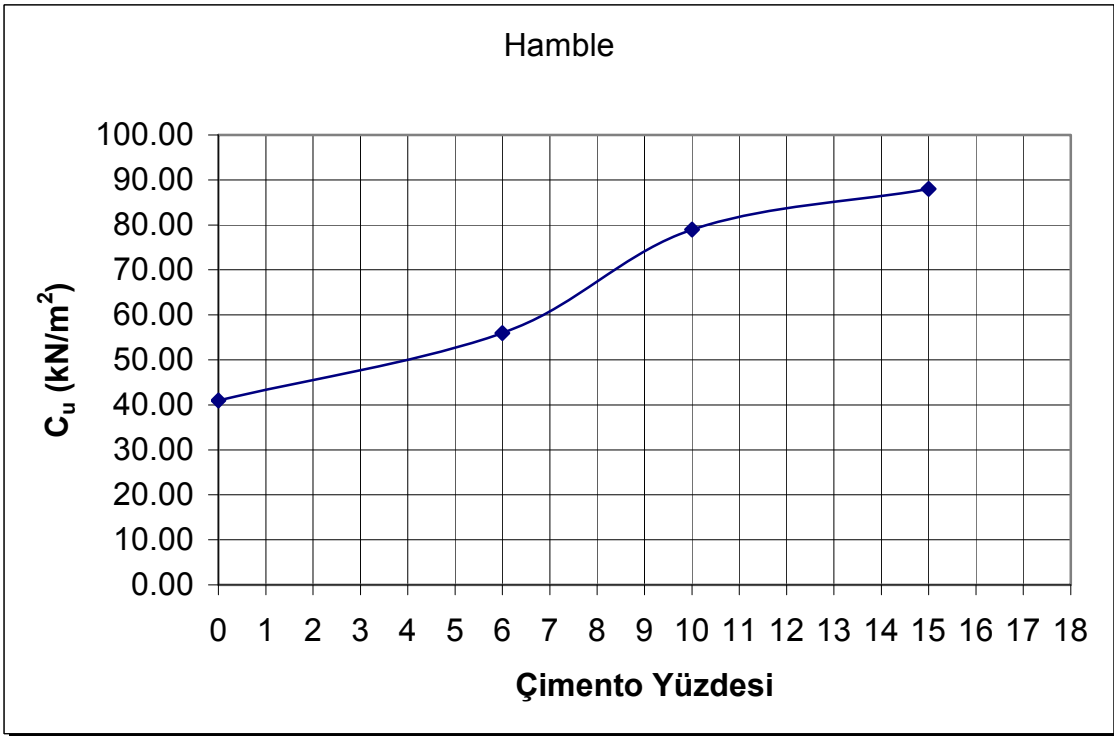
Bu çalışmada, çimento ile iyileştirmenin West Ashling, Hamble ve Emsworth'den alınan kil numunelerinin dane çap dağılımı elek ve hidrometre deneyleri ile belirlendikten sonra, çimento katkısının mukavemet özelliklerine etkisini belirleyebilmek amacı ile laboratuarda kuru ağırlığına %6, %10, %15 oranlarında çimento eklenerek hazırlanan numuneler üzerinde veyn deneyi, basınç deneyi ve üç eksenli basınç deneyleri uygulanmıştır. Veyn ve üç eksenli basınç deneyleri kuru ağırlığına %0, %6, %10 ve %15 çimento katkılı numunelerde, basınç deneyleri ise %20 ve %25 çimento katkılı olarak elde edilen numunelerde 7.gün, 14.gün ve 28.gün kür koşulları uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

6.1 Veyn Deneyleri Sonuçları

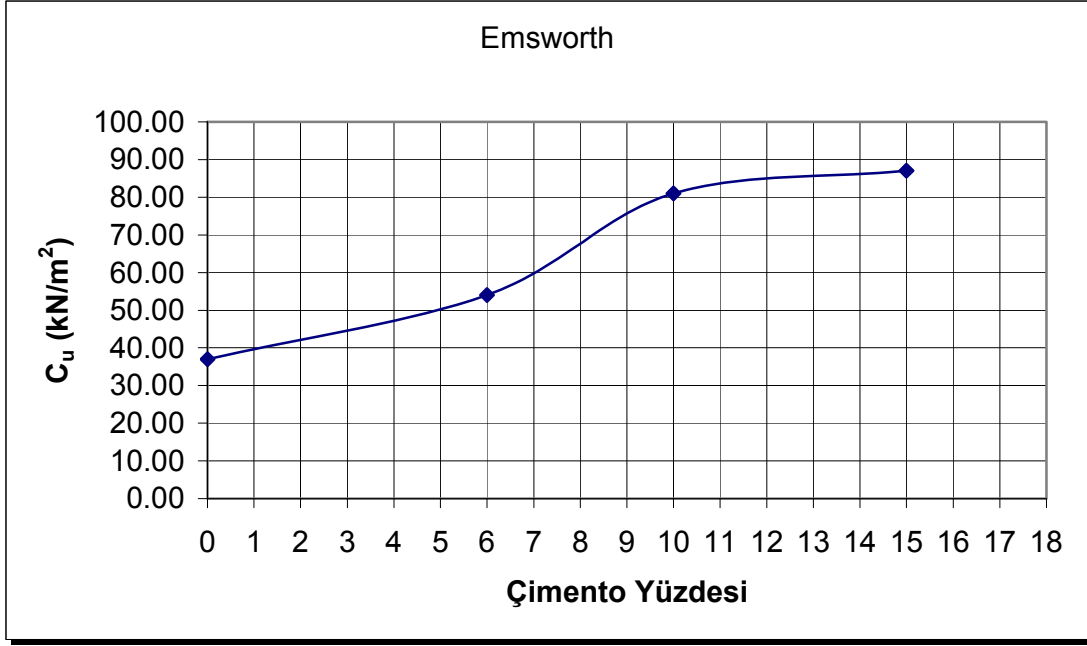
Laboratuarda gerçekleştirilen bu deneylerde, farklı çimento oranları kullanımıyla elde edilen katkılı numuneler içerisine veyn batırıldıktan sonra, dakikada bir devir yapacak şekilde saat yönünde dönmeye zorlanarak, zeminin direncinin aşılmasına karşılık gelen burulma momentleri ölçülmüştür. Bu burulma momenti daha sonra kayma mukavemeti değerlerine dönüştürülerek farklı çimento yüzdelere karşılık gelen drenajsız kayma mukavemeti değerleri belirlenmiştir. Buna göre, farklı oranlarda çimento eklenerek hazırlanmış West Ashling, Hamble ve Emsworth killeri üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar veyn deneyinden elde edilen drenajsız kayma mukavemeti değerlerinin çimento yüzdesi ile değişimi Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'de sunulmuştur. Şekiller üzerinde yapılan incelemelerden, %10 çimento yüzdesine kadar, drenajsız kayma mukavemetinin çimento yüzdesi ile birlikte belirgin bir şekilde arttığı, bu değerden sonra ise çimento yüzdesindeki artışla birlikte drenajsız kayma mukavemetinde meydana gelen artış oranının düşük kaldığı görülmüştür.



Şekil 6.1 Çimento katkısının West Ashling kilinin drenajsız kayma mukavemeti üzerindeki etkisi.



Şekil 6.2 Çimento katkısının Hamble kilinin drenajsız kayma mukavemeti üzerindeki etkisi.



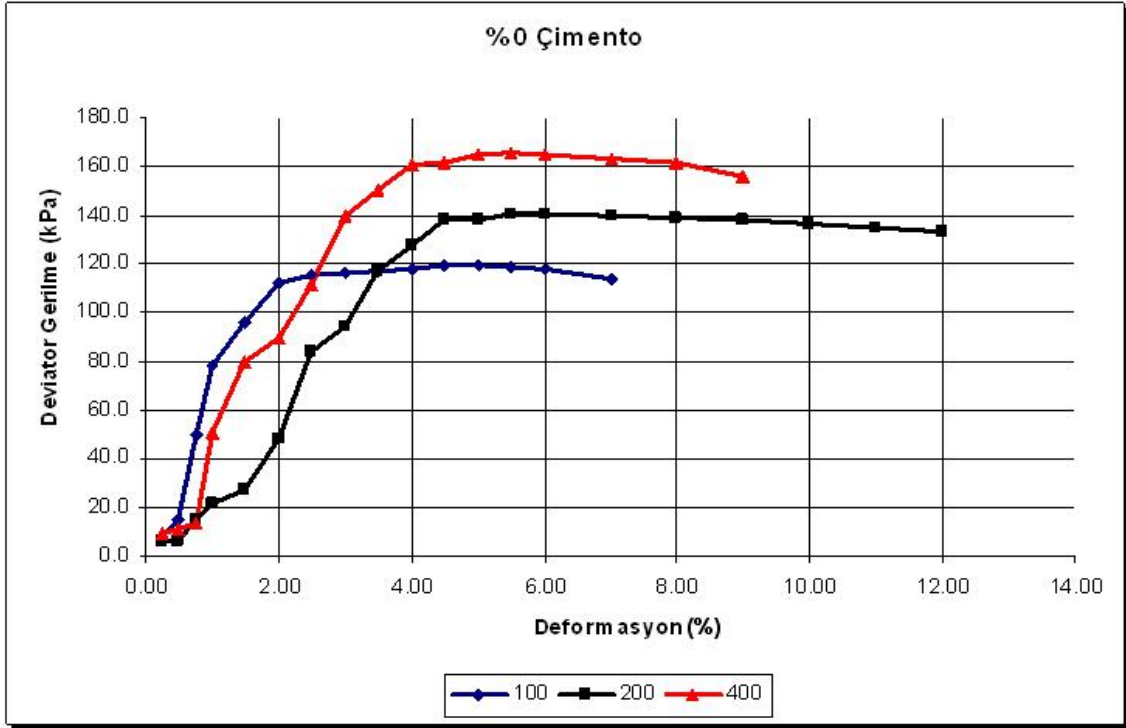
Şekil 6.3 Çimento katkısının Emsworth kilinin drenajsız kayma mukavemeti üzerindeki etkisi.

6.2 Üç Eksenli Basınç Deneyleri Sonuçları

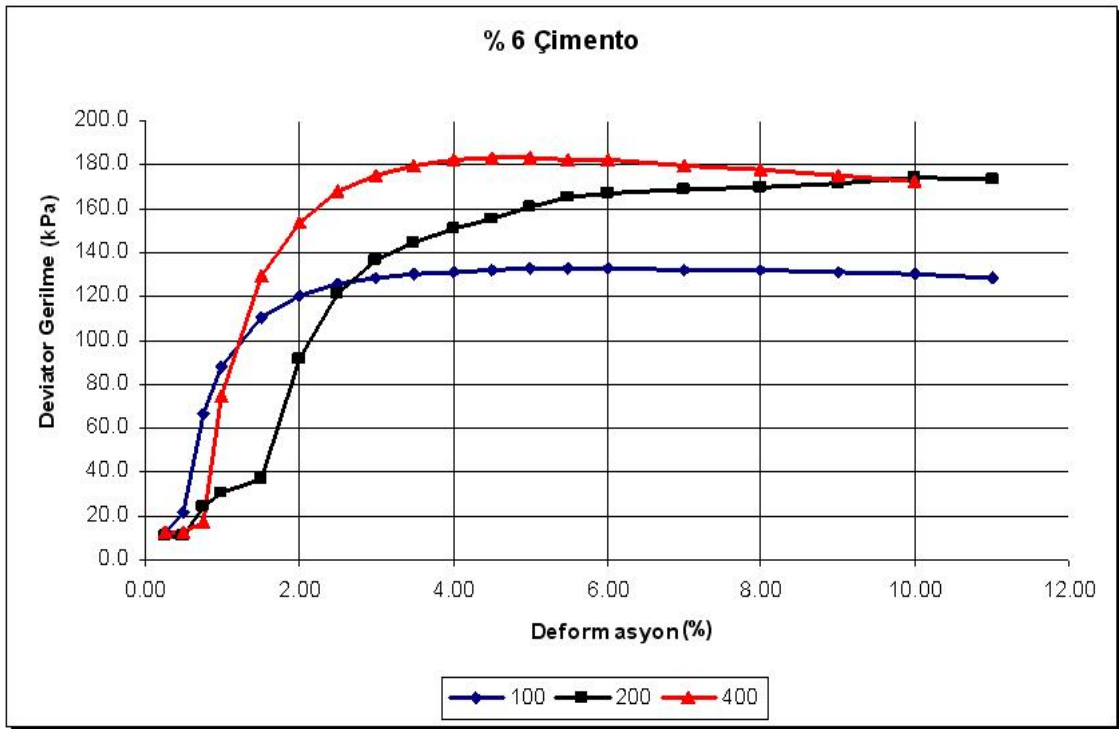
Çimento katkısının West Ashling, Hamble ve Emsworth killerinin mukavemet özelliklerine etkisini belirlemek amacı ile Portsmouth Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda üç farklı hücre basıncı (100 kPa, 200kPa, 400kPa) kullanılarak bir seri konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) üç eksenli basınç deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu kısımda bu deneylerden elde edilen sonuçlar sunulmaktadır.

6.2.1 West Ashling Kili

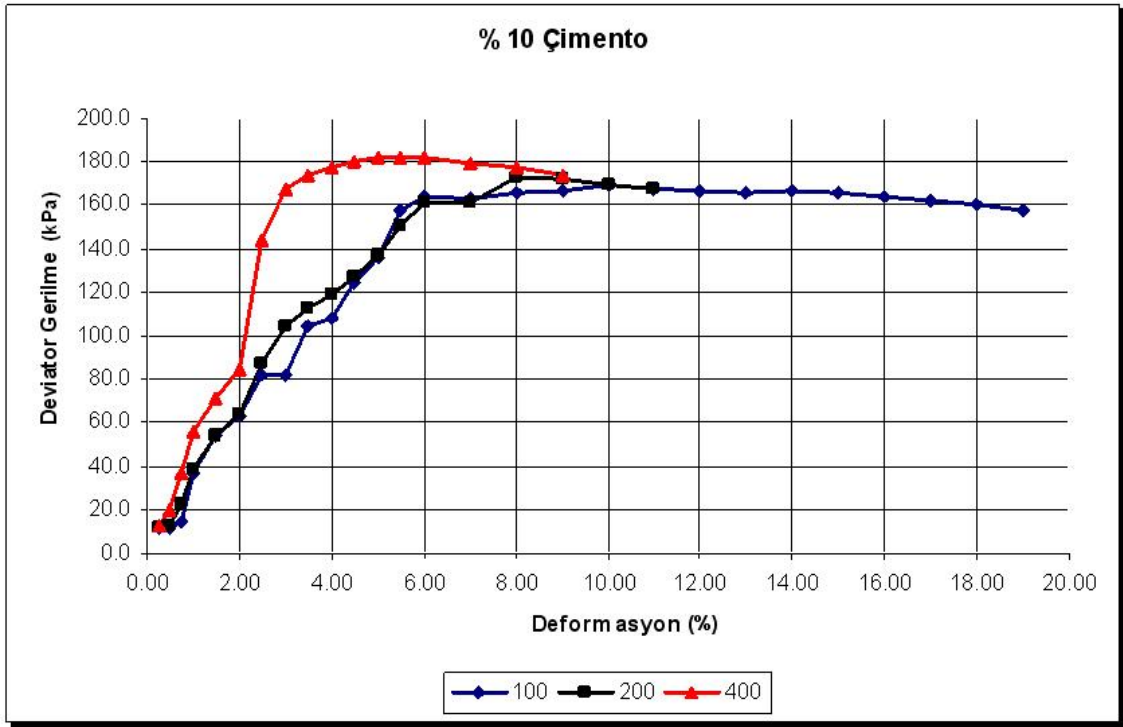
Bu tez çalışması kapsamında katkısız %6, %10 ve %15 oranlarında çimento katkılı West Ashling killeri üzerinde gerçekleştirilen üç eksenli basınç deneylerinin föyleri Ek Çizelge 1.1-1.4'de; deneylerden elde edilen gerilme-deformasyon eğrileri ise Şekil 6.4-6.7'de, deneylere ait Mohr Daireleri ise Şekil 6.8-Şekil 6.11'de sunulmuştur.



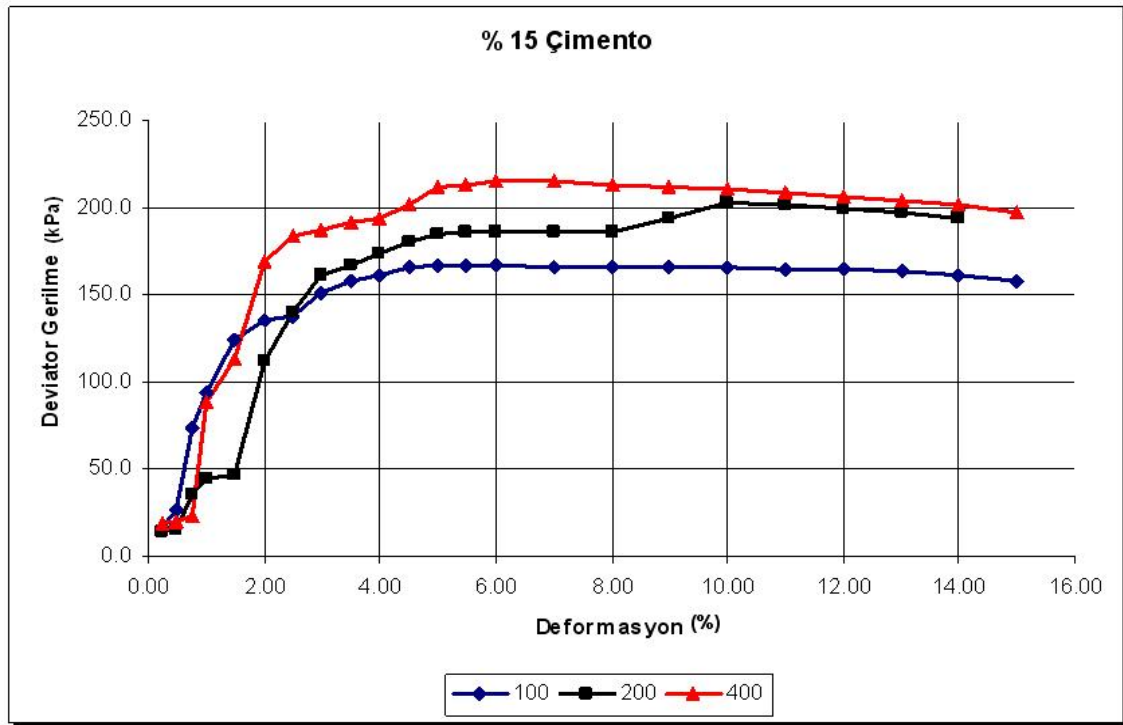
Şekil 6.4 Katkısız olarak hazırlanmış West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği



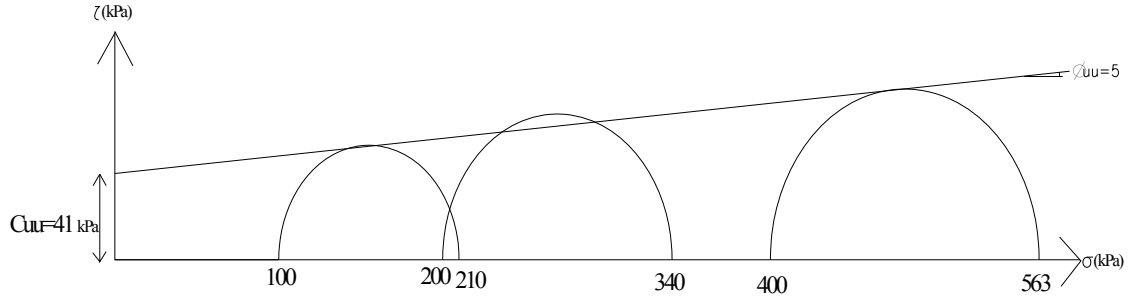
Şekil 6.5 %6 çimento katkılı West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği



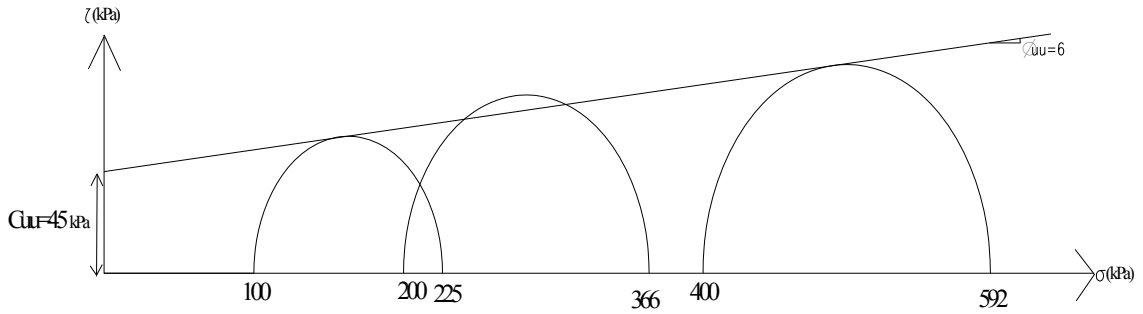
Şekil 6.6 %10 çimento katkılı West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği



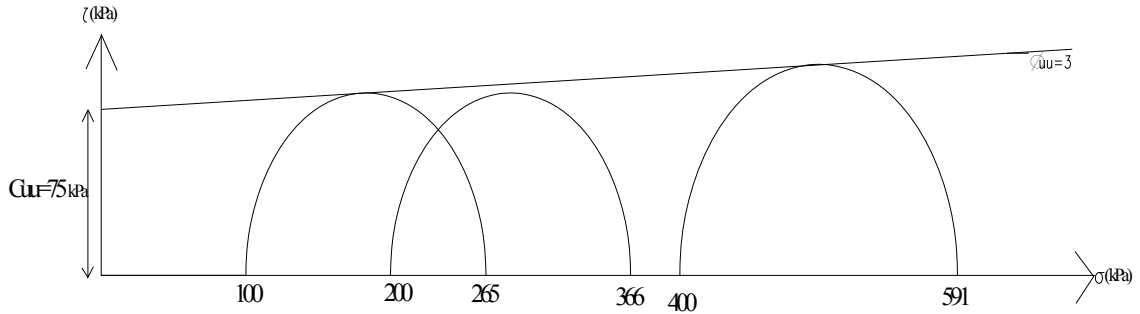
Şekil 6.7 %15 çimento katkılı West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği



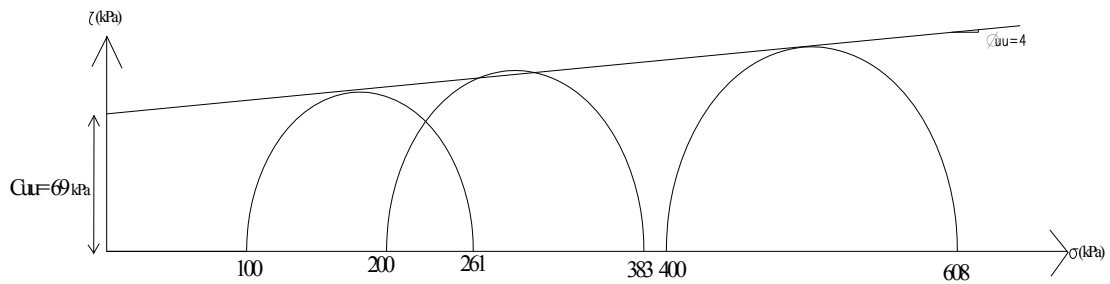
Şekil 6.8 Katkısız olarak hazırlanmış West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri



Şekil 6.9 %6 çimento katkılı West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri



Şekil 6.10 %10 çimento katkılı West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri

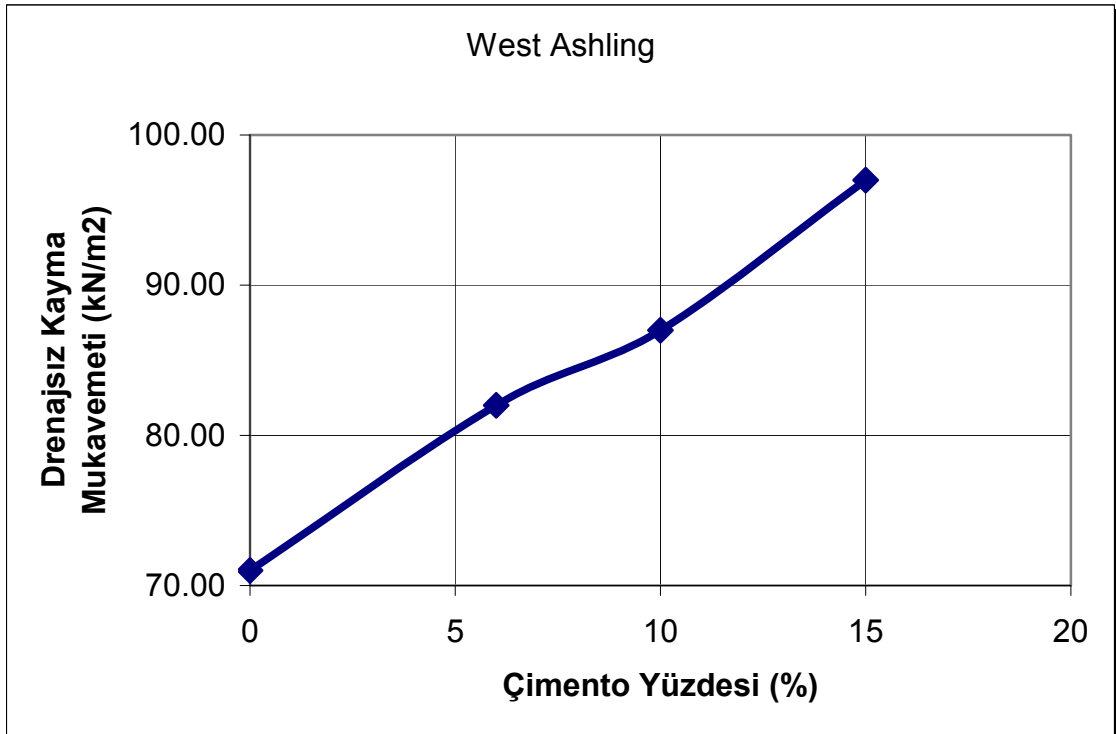


Şekil 6.11 %15 çimento katkılı West Ashling kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri

West Ashling kili içerisinde çimento katılmaksızın ve içerisinde %6, %10 ve %15 oranında çimento katılmasıyla elde edilen numuneler üzerinde 100, 200 ve 400 kPa hücre basınçları altında gerçekleştirilen üç eksenli basınç deneyleri sonucunda elde edilen ortalama mukavemet değerleri Çizelge 6.1’de sunulmuş olup, bu değerler Şekil 6.12’de bir grafik şeklinde sunulmaktadır. Şekil 6.12’nin incelenmesinden artan çimento katkısının zeminin drenajsız kayma mukavemeti değerini arttırdığı ve çimento yüzdesi artışının drenajsız kayma mukavemetini artırıcı bir etki yaptığı görülmektedir.

Çizelge 6.1 West Ashling kilindeki ortalama drenajsız kayma mukavemeti

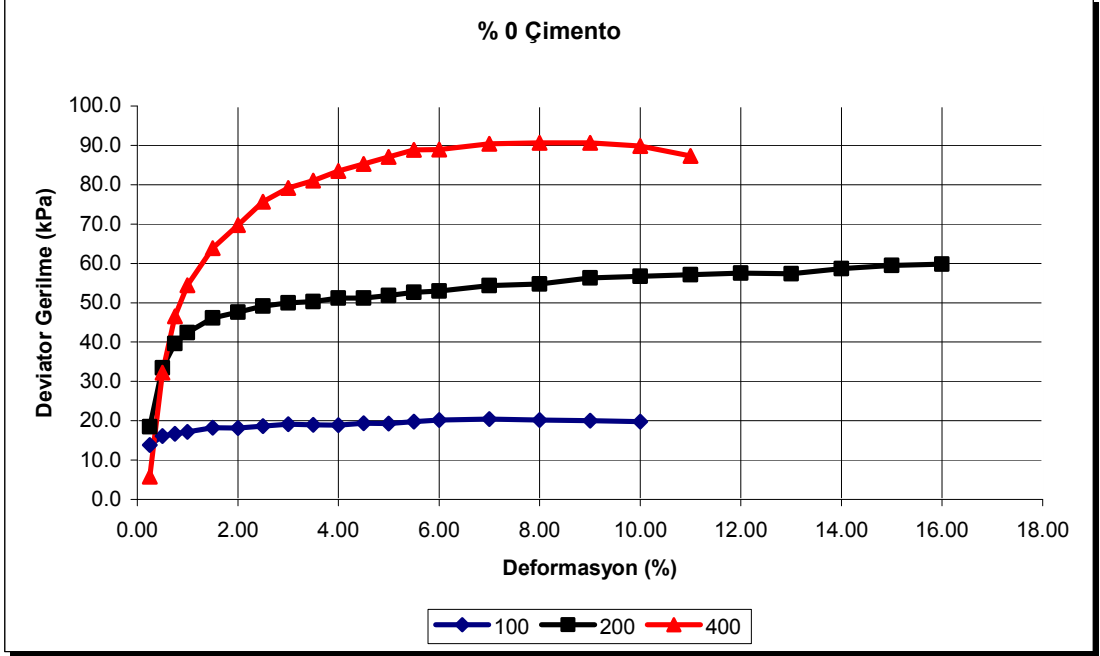
Kil + % 0 çimento	→ 71 kN/m^2	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti
Kil + % 6 çimento	→ 82 kN/m^2	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti
Kil + % 10 çimento	→ 87 kN/m^2	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti
Kil + % 15 çimento	→ 97 kN/m^2	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti



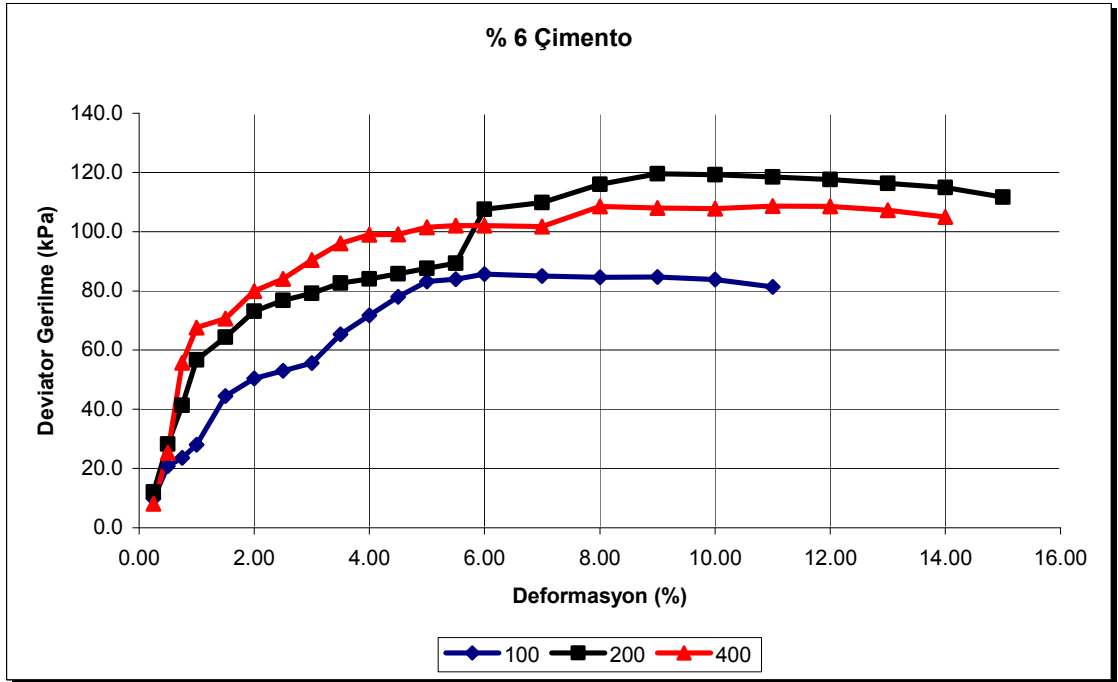
Şekil 6.12 West Ashling kilinin drenajsız kayma mukavemetinin 4 farklı çimento yüzdesi ile değişimi.

6.2.2 Hamble Kili

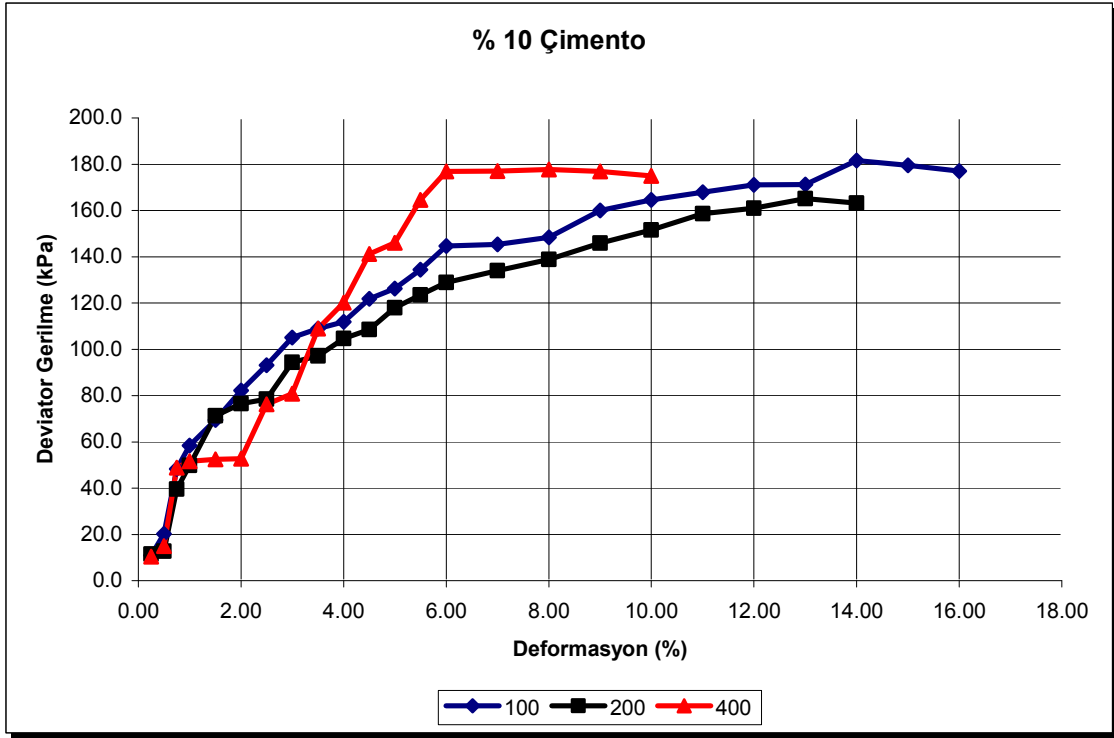
%0, %6, %10 ve %15 oranlarında çimento katkıları Hamble killeri üzerinde gerçekleştirilen üç eksenli basınç deneylerine ait föyler Ek Çizelge 1.5-1.8'de; üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme-deformasyon eğrileri Şekil 6.13-6.16'de, deneylere ait Mohr Daireleri ise Şekil 6.17-Şekil 6.20'de sunulmuştur.



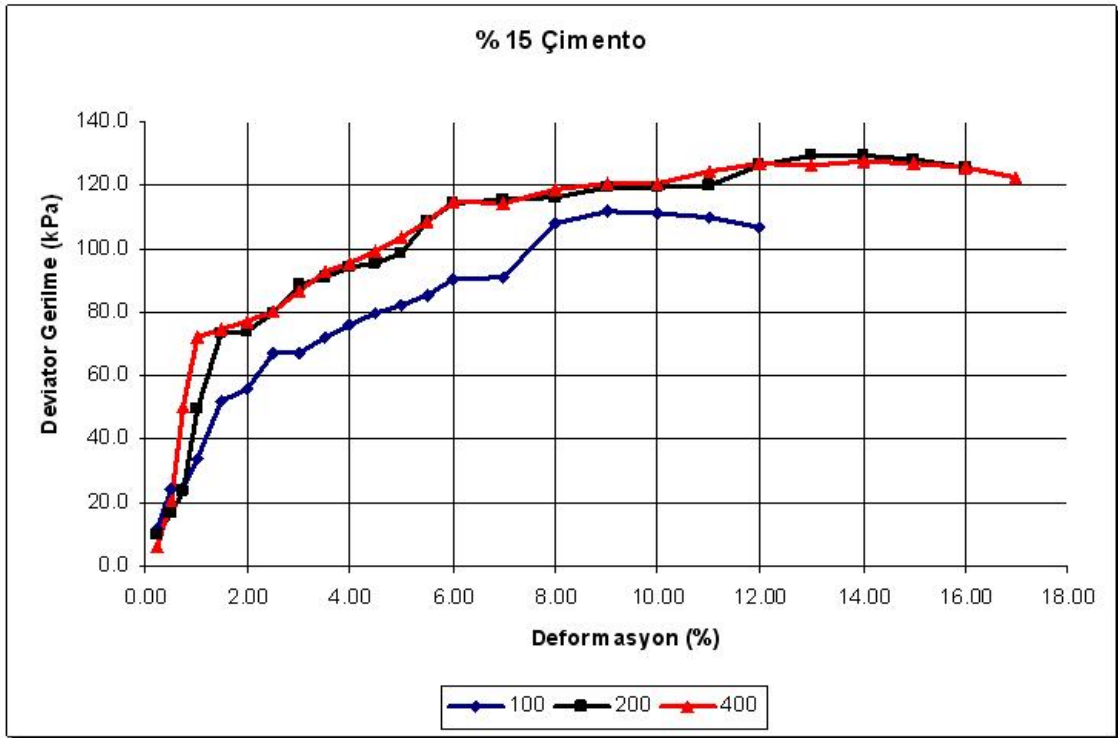
Şekil 6.13 Çimento katkısız olarak hazırlanmış Hamble kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği



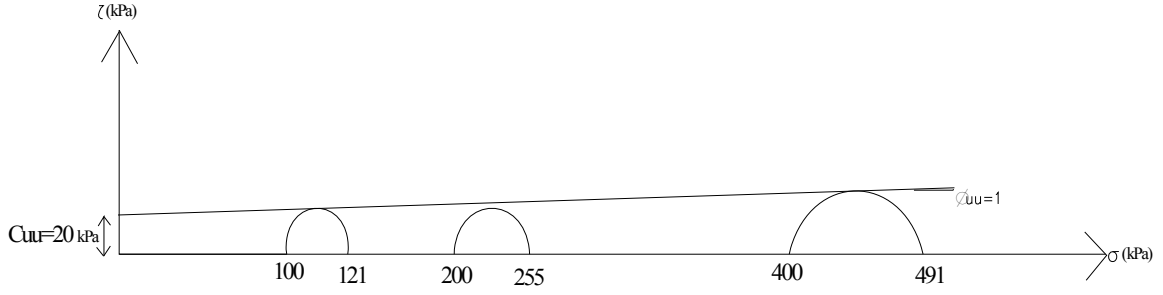
Şekil 6.14 %6 çimento katkıları Hamble kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği



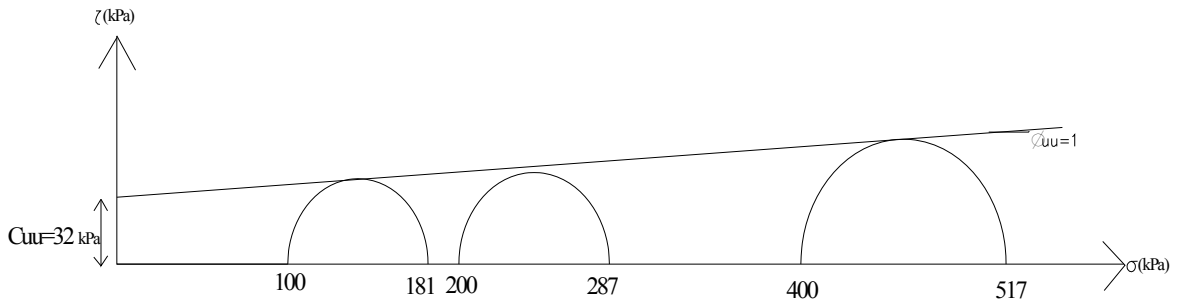
Şekil 6.15 %10 çimento katkıli Hamble kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği



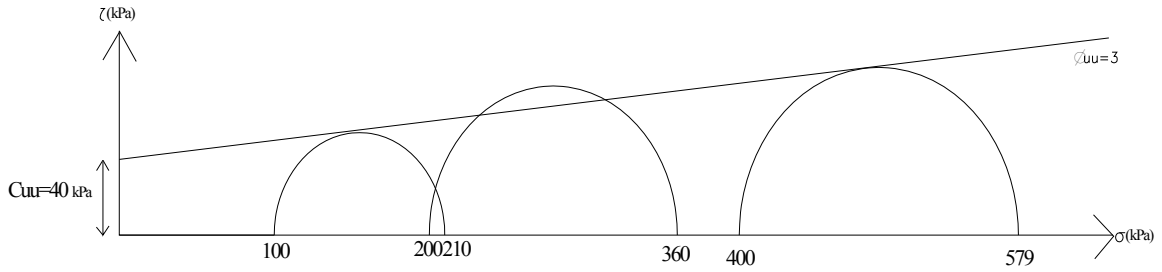
Şekil 6.16 %15 çimento katkıli Hamble kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği



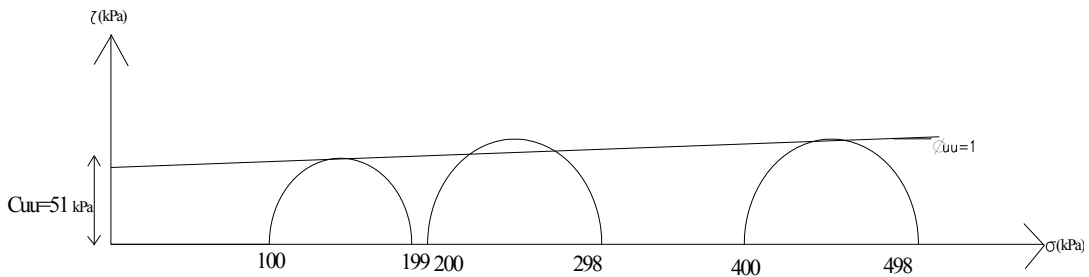
Şekil 6.17 Katkısız Hamble kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri



Şekil 6.18 %6 çimento katkılı Hamble kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri



Şekil 6.19 %10 çimento katkılı Hamble kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri

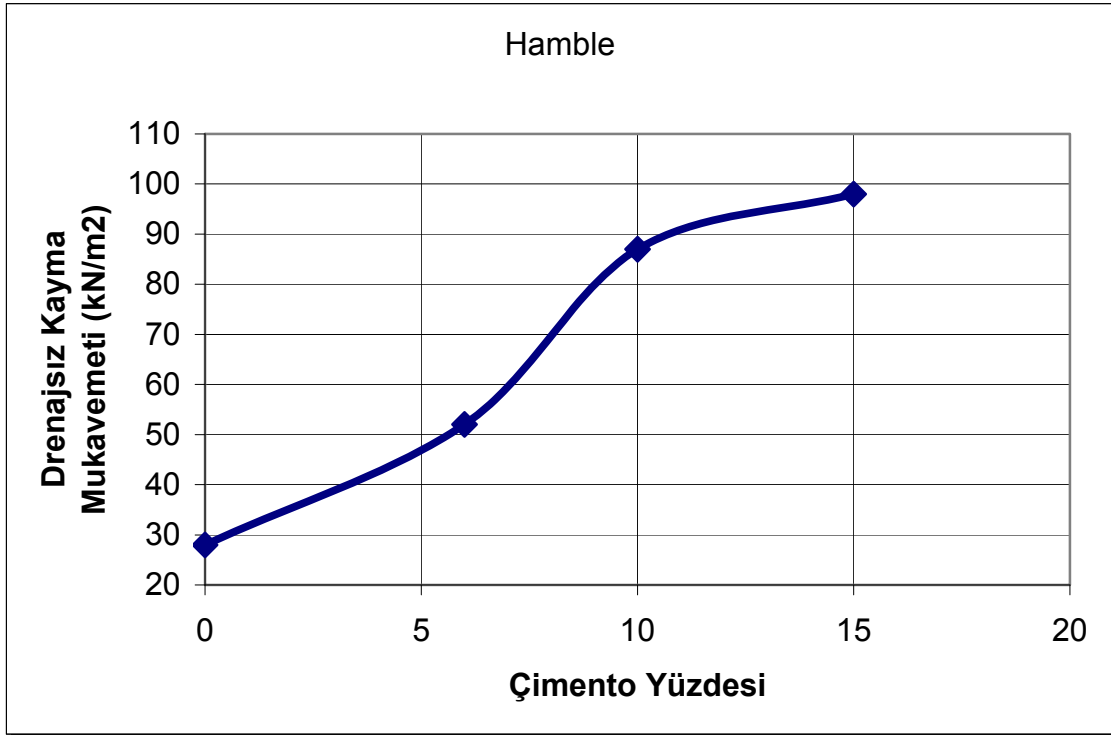


Şekil 6.20 %15 çimento katkılı Hamble kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri

Hamble kili içerisinde çimento katılmaksızın ve %6, %10 ve %15 oranında çimento katılmasıyla elde edilen numuneler üzerinde 100, 200 ve 400 kPa hücre basınçları kullanılmasıyla gerçekleştirilen üç eksenli basınç deneyleri sonucunda elde edilen ortalama mukavemet değerleri Çizelge 6.2’de gösterilmiştir. Şekil 6.21’de ise bu değerler bir grafik üzerinde bir arada sunulmuştur. Sonuçların incelenmesinden çimento zeminin drenajsız kayma mukavemeti değerini arttırdığı görülmekte ve çimento yüzdesinin artmasının drenajsız kayma mukavemetini arttırdığı gözlenmektedir.

Çizelge 6.2 Hamble kilindeki ortalama drenajsız kayma mukavemeti

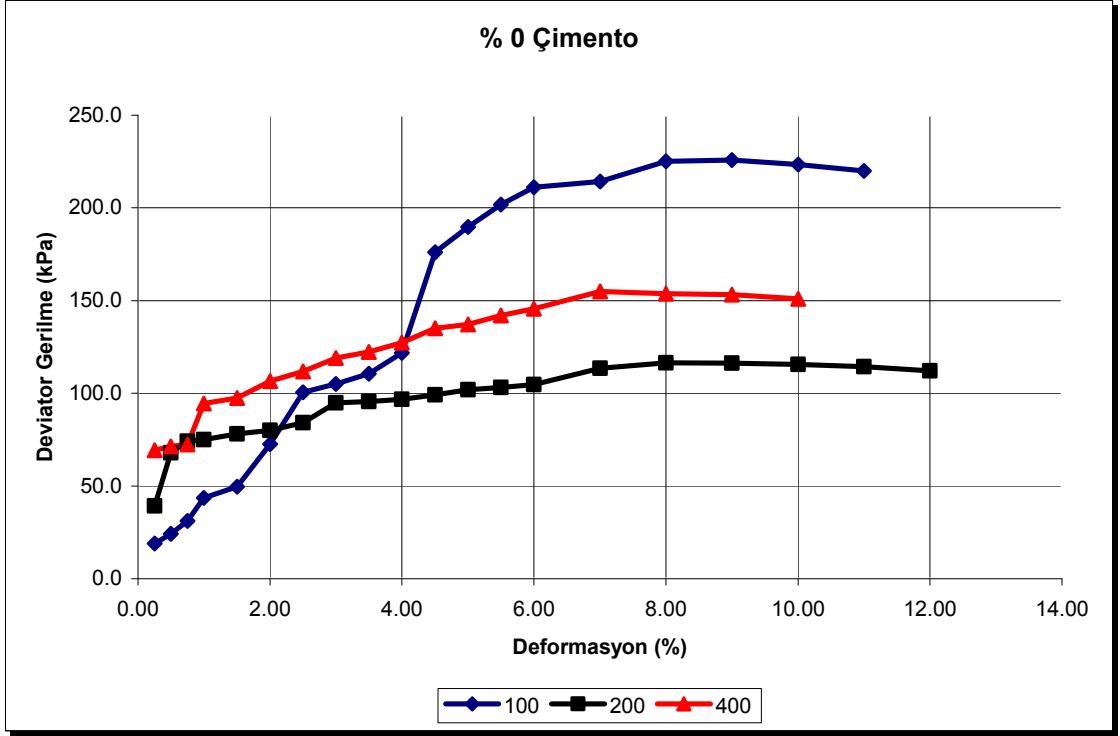
Kil + % 0 çimento → 28 kN / m^2	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti
Kil + % 6 çimento → 52 kN / m^2	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti
Kil + % 10 çimento → 87 kN / m^2	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti
Kil + % 15 çimento → 98 kN / m^2	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti



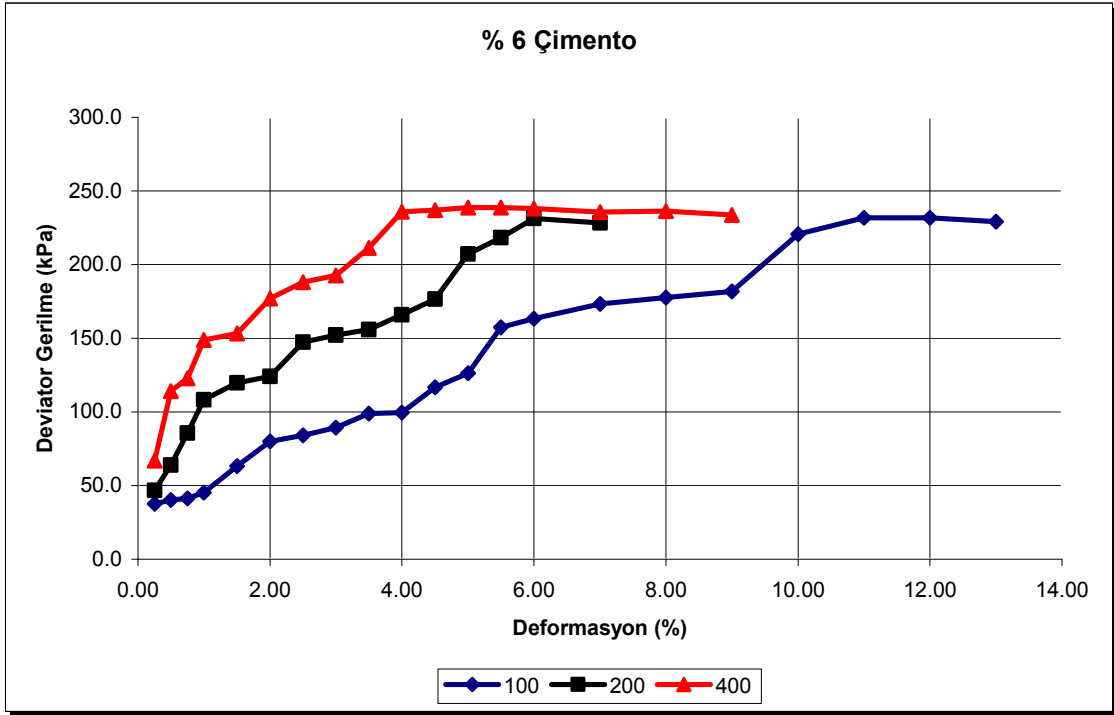
Şekil 6.21 Hamble kilinin drenajsız kayma mukavemetinin 4 farklı çimento yüzdesi ile değişimi.

6.2.3 Emsworth Kili

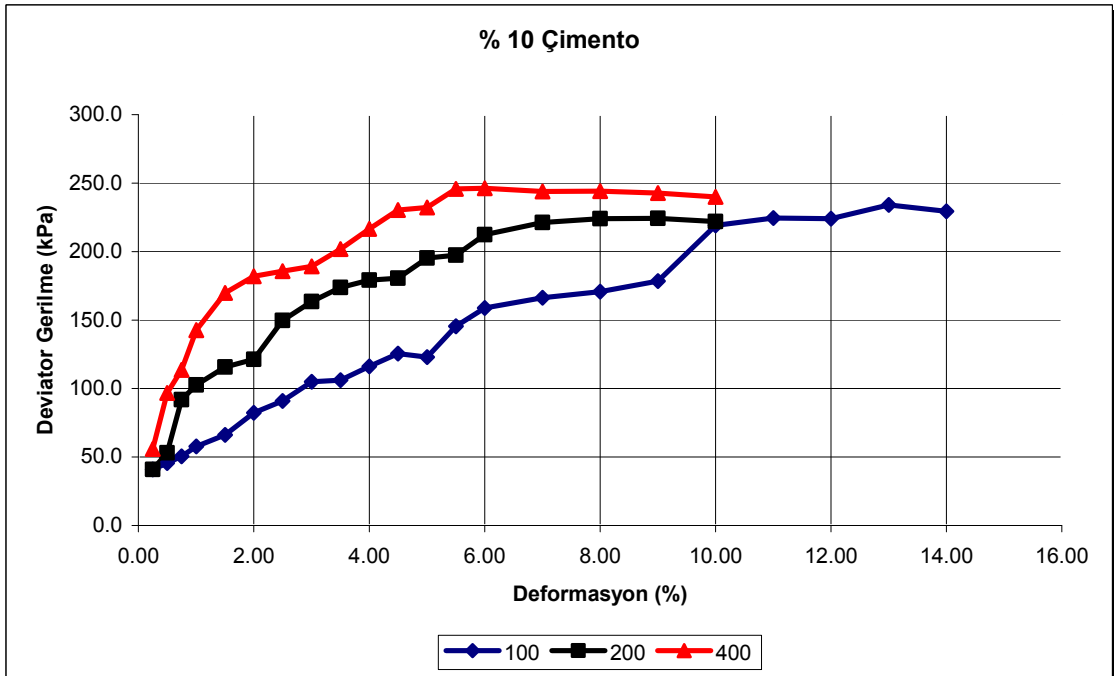
West Ashling ve Hamble killerinin çimento katkısız ve çimento katkılı numuneleri üzerinde laboratuarda gerçekleştirilen üç eksenli basınç deneylerinin yanı sıra benzer deneyler Emsworth kili üzerinde de gerçekleştirilmiştir. Deney föyleri Ek Çizelge 1.9-1.12'de, deneylerden elde edilen gerilme-deformasyon eğrileri ise Şekil 6.22-6.25'de, deneylere ait Mohr Daireleri ise Şekil 6.26-Şekil 6.29'da sunulmuştur.



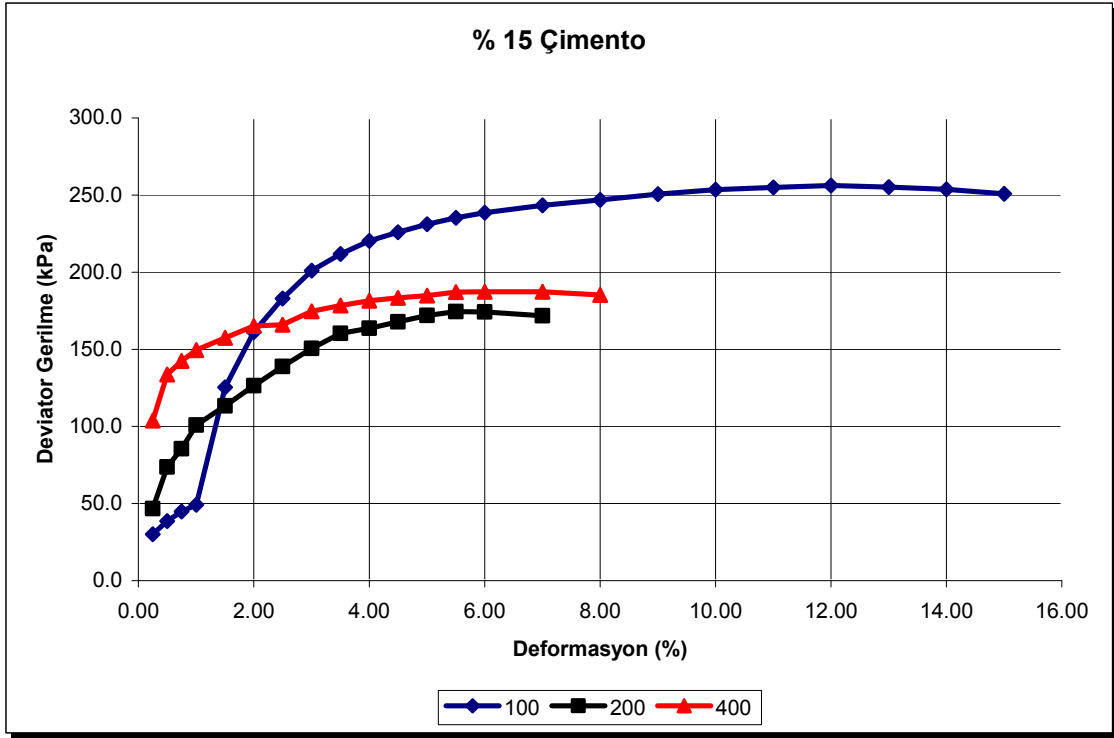
Şekil 6.22 Çimento katkısız olarak hazırlanmış Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği



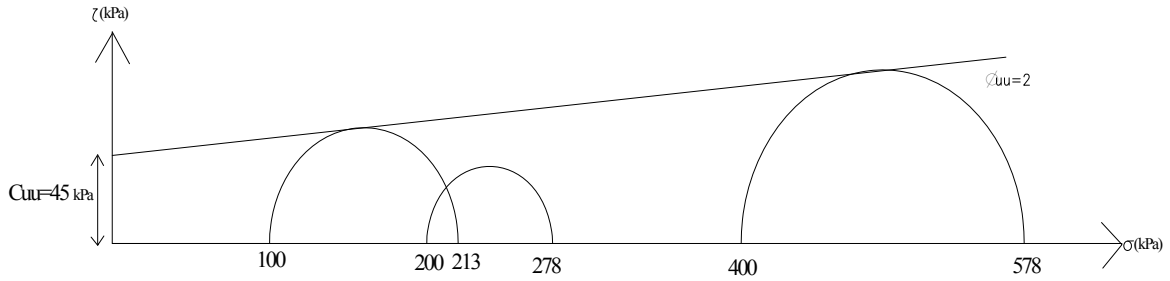
Şekil 6.23 % 6 çimento katkılı Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği



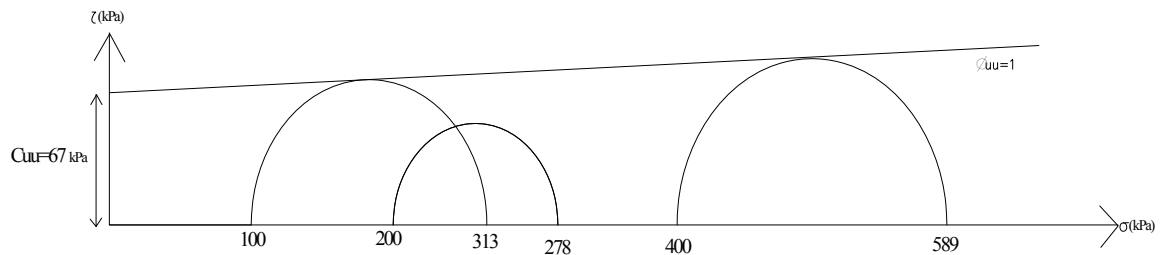
Şekil 6.24 %10 çimento katkılı Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği



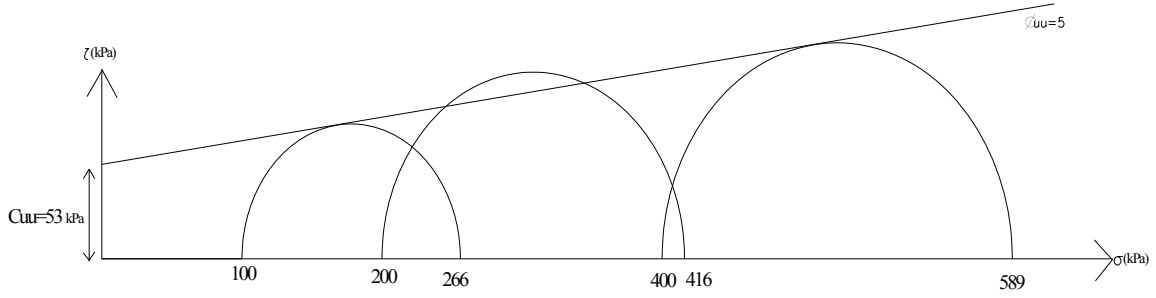
Şekil 6.25 %15 çimento katkılı Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme – deformasyon grafiği



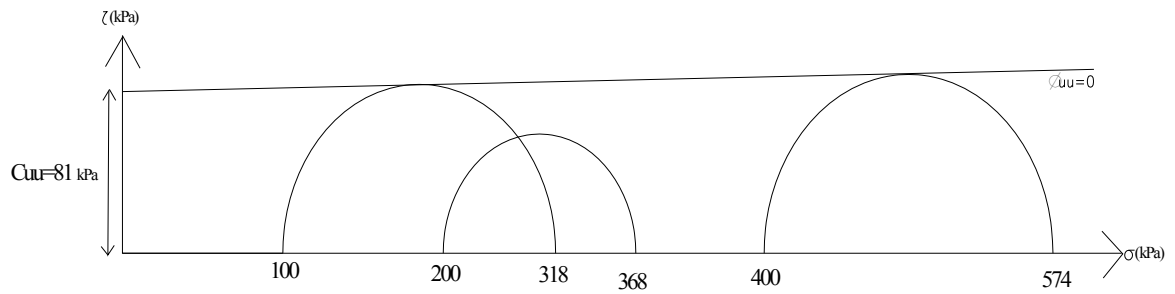
Şekil 6.26 Katkısız Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri



Şekil 6.27 %6 çimento katkılı Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri



Şekil 6.28 %10 çimento katkılı Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri

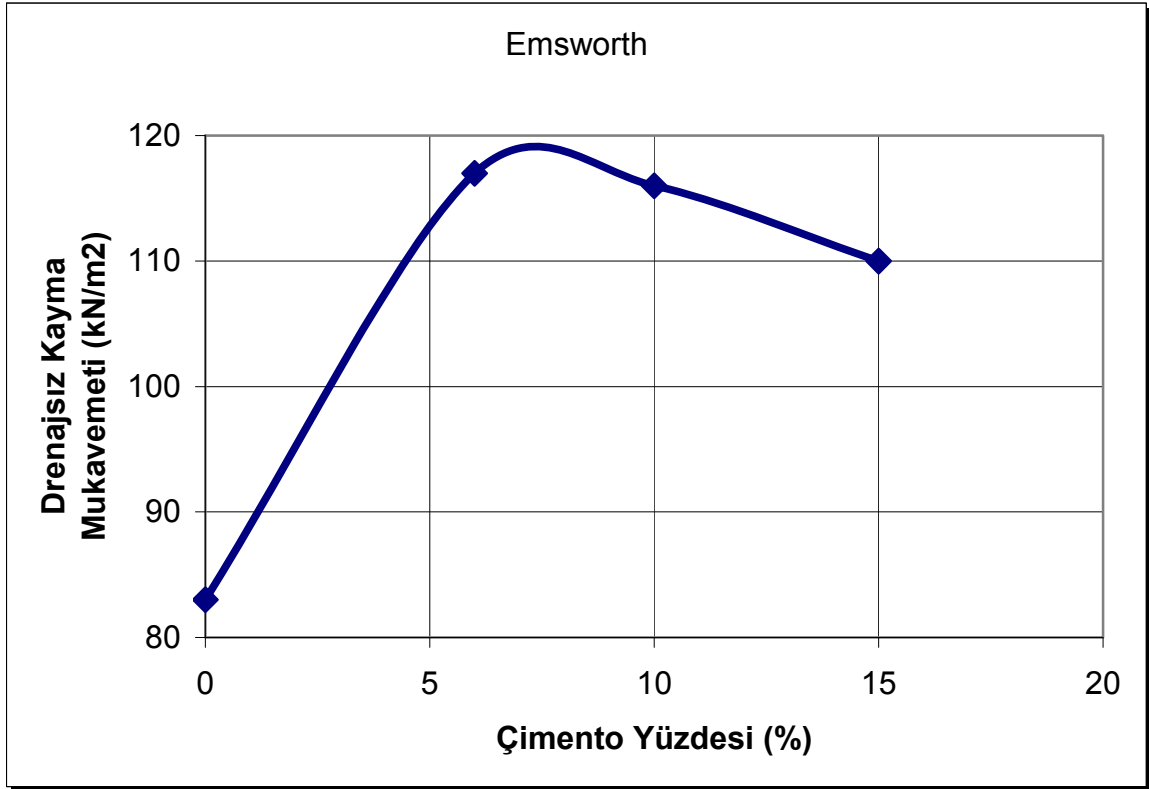


Şekil 6.29 %15 çimento katkılı Emsworth kilinin üç eksenli basınç deneyinden elde edilen Mohr gerilme daireleri

Emsworth kili içerisinde çimento katılmaksızın ve içerisinde %6, %10 ve %15 oranında çimento katılmasıyla elde edilen numuneler üzerinde 100, 200 ve 400 kPa hücre basınçları altında gerçekleştirilen üç eksenli basınç deneyleri sonucunda elde edilen ortalama mukavemet değerleri Çizelge 6.3'de sunulmuş olup, bu değerler Şekil 6.30'de bir grafik şeklinde gösterilmektedir. Şekil 6.30'den %6 lık çimento katkısına kadar zeminin drenajsız kayma mukavemeti değerinin çimento oranının artmasıyla yükseldiği, buna karşılık West Ashling ve Hamble killerinde görülenin tersine, bu değerden sonra çimento yüzdesinin artmasının zeminin drenajsız kayma mukavemetini olumsuz etkilediği görülmektedir.

Çizelge 6.3 Emsworth kilindeki ortalama drenajsız kayma mukavemeti

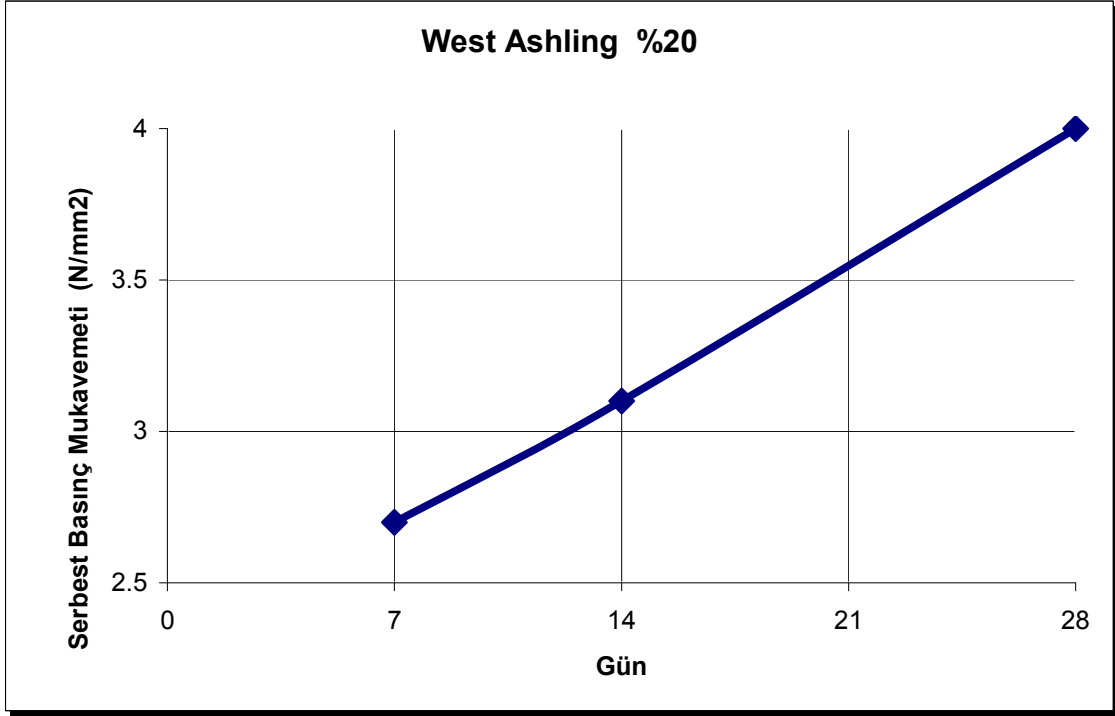
Kil + % 0 çimento → 83 kN/m^2	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti
Kil + % 6 çimento → 117 kN/m^2	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti
Kil + % 10 çimento → 116 kN/m^2	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti
Kil + % 15 çimento → 110 kN/m^2	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti



Şekil 6.30 Emsworth kilinin drenajsız kayma mukavemetinin 4 farklı çimento yüzdesi ile değişimi

6.3 Basınç Deneyi

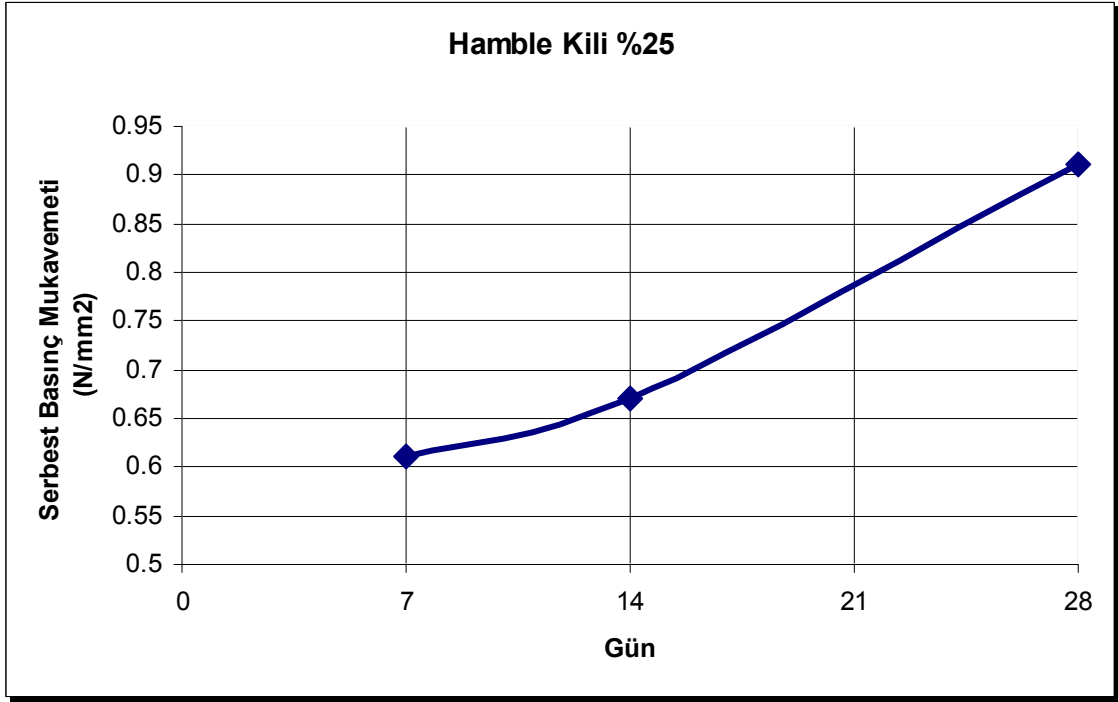
Veyn ve üç eksenli basınç deneylerinde kullanılan en yüksek çimento katkı oranı olan %15'ten daha yüksek oranlarda çimento katkısının, (West Ashling'in %20 ve %25 oranlarında, Emsworth'un %20 oranında, Hamble'nin %25 oranında) incelenen zeminlerin mukavemet özelliklerine etkisini araştırmak için hazırlanan zemin numuneleri üzerinde Portsmouth Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda bir seri basınç deneyi yapılmıştır. Numuneler 150mm x 150 mm x 150 mm ebatlarında küp numuneler olarak hazırlanmış ve 7 gün, 14 gün ve 28 gün saklama havuzunda bekletildikten sonra her bir kür süresi sonunda beton kırma aletinde basınç deneyine tabi tutulmuştur. Böylece çimento katkısının basınç mukavemetine etkisi, katkı oranına ve bekleme süresine bağlı olarak incelenmiştir. West Ashling, Emsworth ve Hamble bölgelerinin killerinden farklı çimento yüzdeleri ile üretilmiş numuneler üzerinde yapılmış basınç deneylerine ait bilgiler Ek Çizelge 1.13, Ek Çizelge 1.14 ve Ek Çizelge 1.15'de verilmiş, sonuçların değerlendirilmesi ise Şekil 6.31-Şekil 6.34'de grafikler halinde sunulmuştur.



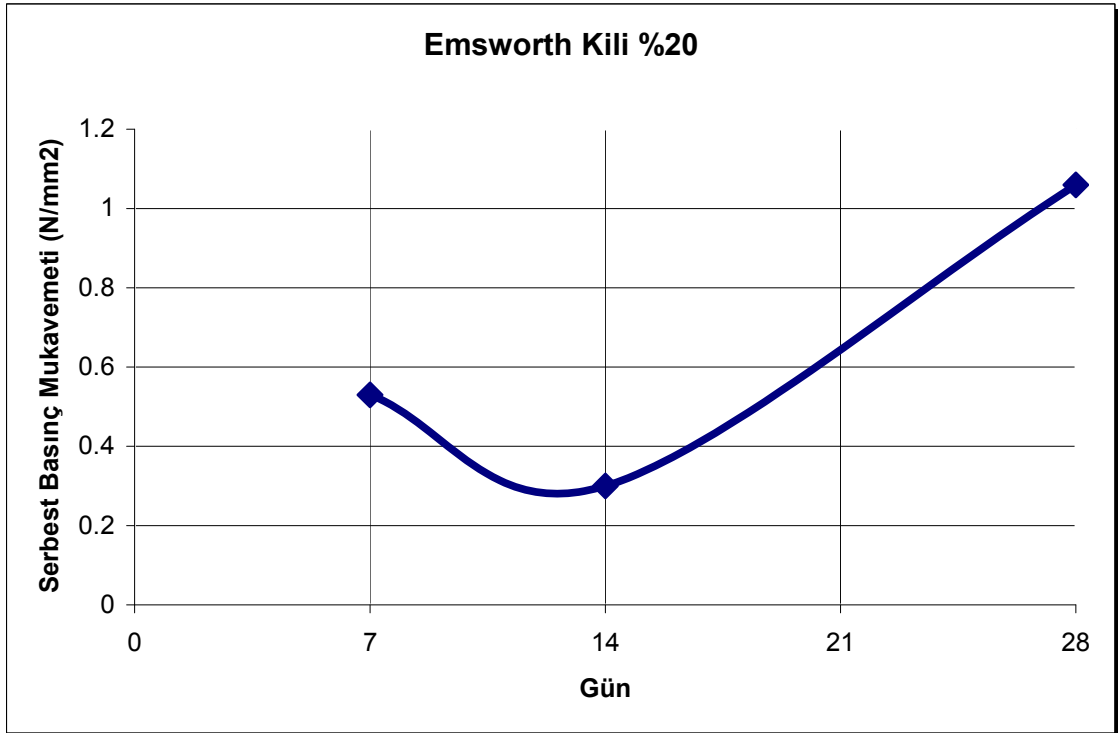
Şekil 6.31 %20 çimento katkılı West Ashling kilinin 7, 14 ve 28. günlerdeki serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi



Şekil 6.32 %25 çimento katkılı West Ashling kilinin 7, 14 ve 28. günlerdeki serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi



Şekil 6.33 %25 çimento katkılı Hamble kilinin 7, 14 ve 28. günlerdeki serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi



Şekil 6.34 %20 çimento katkılı Emsworth kilinin 7, 14 ve 28. günlerdeki serbest basınç mukavemeti değerlerinin değişimi

Grafiklerin incelenmesinden, West Ashling Kiline % 20 ve % 25 oranında, Hamble kiline ise % 20 oranında çimento katılması ile elde edilen numuneler üzerinde gerçekleştirilen basınç deneylerinde, kullanılan zemin örneklerinin serbest basınç mukavemeti değerlerinin süre ile birlikte bir artış gösterdiği; buna karşılık üç eksenli basınç deneylerinde de diğer iki bölgeden alınan zemin örneklerine göre daha farklı bir davranış gösteren Emsworth kilinde ise % 20 çimento katısının 14. güne kadar mukavemet üzerinde olumlu herhangi bir etki sağlamadığı fakat 14. günden itibaren son mukavemet ölçülen gün olan 28. güne kadar ise zeminin serbest basınç mukavemeti değerinde çarpıcı bir artış meydana getirdiği görülmektedir. 14 günlük basınç ölçüm değerinin deneysel bir hatadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, İngiltere’de üç farklı bölgede yer alan West Ashling, Hamble ve Emsworth killerin geoteknik özellikleri incelenerek, bu killerin çimento ile stabilizasyonu deneysel olarak araştırılmıştır. Çimento ile iyileştirmenin incelenen killerin mukavemeti üzerindeki etkisini inceleyebilmek amacıyla laboratuarda katkısız ve %6, %10 ve %15 çimento eklenerek hazırlanmış çimento katkılı numuneler üzerinde veyn ve üç eksenli basınç deneyleri, %20 ve %25 çimento katkılı numunelerde ise 7, 14 ve 28 günlük bekleme süreleri sonunda serbest basınç deneyleri yapılmıştır.

Laboratuarda gerçekleştirilen veyn deneyi sonuçlarına göre çimentonun her üç kilin drenajsız kayma mukavemetini artırıcı bir etki sağladığı görülmüştür. Drenajsız kayma mukavemetindeki artışın %6 ve %10 çimento katkılarında daha belirgin olduğu, % 10’luk çimento yüzdesinden sonraki katkı oranlarının ise mukavemet üzerinde daha az bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Benzer şekilde, çimento katkılı kil numuneler üzerinde laboratuarda üç farklı hücre basıncı altında gerçekleştirilen üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen drenajsız kayma mukavemeti değerlerinin de artan çimento yüzdesi ile birlikte arttığı görülmüştür. Bununla birlikte çimentonun drenajsız kayma mukavemetinde gösterdiği arttırıcı etki, West Ashling ve Hamble bölgelerinden alınan numuneler üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçlarından açık olarak gözlenirken; Emsworth bölgesinden alınan zemin örnekleri üzerinde gerçekleştirilen deneylerde % 6 çimento katkısının mukavemet değerini arttırdığı buna karşılık % 10 çimento ve % 15 çimento ilavesinin mukavemet değerini azalttığı veya en azından olumlu etkilemediği görülmüştür. Bu durumun bu kilde çimento reaksiyonlarının daha uzun sürede gerçekleşmesinden veya gerçekleştirilen üç eksenli basınç deneyleri sırasında meydana gelmiş bir deneysel hatadan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın son aşamasında, veyn ve üç eksenli basınç deneylerinde kullanılan en yüksek katkı oranı olan %15’ten daha yüksek çimento katkısının mevcut zemin örnekleri üzerinde zamana bağlı olarak bir mukavemet artışına sebep olup olmadığı %20 ve % 25 oranlarında çimento katılmış 150x150x150 mm ve 100x100x100 mm boyutlarında hazırlanmış küp numunelerde 7.gün ve 14.gün ve 28.günlerde basınç deneyleri yapılarak elde edilen serbest basınç mukavemeti değerleri ile sınıanmıştır. Bu deneyler sonucunda, çimento katkılı numunelerin serbest basınç mukavemetinde zamanla bir artış meydana geldiği gözlenmiş ancak üç eksenli basınç deneyinde West Ashling ve Hamble bölgelerinden alınan kil numuneler üzerinde elde edilen sonuçlarla uyumlu olmayan sonuçlar veren Emsworth bölgesinden alınan örnek üzerinde gerçekleştirilen serbest basınç mukavemeti değerlerinde de yine bazı farklılıklar gözlenmiştir. Bununla birlikte sonuç olarak, farklı oranlarda çimento katılarak hazırlanmış West Ashling, Hamble ve Emsworth

killlerinden elde edilen numuneler üzerinde yapılan basınç deneyleri çimento katkısının bu killerin mukavemet özelliklerini iyileştirdiği göstermektedir. Ayrıca bu killerin mukavemet, sıkışabilirlik ve işlenebilirlik özelliklerindeki iyileşmeyi ve en etkili iyileştirme yöntemini belirlemek amacı ile farklı maddeler (uçucu kül, kireç) kullanılarak laboratuarda benzer deneyler yapılarak sonuçlar karşılaştırılmalı ve değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

Aiban, S.A., Al-Ahmadi H.M., Asi, I.M., Siddique Z.U., Al-Amoudi O.S.B. (2005) “Effect of geotextile and cement on the performance of sabkha subgrade”

Al-Rawas, A. A., Hago A. W., Taha R., Al-Kharousi K. (2005) Use of incinerator ash as a replacement for cement and sand in cement mortars

Anagnostopoulos, C. A. (2006) Cement–clay grouts modified with acrylic resin or methyl methacrylate ester: Physical and mechanical properties

Andac M., Glasser F.P (1999) Long-term leaching mechanisms of Portland cement-stabilized municipal solid waste fly ash in carbonated water

Andromalos, Bahner K. B. and Bahner E. W., (2003) The Application of Various Deep Mixing Methods for Excavation Support Systems

Arosio F., Castoldi L., Ferlazzo N., Forzatti P. (2006) Influence of solfonated melamine formaldehyde condensate on the quality of building blocks production by extrusion of cement–clay pastes: 23, 249–324

Bahar R., Benazzoug M., S. Kenai, (2004) Performance of compacted cement - stabilized soil:

Bell, F. G. (1995) Cement stabilization and clay soils, with examples

Bell F.G. (1996) Lime stabilization of clay minerals and soils

Board M.J., Reid J.M. Fox D., Grant D.I (2000) The effects of age on cement stabilised / solidified contaminated materials

Board M.J (2005). A long term study of six cement stabilised /solidified materials: Reuse in road construction applications. PhD Thesis. University of Portsmouth.

Bone B.D., Barnard L.H., Hills C.D. (2004). Guidance on the use of stabilization / solidification for the treatment of contaminated soils

Botta D., Dotelli G., Biancardi R., Pelosato R., Sora I. N. (2003) Cement–clay pastes for stabilization/solidification of 2-chloroaniline

British Standards Institution. Testing Concrete. Method for determination of the compressive strength of concrete. (1983) London British Standards Institution.

Cartledge F.K., Butler L.G., Chalasani D. Eaton H.C., Frey F.P., Herrera E., Tittlebaun M.E., Yang S.L., (1990) Immobilization mechanisms in the solidification / stabilization of Cd and Pb salts using Portland cement fixing agent

Cheilas A., Katsioti M. , Georgiades A., Malliou O. , Teas C., Haniotakis E. (2007) Impact of hardening conditions on to stabilized/solidified products of cement–sewage sludge–jarosite/alunite

Cullinane J.R., Bricka R.M. (1989) An evaluation of organic materials that interfere with stabilization / solidification processes in

Degirmenci, N., Okucu A, Turabi A. (2006) Application of phosphogypsum in soil stabilization

Glasser F.P. (1997) Fundamental aspects of cement solidification and stabilisation: Retrieved September 1, 2007 from Science Direct Website: <http://www.sciencedirect.com>

Hewlett P.C., Dhir R.K., Dyer T.D. (1999) Chemical profiles of cement pastes exposed to a chloride solution spray

Hiller SR (1999). Long-term leaching of toxic trace metals from Portland cement concrete. PhD Thesis. University of Portsmouth.

Kalkan E. (2006) Utilization of red mud as a stabilization material for the preparation of clay liners

Karamalidis A. K., Voudrias E. A., (2006) Release of Zn, Ni, Cu, SO₄²⁻ and CrO₄²⁻ as a function of pH from cement-based stabilized/solidified refinery oily sludge and ash from incineration of oily sludge

Karamalidis, A. K. , Voudrias E. A. (2007) Cement-based stabilization/solidification of oil refinery sludge: Leaching behavior of alkanes and PAHs

Lo I.M.C., (1996) Solidification / stabilization of phenolic waste using organic-clay complex

Malhotra V.M., Bouzoubal N., Zhang M.H., Bilodeau A., (1999) The effect of grinding on the physical properties of fly ashes and a portland cement clinker

McGinn A. J., O'Rourke, T. D., (2003). Performance of Deep Mixing Methods at Fort Point Channel

Peplow A. T., Kayni A. M. (2007) Prediction and validation of traffic vibration reduction due to cement column stabilization

Pollard S.J.T., Montgomery D.M., Sollars C.J., Perry R. (1991) Organic compounds in the cement based Stabilization / Solidification of hazardous mixed wastes- Mechanistic and Process considerations

Qiao X.C., Poona C.S., Cheeseman C.R. (2006) Transfer mechanisms of contaminants in cement-based stabilized/solidified wastes

Rahman M., Rujano J. R., Crane R A., Moreno W., (1986) Numerical analysis of stabilization techniques

Rajasekaran G. (2005) Sulphate attack and ettringite formation in the lime and cement stabilized marine clays

Shawabkeh R. A. (2005) Solidification and stabilization of cadmium ions in sand-cement-clay mixture

Sherwood P. T. (1993) Soil stabilization with cement and lime

Taki O., Hemmata A., (1991) Comparison of compaction and puddling as pre-planting soil preparation for mechanized rice transplanting in very gravelly Calcisols in central Iran

Temimi M. , Amor K. B, Camps J.P. (1998) Making building products by extrusion and cement stabilization: limits of the process with montmorillonite clay

Vipulanandan C. (1995) Effect of clays and cement on the solidification/stabilization of phenol-contaminated soils

Wild D., Kisliakova A., Siegrist H. (1993) Fixation by Mg, Ca and zeolite a during stabilization of excess sludge from enhanced biological P-removal

Wiles C. C. (1987) A review of solidification/stabilization technology

Yang Yin C., Shaaban M. G. , Mahmud H. B., (2005) Chemical stabilization of scrap metal yard contaminated soil using ordinary portland cement: Strength and leachability aspects

Yin C. Y., Ali W. S. W., Lim Y. P. (2007) Oil palm ash as partial replacement of cement for solidification/ stabilization of nickel hydroxide sludge

Yong R. N., Ouhadi V R. (2006) Experimental study on instability of bases on natural and lime/cement-stabilized clayey soils

EKLER

Ek Çizelge 1.1 Katkısız olarak hazırlanmış West Ashling kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.2 % 6 çimento katkılı West Ashling kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.3 % 10 çimento katkılı West Ashling kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.4 % 15 çimento katkılı West Ashling kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.5 Katkısız olarak hazırlanmış Hamble kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.6 % 6 çimento katkılı Hamble kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.7 % 10 çimento katkılı Hamble kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.8 % 15 çimento katkılı Hamble kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.9 Katkısız olarak hazırlanmış Emsworth kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.10 % 6 çimento katkılı Emsworth kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.11 % 10 çimento katkılı Emsworth kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.12 % 15 çimento katkılı Emsworth kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.13 Beton küp numunelerin 7 günlük mukavemet değerleri

Ek Çizelge 1.14 Beton küp numunelerin 14 günlük mukavemet değerleri

Ek Çizelge 1.15 Beton küp numunelerin 28 günlük mukavemet değerleri

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ TESTİ

BÖLGE	West Ashling	BH / NUMUNE NUMARASI	Tr 1	DERİNLİK	1.0 m
-------	--------------	----------------------	------	----------	-------

Tanımlama	Yumuşak, Sarı Kahverengi Renkli, Temiz taşsız, %0 Çimento karışımı
-----------	--

Su Yoğunluğu & Hacim Yoğunluk Belirlemesi

Test	Kap No	Kabın Ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Islak Zemin (g)	Islak zemin ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Kuru zemin (g)	Kuru zemin ağırlığı (g)	Suyun Ağırlığı (g)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (Mg/m3)
1	116	9.93	162.87	152.94	124.36	114.43	38.51	33.65	1.77
2	213	9.80	162.92	153.12	124.95	115.15	37.97	32.97	1.77
3	327	9.15	162.94	153.79	124.87	115.72	38.07	32.90	1.78

--

Deney Ring Numarası	15201
Deney Ring Sabiti (N/div)	0.656
Deformasyon hızı	2% (dakikada)

Sonuçların Özeti			
Deney No	Göçme Anındaki Deviyör Gerilme (kN/m2)	Göçme anındaki deformasyon (%)	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m2)
1	140.8	6.0	70
2	119.6	5.0	60
3	165.1	5.5	83
	Ortalama		71

Hücre Basıncı (kN/m2)	100
-----------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm2)	Deviyör Gerilme (kN/m2)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	11	7.2	1137	6.3
0.50	0.4	11	7.2	1139	6.3
0.75	0.6	26	17.1	1142	14.9
1.0	0.8	38	24.9	1145	21.8
1.5	1.2	48	31.5	1151	27.4
2.0	1.6	86	56.4	1157	48.8
2.5	2.0	149	97.7	1162	84.1
3.0	2.4	168	110.2	1168	94.4
3.5	2.8	210	137.8	1174	117.3
4.0	3.2	229	150.2	1179	127.4
4.5	3.6	249	163.3	1185	137.8
5.0	4.0	251	164.7	1190	138.4
5.5	4.4	256	167.9	1196	140.4
6.0	4.8	258	169.2	1202	140.8
7.0	5.6	259	169.9	1219	139.4
8.0	6.4	261	171.2	1233	138.9
9.0	7.2	262	171.9	1246	137.9
10.0	8.0	262.5	172.2	1260	136.7
11.0	8.8	262.5	172.2	1274	135.2
12.0	9.6	261	171.2	1288	132.9
13.0	10.4	0.0	0.0	1303	0.0
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m2)	200
-----------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm2)	Deviyör Gerilme (kN/m2)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	14	9.2	1137	8.1
0.50	0.4	26	17.1	1139	15.0
0.75	0.6	87	57.1	1142	50.0
1.0	0.8	137	89.9	1145	78.5
1.5	1.2	169	110.9	1151	96.3
2.0	1.6	198	129.9	1157	112.3
2.5	2.0	204	133.8	1162	115.2
3.0	2.4	207	135.8	1168	116.3
3.5	2.8	209	137.1	1174	116.8
4.0	3.2	212	139.1	1179	118.0
4.5	3.6	216	141.7	1185	119.6
5.0	4.0	217	142.4	1190	119.6
5.5	4.4	217	142.4	1196	119.0
6.0	4.8	216	141.7	1202	117.9
7.0	5.6	212	139.1	1219	114.1
8.0	6.4	0.0	0.0	1233	0.0
9.0	7.2	0.0	0.0	1246	0.0
10.0	8.0	0.0	0.0	1260	0.0
11.0	8.8	0.0	0.0	1274	0.0
12.0	9.6	0.0	0.0	1288	0.0
13.0	10.4	0.0	0.0	1303	0.0
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m2)	400
-----------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm2)	Deviyör Gerilme (kN/m2)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	17	11.2	1137	9.8
0.50	0.4	19	12.5	1139	10.9
0.75	0.6	24	15.7	1142	13.8
1.0	0.8	89	58.4	1145	51.0
1.5	1.2	140	91.8	1151	79.8
2.0	1.6	158	103.6	1157	89.6
2.5	2.0	198	129.9	1162	111.8
3.0	2.4	248	162.7	1168	139.3
3.5	2.8	268	175.8	1174	149.8
4.0	3.2	286	188.9	1179	160.2
4.5	3.6	292	191.6	1185	161.6
5.0	4.0	299	196.1	1190	164.8
5.5	4.4	301	197.5	1196	165.1
6.0	4.8	302	198.1	1202	164.8
7.0	5.6	303	198.8	1219	163.1
8.0	6.4	303	198.8	1233	161.2
9.0	7.2	296	194.2	1246	155.8
10.0	8.0	0.0	0.0	1260	0.0
11.0	8.8	0.0	0.0	1274	0.0
12.0	9.6	0.0	0.0	1288	0.0
13.0	10.4	0.0	0.0	1303	0.0
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Ek Çizelge 1.1 Katkısız olarak hazırlanmış West Ashling kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ TESTİ

BÖLGE	West Ashling	BH / NUMUNE NUMARASI	Tr 1	DERİNLİK	1,0 m
-------	--------------	----------------------	------	----------	-------

Tanımlama	Yumuşak, Sarı Kahverengi Renkli, Temiz taşsız, %6 Çimento karışımı
-----------	--

Nem İçerik & Hacim Yoğunluk Belirlemesi

Test	Kap No	Kabın Ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Islak Zemin (g)	Islak zemin ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Kuru zemin (g)	Kuru zemin ağırlığı (g)	Suyun Ağırlığı (g)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (Mg/m3)
1	276	9.27	163.61	154.34	123.37	114.10	40.24	35.27	1.79
2	117	10.10	163.21	153.11	123.02	112.92	40.19	35.59	1.77
3	415	9.39	163.39	154.00	123.02	113.63	40.37	35.53	1.78

Deney Ring Numarası	15201
Deney Ring Sabiti (N/div)	0.656
Deformasyon hızı	2% (dakikada)

Sonuçların Özeti			
Deney No	Göçme Anındaki Deviyör Gerilme (kN/m2)	Göçme anındaki deformasyon (%)	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m2)
1	173.6	10.0	87
2	132.7	5.5	66
3	183.2	4.5	92
Ortalama			82

Hücre Basıncı (kN/m2)	100
-----------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm2)	Deviyör Gerilme (kn/m2)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	18	11.8	1137	10.4
0.50	0.4	18	11.8	1139	10.4
0.75	0.6	42	27.6	1142	24.1
1.0	0.8	54	35.4	1145	30.9
1.5	1.2	65	42.6	1151	37.0
2.0	1.6	161	105.6	1157	91.3
2.5	2.0	215	141.0	1162	121.4
3.0	2.4	242	158.8	1168	135.9
3.5	2.8	258	169.2	1174	144.2
4.0	3.2	271	177.8	1179	150.8
4.5	3.6	281	184.3	1185	155.6
5.0	4.0	292	191.6	1190	161.0
5.5	4.4	301	197.5	1196	165.1
6.0	4.8	305	200.1	1202	166.5
7.0	5.6	313	205.3	1219	168.4
8.0	6.4	319	208.6	1233	169.2
9.0	7.2	325	213.2	1246	171.1
10.0	8.0	333.5	218.8	1260	173.6
11.0	8.8	336	220.4	1274	173.0
12.0	9.6	337.5	221.4	1288	171.9
13.0	10.4	338	221.7	1303	170.2
14.0	11.2	338.5	222.1	1319	168.4
15.0	12.0	338.7	222.2	1334	166.6
16.0	12.8	337.6	221.5	1349	164.2
17.0	13.6	336	220.4	1366	161.4
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m2)	200
-----------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm2)	Deviyör Gerilme (kn/m2)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	21	13.8	1137	12.1
0.50	0.4	37	24.3	1139	21.3
0.75	0.6	115	75.4	1142	66.1
1.0	0.8	154	101.0	1145	88.2
1.5	1.2	194	127.3	1151	110.6
2.0	1.6	212	139.1	1157	120.2
2.5	2.0	222	145.6	1162	125.3
3.0	2.4	228	149.6	1168	128.1
3.5	2.8	232	152.2	1174	129.6
4.0	3.2	235	154.2	1179	130.8
4.5	3.6	238	156.1	1185	131.8
5.0	4.0	240	157.4	1190	132.3
5.5	4.4	242	158.8	1196	132.7
6.0	4.8	243	159.4	1202	132.6
7.0	5.6	245	160.7	1219	131.8
8.0	6.4	247.5	162.4	1233	131.7
9.0	7.2	248.5	163.0	1246	130.8
10.0	8.0	249	163.3	1260	129.6
11.0	8.8	249	163.3	1274	128.2
12.0	9.6		0.0	1288	0.0
13.0	10.4		0.0	1303	0.0
14.0	11.2		0.0	1319	0.0
15.0	12.0		0.0	1334	0.0
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m2)	400
-----------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm2)	Deviyör Gerilme (kn/m2)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	21	13.8	1137	12.1
0.50	0.4	22	14.4	1139	12.7
0.75	0.6	30	19.7	1142	17.2
1.0	0.8	130	85.3	1145	74.5
1.5	1.2	226	148.3	1151	128.8
2.0	1.6	271	177.8	1157	153.7
2.5	2.0	297	194.8	1162	167.7
3.0	2.4	312	204.7	1168	175.2
3.5	2.8	321	210.6	1174	179.4
4.0	3.2	327	214.5	1179	181.9
4.5	3.6	331	217.1	1185	183.2
5.0	4.0	332	217.8	1190	183.0
5.5	4.4	332.5	218.1	1196	182.4
6.0	4.8	333	218.4	1202	181.7
7.0	5.6	333.5	218.8	1219	179.5
8.0	6.4	333	218.4	1233	177.2
9.0	7.2	331.5	217.5	1246	174.5
10.0	8.0	330	216.5	1260	171.8
11.0	8.8		0.0	1274	0.0
12.0	9.6		0.0	1288	0.0
13.0	10.4		0.0	1303	0.0
14.0	11.2		0.0	1319	0.0
15.0	12.0		0.0	1334	0.0
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Ek Çizelge 1.2 % 6 çimento katkılı West Ashling kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ TESTİ

BÖLGE	West Ashling	BH / NUMUNE NUMARASI	TP 1	DERİNLİK	1,0 m
-------	--------------	----------------------	------	----------	-------

Tanımlama	Yumuşak, Sarı Kahverengi Renkli, Temiz taşsız, %10 Çimento karışımı
-----------	---

Nem İçerik & Hacim Yoğunluk Belirlemesi

Test	Kap No	Kabın Ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Islak Zemin (g)	Islak zemin ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Kuru zemin (g)	Kuru zemin ağırlığı (g)	Suyun Ağırlığı (g)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (Mg/m3)
1	116	9.93	164.51	154.58	123.25	113.32	41.26	36.41	1.79
2	231	9.19	164.87	155.68	123.28	114.09	41.59	36.45	1.80
3	204	9.79	164.91	155.12	123.95	114.16	40.96	35.88	1.80

--

Deney Ring Numarası	15201
Deney Ring Sabiti (N/div)	0.656
Deformasyon hızı	2% (dakikada)

Sonuçların Özeti			
Deney No	Göçme Anındaki Deviyatör	Göçme anındaki	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m ²)
1	169.2	10.0	85
2	172.9	8.0	86
3	181.7	6.0	91
	Ortalama		87

Hücre Basıncı (kN/m ²)	100
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kN/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	20	13.1	1137	11.5
0.50	0.4	21	13.8	1139	12.1
0.75	0.6	25	16.4	1142	14.4
1.0	0.8	64	42.0	1145	36.7
1.5	1.2	95	62.3	1151	54.1
2.0	1.6	112	73.5	1157	63.5
2.5	2.0	145	95.1	1162	81.9
3.0	2.4	146	95.8	1168	82.0
3.5	2.8	187	122.7	1174	104.5
4.0	3.2	195	127.9	1179	108.5
4.5	3.6	225	147.5	1185	124.6
5.0	4.0	246	161.4	1190	135.6
5.5	4.4	287	188.3	1196	157.4
6.0	4.8	301	197.5	1202	164.3
7.0	5.6	303	198.8	1219	163.1
8.0	6.4	311	204.0	1233	165.5
9.0	7.2	316	207.3	1246	166.4
10.0	8.0	325	213.2	1260	169.2
11.0	8.8	326	213.9	1274	167.9
12.0	9.6	328	215.2	1288	167.1
13.0	10.4	330	216.5	1303	166.1
14.0	11.2	336	220.4	1319	167.1
15.0	12.0	336.5	220.7	1334	165.5
16.0	12.8	337	221.1	1349	163.9
17.0	13.6	338	221.7	1366	162.3
18.0	14.4	338	221.7	1383	160.3
19.0	15.2	336	220.4	1400	157.4
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	200
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kN/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	21	13.8	1137	12.1
0.50	0.4	22	14.4	1139	12.7
0.75	0.6	39	25.6	1142	22.4
1.0	0.8	68	44.6	1145	39.0
1.5	1.2	95	62.3	1151	54.1
2.0	1.6	113	74.1	1157	64.1
2.5	2.0	154	101.0	1162	86.9
3.0	2.4	186	122.0	1168	104.5
3.5	2.8	201	131.9	1174	112.3
4.0	3.2	213	139.7	1179	118.5
4.5	3.6	229	150.2	1185	126.8
5.0	4.0	249	163.3	1190	137.3
5.5	4.4	275	180.4	1196	150.8
6.0	4.8	295	193.5	1202	161.0
7.0	5.6	300	196.8	1219	161.4
8.0	6.4	325	213.2	1233	172.9
9.0	7.2	326	213.9	1246	171.6
10.0	8.0	326	213.9	1260	169.7
11.0	8.8	325	213.2	1274	167.3
12.0	9.6		0.0	1288	0.0
13.0	10.4		0.0	1303	0.0
14.0	11.2		0.0	1319	0.0
15.0	12.0		0.0	1334	0.0
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	400
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kN/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	22	14.4	1137	12.7
0.50	0.4	35	23.0	1139	20.2
0.75	0.6	65	42.6	1142	37.3
1.0	0.8	98	64.3	1145	56.1
1.5	1.2	125	82.0	1151	71.2
2.0	1.6	149	97.7	1157	84.5
2.5	2.0	256	167.9	1162	144.5
3.0	2.4	299	196.1	1168	167.9
3.5	2.8	311	204.0	1174	173.8
4.0	3.2	319	209.3	1179	177.5
4.5	3.6	326	213.9	1185	180.5
5.0	4.0	330	216.5	1190	181.9
5.5	4.4	331	217.1	1196	181.6
6.0	4.8	333	218.4	1202	181.7
7.0	5.6	333.5	218.8	1219	179.5
8.0	6.4	333.5	218.8	1233	177.4
9.0	7.2	331	217.1	1246	174.3
10.0	8.0		0.0	1260	0.0
11.0	8.8		0.0	1274	0.0
12.0	9.6		0.0	1288	0.0
13.0	10.4		0.0	1303	0.0
14.0	11.2		0.0	1319	0.0
15.0	12.0		0.0	1334	0.0
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Ek Çizelge 1.3 % 10 çimento katkılı West Ashling kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ TESTİ

BÖLGE	West Ashling	BH / NUMUNE NUMARASI	Tr 1	DERİNLİK	1.0 m
-------	--------------	----------------------	------	----------	-------

Tanımlama	Yumuşak, Sarı Kahverengi Renkli, Temiz taşsız, %15 Çimento karışımı
-----------	---

Su Yoğunluğu & Hacim Yoğunluk Belirlemesi

Test	Kap No	Kabın Ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Islak Zemin (g)	Islak zemin ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Kuru zemin (g)	Kuru zemin ağırlığı (g)	Suyun Ağırlığı (g)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (Mg/m ³)
1	231	9.87	164.89	155.02	124.56	114.69	40.33	35.16	1.80
2	367	9.94	164.95	155.01	124.98	115.04	39.97	34.74	1.80
3	204	9.25	164.91	155.66	124.45	115.20	40.46	35.12	1.80

Deney Ring Numarası	15201
Deney Ring Sabiti (N/div)	0.656
Deformasyon hızı	2% (dakikada)

Sonuçların Özeti			
Deney No	Göçme Anındaki Deviyatör Gerilme (kN/m ²)	Göçme anındaki deformasyon (%)	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m ²)
1	202.5	10.0	101
2	166.4	9.0	83
3	215.6	6.0	108
Average			97

Hücre Basıncı (kN/m ²)	100
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	26	17.1	1137	15.0
0.50	0.4	28	18.4	1139	16.1
0.75	0.6	62	40.7	1142	35.6
1.0	0.8	79	51.8	1145	45.3
1.5	1.2	82	53.8	1151	46.7
2.0	1.6	198	129.9	1157	112.3
2.5	2.0	249	163.3	1162	140.6
3.0	2.4	287	188.3	1168	161.2
3.5	2.8	298	195.5	1174	166.5
4.0	3.2	312	204.7	1179	173.6
4.5	3.6	326	213.9	1185	180.5
5.0	4.0	336	220.4	1190	185.2
5.5	4.4	340	223.0	1196	186.5
6.0	4.8	342	224.4	1202	186.6
7.0	5.6	345	226.3	1219	185.7
8.0	6.4	349	228.9	1233	185.7
9.0	7.2	368	241.4	1246	193.7
10.0	8.0	389	255.2	1260	202.5
11.0	8.8	391	256.5	1274	201.3
12.0	9.6	392	257.2	1288	199.7
13.0	10.4	392	257.2	1303	197.4
14.0	11.2	390	255.8	1319	194.0
15.0	12.0		0.0	1334	0.0
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	200
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	29	19.0	1137	16.7
0.50	0.4	46	30.2	1139	26.5
0.75	0.6	128	84.0	1142	73.5
1.0	0.8	165	108.2	1145	94.5
1.5	1.2	219	143.7	1151	124.8
2.0	1.6	239	156.8	1157	135.5
2.5	2.0	245	160.7	1162	138.3
3.0	2.4	269	176.5	1168	151.1
3.5	2.8	282	185.0	1174	157.6
4.0	3.2	291	190.9	1179	161.9
4.5	3.6	299	196.1	1185	165.5
5.0	4.0	304	199.4	1190	167.6
5.5	4.4	305	200.1	1196	167.3
6.0	4.8	307	201.4	1202	167.5
7.0	5.6	309	202.7	1219	166.3
8.0	6.4	312	204.7	1233	168.0
9.0	7.2	316	207.3	1246	166.4
10.0	8.0	319	209.3	1260	166.1
11.0	8.8	321	210.6	1274	165.3
12.0	9.6	324	212.5	1288	165.0
13.0	10.4	325	213.2	1303	163.6
14.0	11.2	325	213.2	1319	161.6
15.0	12.0	322	211.2	1334	158.3
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	400
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	33	21.6	1137	19.0
0.50	0.4	36	23.6	1139	20.7
0.75	0.6	41	26.9	1142	23.6
1.0	0.8	154	101.0	1145	88.2
1.5	1.2	198	129.9	1151	112.8
2.0	1.6	299	196.1	1157	169.5
2.5	2.0	326	213.9	1162	184.0
3.0	2.4	334	219.1	1168	187.6
3.5	2.8	344	225.7	1174	192.2
4.0	3.2	349	228.9	1179	194.2
4.5	3.6	365	239.4	1185	202.1
5.0	4.0	385	252.6	1190	212.2
5.5	4.4	389	255.2	1196	213.4
6.0	4.8	395	259.1	1202	215.6
7.0	5.6	399	261.7	1219	214.7
8.0	6.4	401	263.1	1233	213.3
9.0	7.2	402	263.7	1246	211.6
10.0	8.0	404	265.0	1260	210.3
11.0	8.8	405	265.7	1274	208.5
12.0	9.6	405	265.7	1288	206.3
13.0	10.4	406	266.3	1303	204.4
14.0	11.2	405	265.7	1319	201.4
15.0	12.0		0.0	1334	197.7
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Ek Çizelge 1.4 % 15 çimento katkılı West Ashling kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ TESTİ

BÖLGE	Hamble	BH / NUMUNE NUMARASI	TP1	DERİNLİK	1.0 m
-------	--------	----------------------	-----	----------	-------

Tanımlama	Yumuşak, Yeşil Gri Renkli, Taşsız Kil, % 0 Çimento
-----------	--

Nem İçerik & Hacim Yoğunluk Belirlemesi

Test	Kap No	Kabın Ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Islak Zemin (g)	Islak zemin ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Kuru zemin (g)	Kuru zemin ağırlığı (g)	Suyun Ağırlığı (g)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (Mg/m ³)
1	320	6.45	156.13	149.68	115.47	109.02	40.66	37.30	1.73
2	113	6.71	147.48	140.77	105.47	98.76	42.01	42.54	1.63
3	452	6.40	146.07	139.67	104.22	97.82	41.85	42.78	1.62

Deney Ring Numarası	15201
Deney Ring Sabiti (N/div)	0.656
Deformasyon hızı	2% (dakikada)

Sonuçların Özeti			
Deney No	Göçme Anındaki Deviyatör Gerilme (kN/m ²)	Göçme anındaki deformasyon (%)	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m ²)
1	90.7	9.0	45
2	59.8	16.0	30
3	20.4	7.0	10
Ortalama			28

Hücre Basıncı (kN/m ²)	100
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	10	6.6	1137	5.8
0.50	0.4	56	36.7	1139	32.3
0.75	0.6	81	53.1	1142	46.5
1.0	0.8	95	62.3	1145	54.4
1.5	1.2	112	73.5	1151	63.8
2.0	1.6	123	80.7	1157	69.7
2.5	2.0	134	87.9	1162	75.6
3.0	2.4	141	92.5	1168	79.2
3.5	2.8	145	95.1	1174	81.0
4.0	3.2	150	98.4	1179	83.5
4.5	3.6	154	101.0	1185	85.3
5.0	4.0	158	103.6	1190	87.1
5.5	4.4	162	106.3	1196	88.9
6.0	4.8	163	106.9	1202	89.0
7.0	5.6	168	110.2	1219	90.4
8.0	6.4	170.4	111.8	1233	90.7
9.0	7.2	172.2	113.0	1246	90.7
10.0	8.0	173.2	113.2	1260	89.8
11.0	8.8	169.5	111.2	1274	87.3
12.0	9.6	0.0	0.0	1288	0.0
13.0	10.4	0.0	0.0	1303	0.0
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	200
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	32	21.0	1137	18.5
0.50	0.4	58	38.0	1139	33.4
0.75	0.6	69	45.3	1142	39.6
1.0	0.8	74	48.5	1145	42.4
1.5	1.2	81	53.1	1151	46.2
2.0	1.6	84	55.1	1157	47.6
2.5	2.0	87	57.1	1162	49.1
3.0	2.4	89	58.4	1168	50.0
3.5	2.8	90	59.0	1174	50.3
4.0	3.2	92	60.4	1179	51.2
4.5	3.6	92.5	60.7	1185	51.2
5.0	4.0	94	61.7	1190	51.8
5.5	4.4	96	63.0	1196	52.7
6.0	4.8	97	63.6	1202	52.9
7.0	5.6	101	66.3	1219	54.4
8.0	6.4	103	67.6	1233	54.8
9.0	7.2	107	70.2	1246	56.3
10.0	8.0	109	71.5	1260	56.7
11.0	8.8	111	72.8	1274	57.2
12.0	9.6	113	74.1	1288	57.6
13.0	10.4	114	74.8	1303	57.4
14.0	11.2	118	77.4	1319	58.7
15.0	12.0	121	79.4	1334	59.5
16.0	12.8	123	80.7	1349	59.8
17.0	13.6	204	133.6	1366	98.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	400
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	24	15.7	1137	13.8
0.50	0.4	28	18.4	1139	16.1
0.75	0.6	29	19.0	1142	16.7
1.0	0.8	30	19.7	1145	17.2
1.5	1.2	32	21.0	1151	18.2
2.0	1.6	32	21.0	1157	18.1
2.5	2.0	33	21.6	1162	18.6
3.0	2.4	34	22.3	1168	19.1
3.5	2.8	34	22.3	1174	19.0
4.0	3.2	34	22.3	1179	18.9
4.5	3.6	35	23.0	1185	19.4
5.0	4.0	35	23.0	1190	19.3
5.5	4.4	36	23.6	1196	19.7
6.0	4.8	37	24.3	1202	20.2
7.0	5.6	38	24.9	1219	20.4
8.0	6.4	38	24.9	1233	20.2
9.0	7.2	38	24.9	1246	20.0
10.0	8.0	38	24.9	1260	19.8
11.0	8.8	0.0	0.0	1274	0.0
12.0	9.6	0.0	0.0	1288	0.0
13.0	10.4	0.0	0.0	1303	0.0
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Ek Çizelge 1.5 Katkısız olarak hazırlanmış Hamble kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ TESTİ

BÖLGE	Hamble	BH / NUMUNE NUMARASI	TP1	DERİNLİK	1,0 m
-------	--------	----------------------	-----	----------	-------

Tanımlama	Yumuşak, Yeşil Gri Renkli, Taşsız Kil, % 6 Çimento
-----------	--

Nem İçerik & Hacim Yoğunluk Belirlemesi

Test	Kap No	Kabın Ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Islak Zemin (g)	Islak zemin ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Kuru zemin (g)	Kuru zemin ağırlığı (g)	Suyun Ağırlığı (g)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (Mg/m ³)
1	213	9.80	148.69	138.89	106.67	96.87	42.02	43.38	1.61
2	231	9.19	149.12	139.93	106.98	97.79	42.14	43.09	1.62
3	367	9.31	148.71	139.40	106.85	97.54	41.86	42.92	1.62

Deney Ring Numarası	15201
Deney Ring Sabiti (N/div)	0.656
Deformasyon hızı	2% (dakikada)

Sonuçların Özeti			
Deney No	Göçme Anındaki Deviyatör Gerilme (kN/m ²)	Göçme anındaki deformasyon (%)	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m ²)
1	108.5	8.0	54
2	119.5	9.0	60
3	85.7	6.0	43
Ortalama			52

Hücre Basıncı (kN/m ²)	100
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	14	9.2	1137	8.1
0.50	0.4	44	28.9	1139	25.3
0.75	0.6	97	63.6	1142	55.7
1.0	0.8	118	77.4	1145	67.8
1.5	1.2	124	81.3	1151	70.7
2.0	1.6	141	92.5	1157	79.9
2.5	2.0	149	97.7	1162	84.1
3.0	2.4	161	105.6	1168	90.4
3.5	2.8	172	112.8	1174	96.1
4.0	3.2	178	116.8	1179	99.0
4.5	3.6	179	117.4	1185	99.1
5.0	4.0	184	120.7	1190	101.4
5.5	4.4	186	122.0	1196	102.0
6.0	4.8	187	122.7	1202	102.1
7.0	5.6	189	124.0	1219	101.7
8.0	6.4	204	133.8	1233	108.5
9.0	7.2	205	134.5	1246	107.9
10.0	8.0	207	135.8	1260	107.8
11.0	8.8	211	138.4	1274	108.6
12.0	9.6	213	139.7	1288	108.5
13.0	10.4	213	139.7	1303	107.2
14.0	11.2	211	138.4	1319	104.9
15.0	12.0		0.0	1334	0.0
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1368	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	200
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	21	13.8	1137	12.1
0.50	0.4	49	32.1	1139	28.2
0.75	0.6	72	47.2	1142	41.4
1.0	0.8	99	64.9	1145	56.7
1.5	1.2	113	74.1	1151	64.4
2.0	1.6	129	84.6	1157	73.1
2.5	2.0	136	89.2	1162	76.8
3.0	2.4	141	92.5	1168	79.2
3.5	2.8	148	97.1	1174	82.7
4.0	3.2	151	99.1	1179	84.0
4.5	3.6	155	101.7	1185	85.8
5.0	4.0	159	104.3	1190	87.7
5.5	4.4	163	106.9	1196	89.4
6.0	4.8	197	129.2	1202	107.5
7.0	5.6	204	133.8	1219	109.8
8.0	6.4	218	143.0	1233	118.0
9.0	7.2	227	148.9	1246	119.5
10.0	8.0	229	150.2	1260	119.2
11.0	8.8	230	150.9	1274	118.4
12.0	9.6	231	151.5	1288	117.7
13.0	10.4	231	151.5	1303	116.3
14.0	11.2	231	151.5	1319	114.9
15.0	12.0	227	148.9	1334	111.6
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1368	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	400
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	17	11.2	1137	9.8
0.50	0.4	36	23.6	1139	20.7
0.75	0.6	41	26.9	1142	23.6
1.0	0.8	49	32.1	1145	28.1
1.5	1.2	78	51.2	1151	44.5
2.0	1.6	89	58.4	1157	50.5
2.5	2.0	94	61.7	1162	53.1
3.0	2.4	99	64.9	1168	55.6
3.5	2.8	117	76.8	1174	65.4
4.0	3.2	129	84.6	1179	71.8
4.5	3.6	141	92.5	1185	78.1
5.0	4.0	151	99.1	1190	83.2
5.5	4.4	153	100.4	1196	83.9
6.0	4.8	157	103.0	1202	85.7
7.0	5.6	158	103.6	1219	85.0
8.0	6.4	159	104.3	1233	84.6
9.0	7.2	161	105.6	1246	84.8
10.0	8.0	161	105.6	1260	83.8
11.0	8.8	158	103.6	1274	81.4
12.0	9.6		0.0	1288	0.0
13.0	10.4		0.0	1303	0.0
14.0	11.2		0.0	1319	0.0
15.0	12.0		0.0	1334	0.0
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1368	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Ek Çizelge 1.6 % 6 çimento katkılı Hamble kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ TESTİ

BÖLGE	Hamble	BH / NUMUNE NUMARASI	Tp1	DERİNLİK	1.0 m
-------	--------	----------------------	-----	----------	-------

Tanımlama	Yumuşak, Yeşil Gri Renkli, Taşsız Kil, % 10 Çimento
-----------	---

Nem İçerik & Hacim Yoğunluk Belirlemesi

Test	Kap No	Kabın Ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Islak Zemin (g)	Islak zemin ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Kuru zemin (g)	Kuru zemin ağırlığı (g)	Suyun Ağırlığı (g)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (Mg/m ³)
1	116	9.93	149.12	139.19	108.95	99.02	40.17	40.57	1.61
2	113	6.71	148.66	141.95	108.65	101.94	40.01	39.25	1.64
3	452	6.40	149.17	142.77	108.84	102.44	40.33	39.37	1.65

Deney Ring Numarası	15201
Deney Ring Sabiti (N/div)	0.656
Deformasyon hızı	0.002 mm/dakikada

Sonuçların Özeti			
Deney No	Göçme Anındaki Deviyatör Gerilme (kN/m ²)	Göçme anındaki deformasyon (%)	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m ²)
1	181.5	14.0	91
2	165.1	13.0	83
3	177.7	8.0	89
Ortalama			87

Hücre Basıncı (kN/m ²)	100
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyatör Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	19	12.5	1137	11.0
0.50	0.4	35	23.0	1139	20.2
0.75	0.6	84	55.1	1142	48.3
1.0	0.8	102	66.9	1145	58.4
1.5	1.2	122	80.0	1151	69.5
2.0	1.6	145	95.1	1157	82.2
2.5	2.0	165	108.2	1162	93.1
3.0	2.4	187	122.7	1168	105.0
3.5	2.8	195	127.9	1174	109.0
4.0	3.2	201	131.9	1179	111.8
4.5	3.6	220	144.3	1185	121.8
5.0	4.0	229	150.2	1190	126.2
5.5	4.4	245	160.7	1196	134.4
6.0	4.8	265	173.8	1202	144.6
7.0	5.6	270	177.1	1219	145.3
8.0	6.4	279	183.0	1233	148.4
9.0	7.2	304	199.4	1246	160.1
10.0	8.0	316	207.3	1260	164.5
11.0	8.8	326	213.9	1274	167.9
12.0	9.6	336	220.4	1288	171.1
13.0	10.4	340	223.0	1303	171.2
14.0	11.2	365	239.4	1319	181.5
15.0	12.0	365	239.4	1334	179.5
16.0	12.8	364	238.8	1349	177.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	200
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (N)	Alan (mm ²)	Deviyatör Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	20	13.1	1137	11.5
0.50	0.4	22	14.4	1139	12.7
0.75	0.6	69	45.3	1142	39.6
1.0	0.8	87	57.1	1145	49.8
1.5	1.2	125	82.0	1151	71.2
2.0	1.6	135	88.6	1157	76.5
2.5	2.0	139	91.2	1162	78.5
3.0	2.4	168	110.2	1168	94.4
3.5	2.8	174	114.1	1174	97.2
4.0	3.2	188	123.3	1179	104.6
4.5	3.6	196	128.6	1185	108.5
5.0	4.0	214	140.4	1190	118.0
5.5	4.4	225	147.6	1196	123.4
6.0	4.8	236	154.8	1202	128.8
7.0	5.6	249	163.3	1219	134.0
8.0	6.4	261	171.2	1233	138.9
9.0	7.2	277	181.7	1246	145.8
10.0	8.0	291	190.9	1260	151.5
11.0	8.8	308	202.0	1274	158.6
12.0	9.6	316	207.3	1288	160.9
13.0	10.4	328	215.2	1303	165.1
14.0	11.2	328	215.2	1319	163.1
15.0	12.0		0.0	1334	0.0
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	400
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme okuması (divs)	Kuvvet (N)	Alan (mm ²)	Deviyatör Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	18	11.8	1137	10.4
0.50	0.4	26	17.1	1139	15.0
0.75	0.6	85	55.8	1142	48.8
1.0	0.8	90	59.0	1145	51.6
1.5	1.2	92	60.4	1151	52.4
2.0	1.6	93	61.0	1157	52.7
2.5	2.0	135	88.6	1162	76.2
3.0	2.4	144	94.5	1168	80.9
3.5	2.8	195	127.9	1174	109.0
4.0	3.2	216	141.7	1179	120.2
4.5	3.6	255	167.3	1185	141.2
5.0	4.0	265	173.8	1190	146.1
5.5	4.4	300	196.8	1196	164.5
6.0	4.8	324	212.5	1202	176.8
7.0	5.6	329	215.8	1219	177.1
8.0	6.4	334	219.1	1233	177.7
9.0	7.2	336	220.4	1246	176.9
10.0	8.0	336	220.4	1260	174.9
11.0	8.8		0.0	1274	0.0
12.0	9.6		0.0	1288	0.0
13.0	10.4		0.0	1303	0.0
14.0	11.2		0.0	1319	0.0
15.0	12.0		0.0	1334	0.0
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Ek Çizelge 1.7 % 10 çimento katkılı Hamble kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ TESTİ

BÖLGE	Hamble	BH / NUMUNE NUMARASI	TP1	DERİNLİK	1.0 m
-------	--------	----------------------	-----	----------	-------

Tanımlama	Yumuşak, Yeşil Gri Renkli, Taşsız Kil, % 15 Çimento
-----------	---

Nem İçerik & Hacim Yoğunluk Belirlemesi

Test	Kap No	Kabın Ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Islak Zemin (g)	Islak zemin ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Kuru zemin (g)	Kuru zemin ağırlığı (g)	Suyun Ağırlığı (g)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (Mg/m ³)
1	116	9.93	144.25	134.32	110.29	100.36	33.96	33.84	1.56
2	327	9.15	144.65	135.50	110.35	101.20	34.30	33.89	1.57
3	204	9.79	144.23	134.44	111.24	101.45	32.99	32.52	1.56

Deney Ring Numarası	15201
Deney Ring Sabiti (N/div)	0.656
Deformasyon hızı	2% (dakikada)

Sonuçların Özeti			
Deney No	Göçme Anındaki Deviyatör Gerilme (kN/m ²)	Göçme anındaki deformasyon (%)	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m ²)
1	197.6	14.0	99
2	196.2	13.0	98
3	195.6	9.0	98
Ortalama			98

Hücre Basıncı (kN/m ²)	100
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	11	7.2	1137	6.3
0.50	0.4	36	23.6	1139	20.7
0.75	0.6	87	57.1	1142	50.0
1.0	0.8	126	82.7	1145	72.2
1.5	1.2	131	85.9	1151	74.7
2.0	1.6	136	89.2	1157	77.1
2.5	2.0	142	93.2	1162	80.2
3.0	2.4	154	101.0	1168	86.5
3.5	2.8	166	108.9	1174	92.8
4.0	3.2	171	112.2	1179	95.1
4.5	3.6	179	117.4	1185	99.1
5.0	4.0	188	123.3	1190	103.6
5.5	4.4	198	129.9	1196	108.6
6.0	4.8	210	137.8	1202	114.6
7.0	5.6	212	139.1	1219	114.1
8.0	6.4	223	146.3	1233	118.6
9.0	7.2	229	150.2	1246	120.6
10.0	8.0	231	151.5	1260	120.3
11.0	8.8	241	158.1	1274	124.1
12.0	9.6	249	163.3	1288	126.8
13.0	10.4	251	164.7	1303	126.4
14.0	11.2	256	167.9	1319	127.3
15.0	12.0	258	169.2	1334	126.9
16.0	12.8	258	169.2	1349	125.5
17.0	13.6	255	167.3	1366	122.5
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	200
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	17	11.2	1137	9.8
0.50	0.4	29	19.0	1139	16.7
0.75	0.6	41	26.9	1142	23.6
1.0	0.8	87	57.1	1145	49.8
1.5	1.2	129	84.6	1151	73.5
2.0	1.6	131	85.9	1157	74.3
2.5	2.0	141	92.5	1162	79.6
3.0	2.4	158	103.6	1168	88.7
3.5	2.8	163	106.9	1174	91.1
4.0	3.2	169	110.9	1179	94.0
4.5	3.6	172	112.8	1185	95.2
5.0	4.0	179	117.4	1190	98.7
5.5	4.4	198	129.9	1196	108.6
6.0	4.8	209	137.1	1202	114.1
7.0	5.6	215	141.0	1219	115.7
8.0	6.4	218	143.0	1233	118.0
9.0	7.2	226	148.3	1246	119.0
10.0	8.0	229	150.2	1260	119.2
11.0	8.8	233	152.8	1274	120.0
12.0	9.6	249	162.7	1288	126.3
13.0	10.4	257	166.6	1303	129.4
14.0	11.2	260	170.6	1319	129.3
15.0	12.0	260	170.6	1334	127.9
16.0	12.8	258	169.2	1349	125.5
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	400
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	21	13.8	1137	12.1
0.50	0.4	42	27.6	1139	24.2
0.75	0.6	44	28.9	1142	25.3
1.0	0.8	59	38.7	1145	33.8
1.5	1.2	91	59.7	1151	51.9
2.0	1.6	99	64.9	1157	56.1
2.5	2.0	119	78.1	1162	67.2
3.0	2.4	120	78.7	1168	67.4
3.5	2.8	129	84.6	1174	72.1
4.0	3.2	136	89.2	1179	75.7
4.5	3.6	144	94.5	1185	79.7
5.0	4.0	149	97.7	1190	82.1
5.5	4.4	156	102.3	1196	85.6
6.0	4.8	166	108.9	1202	90.6
7.0	5.6	169	110.9	1219	90.9
8.0	6.4	203	133.2	1233	108.0
9.0	7.2	212	139.1	1246	111.6
10.0	8.0	213	139.7	1260	110.9
11.0	8.8	213	139.7	1274	109.7
12.0	9.6	210	137.8	1288	107.0
13.0	10.4		0.0	1303	0.0
14.0	11.2		0.0	1319	0.0
15.0	12.0		0.0	1334	0.0
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Ek Çizelge 1.8 % 15 çimento katkılı Hamble kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ TESTİ

BÖLGE	Enworth	BH / NUMUNE NUMARASI	Tp1	DERİNLİK	1.0 m
-------	---------	----------------------	-----	----------	-------

Tanımlama	Yumuşak, Gri , Taşsız Kil ,%0 Çimento karışımı
-----------	--

Nem İçerik & Hacim Yoğunluk Belirlemesi

Test	Kap No	Kabın Ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Islak Zemin (g)	Islak zemin ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Kuru zemin ağırlığı (g)	Kuru zemin ağırlığı (g)	Suyun Ağırlığı (g)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (Mg/m ³)
1	374	9.46	163.26	153.80	132.22	122.76	31.04	25.29	1.78
2	106	10.10	163.45	153.35	132.12	122.02	31.33	25.68	1.78
3	169	10.25	163.84	153.59	132.26	122.01	31.58	25.88	1.78

Drenajsız Deformasyon Kuvveti Tayini

Deney Ring Numarası	15201
Deney Ring Sabiti (N/div)	0.656
Deformasyon hızı	2% (dakikada)

Sonuçların Özeti			
Deney No	Göçme Anındaki Deviyatör Gerilme (kN/m ²)	Göçme anındaki deformasyon (%)	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m ²)
1	225.9	9.0	113
2	116.5	8.0	58
3	155	7.0	78
Ortalama			83

Hücre Basıncı (kN/m ²)	100
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	33	21.6	1137	19.0
0.50	0.4	42	27.6	1139	24.2
0.75	0.6	54	35.4	1142	31.0
1.0	0.8	76	49.9	1145	43.5
1.5	1.2	87	57.1	1151	49.6
2.0	1.6	128	84.0	1157	72.6
2.5	2.0	178	118.3	1162	100.5
3.0	2.4	187	122.7	1168	105.0
3.5	2.8	198	129.9	1174	110.6
4.0	3.2	219	143.7	1179	121.9
4.5	3.6	318	208.6	1185	176.0
5.0	4.0	344	225.7	1190	189.6
5.5	4.4	368	241.4	1196	201.8
6.0	4.8	387	253.9	1202	211.2
7.0	5.6	398	261.1	1219	214.2
8.0	6.4	423	277.5	1233	225.1
9.0	7.2	429	281.4	1246	225.9
10.0	8.0	429	281.4	1260	223.4
11.0	8.8	427	280.1	1274	219.9
12.0	9.6	0.0	0.0	1288	0.0
13.0	10.4	0.0	0.0	1303	0.0
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	200
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	68	44.6	1137	39.2
0.50	0.4	118	77.4	1139	68.0
0.75	0.6	129	84.6	1142	74.1
1.0	0.8	131	85.9	1145	75.1
1.5	1.2	137	89.9	1151	78.1
2.0	1.6	141	92.5	1157	79.9
2.5	2.0	149	97.7	1162	84.1
3.0	2.4	169	110.9	1168	94.9
3.5	2.8	171	112.2	1174	95.6
4.0	3.2	174	114.1	1179	96.8
4.5	3.6	179	117.4	1185	99.1
5.0	4.0	185	121.4	1190	102.0
5.5	4.4	188	123.3	1196	103.1
6.0	4.8	192	126.0	1202	104.8
7.0	5.6	211	138.4	1219	113.5
8.0	6.4	219	143.7	1233	116.5
9.0	7.2	221	145.0	1246	116.4
10.0	8.0	222	145.6	1260	116.6
11.0	8.8	222	145.6	1274	114.3
12.0	9.6	220	144.3	1288	112.0
13.0	10.4	0.0	0.0	1303	0.0
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	400
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	120	78.7	1137	69.2
0.50	0.4	124	81.3	1139	71.4
0.75	0.6	126	82.7	1142	72.4
1.0	0.8	165	108.2	1145	94.5
1.5	1.2	171	112.2	1151	97.5
2.0	1.6	188	123.3	1157	106.6
2.5	2.0	198	129.9	1162	111.8
3.0	2.4	212	139.1	1168	119.1
3.5	2.8	219	143.7	1174	122.4
4.0	3.2	229	150.2	1179	127.4
4.5	3.6	244	160.1	1185	135.1
5.0	4.0	249	163.3	1190	137.3
5.5	4.4	259	169.9	1196	142.1
6.0	4.8	267	175.2	1202	145.7
7.0	5.6	288	188.9	1219	155.0
8.0	6.4	289	189.6	1233	153.8
9.0	7.2	291	190.9	1246	153.2
10.0	8.0	290	190.2	1260	151.0
11.0	8.8	0.0	0.0	1274	0.0
12.0	9.6	0.0	0.0	1288	0.0
13.0	10.4	0.0	0.0	1303	0.0
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Ek Çizelge 1.9 Katkısız olarak hazırlanmış Emsworth kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ TESTİ

BÖLGE	Enworth	BH / NUMUNE NUMARASI	Tp1	DERİNLİK	1.0 m
-------	---------	----------------------	-----	----------	-------

Tanımlama	Yumuşak, Gri , Taşsız Kil ,%6 Çimento karışımı
-----------	--

Nem İçerik & Hacim Yoğunluk Belirlemesi

Test	Kap No	Kabın Ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Islak Zemin (g)	Islak zemin ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Kuru zemin (g)	Kuru zemin ağırlığı (g)	Suyun Ağırlığı (g)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (Mg/m ³)
1	214	9.73	164.85	155.12	131.15	121.42	33.70	27.75	1.80
2	276	9.27	164.63	155.36	131.24	121.97	33.39	27.38	1.80
3	290	9.07	164.74	155.67	131.33	122.26	33.41	27.33	1.80

Drenajsız Deformasyon Kuvveti Tayini

Deney Ring Numarası	15201
Deney Ring Sabiti (N/div)	0.656
Deformasyon hızı	2% (dakikada)

Sonuçların Özeti			
Deney No	Göçme Anındaki Deviyatör Gerilme (kN/m ²)	Göçme anındaki deformasyon (%)	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m ²)
1	231.7	12.0	116
2	231.4	6.0	116
3	238.7	5.0	119
Ortalama			117

Hücre Basıncı (kN/m ²)	100
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	65	42.6	1137	37.5
0.50	0.4	70	45.9	1139	40.3
0.75	0.6	72	47.2	1142	41.4
1.0	0.8	79	51.8	1145	45.3
1.5	1.2	111	72.8	1151	63.3
2.0	1.6	141	92.5	1157	79.9
2.5	2.0	149	97.7	1162	84.1
3.0	2.4	159	104.3	1168	89.3
3.5	2.8	177	116.1	1174	98.9
4.0	3.2	179	117.4	1179	99.6
4.5	3.6	211	138.4	1185	116.8
5.0	4.0	229	150.2	1190	126.2
5.5	4.4	287	188.3	1196	167.4
6.0	4.8	299	196.1	1202	163.2
7.0	5.6	322	211.2	1219	173.3
8.0	6.4	334	219.1	1233	177.7
9.0	7.2	345	226.3	1246	181.6
10.0	8.0	424	278.1	1260	220.7
11.0	8.8	450	295.2	1274	231.7
12.0	9.6	455	298.5	1288	231.7
13.0	10.4	455	298.5	1303	229.1
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	200
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	81	53.1	1137	46.7
0.50	0.4	111	72.8	1139	63.9
0.75	0.6	149	97.7	1142	85.6
1.0	0.8	189	124.0	1145	108.3
1.5	1.2	210	137.8	1151	119.7
2.0	1.6	219	143.7	1157	124.2
2.5	2.0	261	171.2	1162	147.3
3.0	2.4	271	177.8	1168	152.2
3.5	2.8	279	183.0	1174	155.9
4.0	3.2	298	195.5	1179	165.8
4.5	3.6	319	209.3	1185	176.6
5.0	4.0	376	246.7	1190	207.3
5.5	4.4	398	261.1	1196	218.3
6.0	4.8	424	278.1	1202	231.4
7.0	5.6	424	278.1	1219	228.2
8.0	6.4	0.0	0.0	1233	0.0
9.0	7.2	0.0	0.0	1246	0.0
10.0	8.0	0.0	0.0	1260	0.0
11.0	8.8	0.0	0.0	1274	0.0
12.0	9.6	0.0	0.0	1288	0.0
13.0	10.4	0.0	0.0	1303	0.0
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	400
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyator Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	116	76.1	1137	66.9
0.50	0.4	198	129.9	1139	114.0
0.75	0.6	214	140.4	1142	122.9
1.0	0.8	260	170.6	1145	149.0
1.5	1.2	269	176.5	1151	153.3
2.0	1.6	312	204.7	1157	176.9
2.5	2.0	333	218.4	1162	188.0
3.0	2.4	343	225.0	1168	192.6
3.5	2.8	378	248.0	1174	211.2
4.0	3.2	424	278.1	1179	235.9
4.5	3.6	428	280.8	1185	236.9
5.0	4.0	433	284.0	1190	238.7
5.5	4.4	435	285.4	1196	238.6
6.0	4.8	436	286.0	1202	238.0
7.0	5.6	438	287.3	1219	235.7
8.0	6.4	444	291.3	1233	236.2
9.0	7.2	444	291.3	1246	233.8
10.0	8.0	0.0	0.0	1260	0.0
11.0	8.8	0.0	0.0	1274	0.0
12.0	9.6	0.0	0.0	1288	0.0
13.0	10.4	0.0	0.0	1303	0.0
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Ek Çizelge 1.10 % 6 çimento katkılı Emsworth kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ TESTİ

BÖLGE	Enworth	BH / NUMUNE NUMARASI	Tp1	DERİNLİK	1.0 m
-------	---------	----------------------	-----	----------	-------

Tanımlama	Yumuşak, Gri . Taşsız Kil .%10 Çimento karışımı
-----------	---

Nem İçerik & Hacim Yoğunluk Belirlemesi

Test	Kap No	Kabın Ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Islak Zemin (g)	Islak zemin ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Kuru zemin (g)	Kuru zemin ağırlığı (g)	Suyun Ağırlığı (g)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (Mg/m3)
1	106	10.10	164.15	154.05	131.12	121.02	33.03	27.29	1.78
2	290	9.07	164.22	155.15	131.18	122.11	33.04	27.06	1.80
3	214	9.73	164.71	154.98	131.29	121.56	33.42	27.49	1.80

Drenajsız Deformasyon Kuvveti Tayini

Deney Ring Numarası	15201
Deney Ring Sabiti (N/div)	0.656
Deformasyon hızı	2% (dakikada)

Sonuçların Özeti			
Deney No	Göçme Anındaki Deviyatör Gerilme (kN/m2)	Göçme anındaki deformasyon (%)	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m2)
1	231.7	12.0	116
2	231.4	6.0	116
3	238.7	5.0	119
Ortalama			117

Hücre Basıncı (kN/m2)	100
-----------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm2)	Deviyator Gerilme (kn/m2)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	71	46.6	1137	41.0
0.50	0.4	79	51.8	1139	45.5
0.75	0.6	88	57.7	1142	50.5
1.0	0.8	101	66.3	1145	57.9
1.5	1.2	116	76.1	1151	66.1
2.0	1.6	145	95.1	1157	82.2
2.5	2.0	161	105.6	1162	90.9
3.0	2.4	187	122.7	1168	105.0
3.5	2.8	190	124.6	1174	106.2
4.0	3.2	209	137.1	1179	116.3
4.5	3.6	227	148.9	1185	125.7
5.0	4.0	223	146.3	1190	122.9
5.5	4.4	265	173.8	1196	145.4
6.0	4.8	291	190.9	1202	158.8
7.0	5.6	309	202.7	1219	166.3
8.0	6.4	321	210.6	1233	170.8
9.0	7.2	339	222.4	1246	178.5
10.0	8.0	421	276.2	1260	219.2
11.0	8.8	436	286.0	1274	224.5
12.0	9.6	440	288.6	1288	224.1
13.0	10.4	465	305.0	1303	234.1
14.0	11.2	461	302.4	1319	229.3
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m2)	200
-----------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm2)	Deviyator Gerilme (kn/m2)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	71	46.6	1137	41.0
0.50	0.4	92	60.4	1139	53.0
0.75	0.6	160	105.0	1142	91.9
1.0	0.8	179	117.4	1145	102.6
1.5	1.2	203	133.2	1151	115.7
2.0	1.6	214	140.4	1157	121.3
2.5	2.0	265	173.8	1162	143.6
3.0	2.4	291	190.9	1168	163.4
3.5	2.8	311	204.0	1174	173.8
4.0	3.2	322	211.2	1179	179.2
4.5	3.6	326	213.9	1185	180.5
5.0	4.0	354	232.2	1190	195.1
5.5	4.4	360	236.2	1196	197.5
6.0	4.8	389	255.2	1202	212.3
7.0	5.6	411	269.6	1219	221.2
8.0	6.4	421	276.2	1233	224.0
9.0	7.2	426	279.5	1246	224.3
10.0	8.0	426	279.5	1260	221.8
11.0	8.8	0.0	0.0	1274	0.0
12.0	9.6	0.0	0.0	1288	0.0
13.0	10.4	0.0	0.0	1303	0.0
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m2)	400
-----------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm2)	Deviyator Gerilme (kn/m2)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	97	63.6	1137	56.0
0.50	0.4	168	110.2	1139	96.8
0.75	0.6	198	129.9	1142	113.7
1.0	0.8	249	163.3	1145	142.7
1.5	1.2	298	195.5	1151	169.8
2.0	1.6	321	210.6	1157	182.0
2.5	2.0	329	215.8	1162	185.7
3.0	2.4	337	221.1	1168	189.3
3.5	2.8	361	236.8	1174	201.7
4.0	3.2	389	255.2	1179	216.4
4.5	3.6	416	272.9	1185	230.3
5.0	4.0	421	276.2	1190	232.1
5.5	4.4	448	293.9	1196	245.7
6.0	4.8	451	295.9	1202	246.1
7.0	5.6	453	297.2	1219	243.8
8.0	6.4	459	301.1	1233	244.2
9.0	7.2	461	302.4	1246	242.7
10.0	8.0	461	302.4	1260	240.0
11.0	8.8	0.0	0.0	1274	0.0
12.0	9.6	0.0	0.0	1288	0.0
13.0	10.4	0.0	0.0	1303	0.0
14.0	11.2	0.0	0.0	1319	0.0
15.0	12.0	0.0	0.0	1334	0.0
16.0	12.8	0.0	0.0	1349	0.0
17.0	13.6	0.0	0.0	1366	0.0
18.0	14.4	0.0	0.0	1383	0.0
19.0	15.2	0.0	0.0	1400	0.0
20.0	16.0	0.0	0.0	1417	0.0

Ek Çizelge 1.11 % 10 çimento katkılı Emsworth kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ TESTİ

BÖLGE	Enworth	BH / NUMUNE NUMARASI	TP1	DERİNLİK	1.0 m
-------	---------	----------------------	-----	----------	-------

Tanımlama	Yumuşak, Gri, Taşsız Kil, %15 Çimento karışımı
-----------	--

Nem İçerik & Hacim Yoğunluk Belirlemesi

Test	Kap No	Kabın Ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Islak Zemin (g)	Islak zemin ağırlığı (g)	Kabın Ağırlığı + Kuru zemin (g)	Kuru zemin ağırlığı (g)	Suyun Ağırlığı (g)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (Mg/m ³)
1	157	6.63	162.58	155.95	124.32	117.69	38.26	32.51	1.81
2	361	6.55	161.25	154.70	123.50	116.95	37.75	32.28	1.79
3	469	6.59	162.85	156.26	124.66	118.07	38.19	32.35	1.81

Drenajsız Deformasyon Kuvveti Tayini

Deney Ring Numarası	15201
Deney Ring Sabiti (N/div)	0.656
Deformasyon hızı	2% (dakikada)

Sonuçların Özeti			
Deney No	Göçme Anındaki Deviyatör Gerilme (kN/m ²)	Göçme anındaki deformasyon (%)	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m ²)
1	256.2	12.0	128
2	174.4	5.5	87
3	187.3	7.0	94
Ortalama			103

Hücre Basıncı (kN/m ²)	100
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyatör Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	52	34.1	1137	30.0
0.50	0.4	67	44.0	1139	38.8
0.75	0.6	78	51.2	1142	44.8
1.0	0.8	86	56.4	1145	49.3
1.5	1.2	220	144.3	1151	125.4
2.0	1.6	284	186.3	1157	161.0
2.5	2.0	324	212.5	1162	192.9
3.0	2.4	358	234.8	1168	201.1
3.5	2.8	379	248.6	1174	211.8
4.0	3.2	396	259.8	1179	220.3
4.5	3.6	408	267.6	1185	225.9
5.0	4.0	419	274.9	1190	231.0
5.5	4.4	429	281.4	1196	235.3
6.0	4.8	437	286.7	1202	238.5
7.0	5.6	452	296.5	1219	243.2
8.0	6.4	464	304.4	1233	246.9
9.0	7.2	476	312.3	1246	250.6
10.0	8.0	487	319.5	1260	253.5
11.0	8.8	495	324.7	1274	254.9
12.0	9.6	503	330.0	1288	256.2
13.0	10.4	507	332.6	1303	255.5
14.0	11.2	510	334.6	1319	253.6
15.0	12.0	510	334.6	1334	250.8
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	200
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyatör Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	81	53.1	1137	46.7
0.50	0.4	128	84.0	1139	73.7
0.75	0.6	149	97.7	1142	85.6
1.0	0.8	176	115.5	1145	100.8
1.5	1.2	199	130.5	1151	113.4
2.0	1.6	223	146.3	1157	126.4
2.5	2.0	246	161.4	1162	138.9
3.0	2.4	268	175.8	1168	150.5
3.5	2.8	287	188.3	1174	160.4
4.0	3.2	294	192.9	1179	163.6
4.5	3.6	303	198.8	1185	167.7
5.0	4.0	312	204.7	1190	172.0
5.5	4.4	318	208.6	1196	174.4
6.0	4.8	319	209.3	1202	174.1
7.0	5.6	319	209.3	1219	171.7
8.0	6.4		0.0	1233	0.0
9.0	7.2		0.0	1246	0.0
10.0	8.0		0.0	1260	0.0
11.0	8.8		0.0	1274	0.0
12.0	9.6		0.0	1288	0.0
13.0	10.4		0.0	1303	0.0
14.0	11.2		0.0	1319	0.0
15.0	12.0		0.0	1334	0.0
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Hücre Basıncı (kN/m ²)	400
------------------------------------	-----

Deformasyon		Gerilme (divs)	Kuvvet (divs)	Alan (mm ²)	Deviyatör Gerilme (kn/m ²)
%	Okuma (mm)				
0.25	0.2	180	118.1	1137	103.9
0.50	0.4	232	152.2	1139	133.6
0.75	0.6	248	162.7	1142	142.5
1.0	0.8	261	171.2	1145	149.5
1.5	1.2	276	181.1	1151	157.3
2.0	1.6	291	190.9	1157	165.0
2.5	2.0	294	192.9	1162	166.0
3.0	2.4	311	204.0	1168	174.7
3.5	2.8	319	209.3	1174	178.2
4.0	3.2	326	213.9	1179	181.4
4.5	3.6	331	217.1	1185	183.2
5.0	4.0	335	219.8	1190	184.7
5.5	4.4	341	223.7	1196	187.0
6.0	4.8	343	225.0	1202	187.2
7.0	5.6	348	228.3	1219	187.3
8.0	6.4	348	228.3	1233	185.1
9.0	7.2		0.0	1246	0.0
10.0	8.0		0.0	1260	0.0
11.0	8.8		0.0	1274	0.0
12.0	9.6		0.0	1288	0.0
13.0	10.4		0.0	1303	0.0
14.0	11.2		0.0	1319	0.0
15.0	12.0		0.0	1334	0.0
16.0	12.8		0.0	1349	0.0
17.0	13.6		0.0	1366	0.0
18.0	14.4		0.0	1383	0.0
19.0	15.2		0.0	1400	0.0
20.0	16.0		0.0	1417	0.0

Ek Çizelge 1.12 % 15 çimento katkılı Emsworth kilinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçları

Ek Çizelge 1.13 Beton küp numunelerin 7 günlük mukavemet dayanımları

Bölgeler		West Ashling	Emsworth	Hamble	
Çimento Oranı		%25	%20	%20	%25
Küp referansı no		1	1	1	1
Numune Hazırlanma Tarihi		16-05	16-05	16-05	16-05
Havuz konma tarihi		21-05	21-05	21-05	21-05
Test Edildiği Tarih		23-05	23-05	23-05	23-05
Test Zamanı	Gün	7	7	7	7
Küp Boyutları	mm	150	150	100	100
Küp Ağırlığı	g	6257	6123	1546	1552
Özkütle	kg/m ³	1860	1850	1640	1620
Yükleme	kN	66	60	5.3	6.1
Mukavemet	N/mm ²	2.9	2.7	0.53	0.61

Ek Çizelge 1.14 Beton küp numunelerin 14 günlük mukavemet dayanımları

Bölgeler		West Ashling	Emsworth	Hamble	
Çimento Oranı		%25	%20	%20	%25
Küp referansı no		2	2	2	2
Numune Hazırlanma Tarihi		16-05	16-05	16-05	16-05
Havuz konma tarihi		21-05	21-05	21-05	21-05
Test Edildiği Tarih		30-05	30-05	30-05	30-05
Test Zamanı	Gün	14	14	14	14
Küp Boyutları	mm	150	150	100	100
Küp Ağırlığı	g	6071	6287	1552	1549
Özkütle	kg/m ³	1850	1860	1660	1610
Yükleme	kN	89	70	3.0*	6.7
Mukavemet	N/mm²	4.0	3.1	0.30*	0.67

Ek Çizelge 1.15 Beton küp numunelerin 28 günlük mukavemet dayanımları

Bölgeler		West Ashling	Emsworth	Hamble	
Çimento Oranı		%25	%20	%20	%25
Küp referansı no		3	3	3	3
Numune Hazırlanma Tarihi		16-05	16-05	16-05	16-05
Havuz konma tarihi		21-05	21-05	21-05	21-05
Test Edildiği Tarih		13-06	13-06	13-06	13-06
Test Zamanı	Gün	28	28	28	28
Küp Boyutları	mm	150	150	100	100
Küp Ağırlığı	g	6218	6290	1540	1563
Özkütle	kg/m ³	1850	1860	1640	1620
Yükleme	kN	111	90	10.6	9.1
Mukavemet	N/mm²	5.0	4.0	1.06	0.91

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 24.07.1979

Doğum yeri Gaziantep

Lise 1994-1997 Toros Koleji

Lisans 2000-2005 YTU Mühendislik Fak.
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2005-2007 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Geoteknik Programı

Çalıştığı kurumlar

2005-Devam ediyor YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi

TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans çalışması “ Çimento ile Zemin Stabilizasyonu” isimli projesi Erasmus Avrupa Birliđi Projesince desteklenen Portsmouth Üniversitesi’nden davet edilip sağlanan imkânlar sayesinde gerçekleştirilmiştir. Yıldız Teknik Üniversitesi ve Portsmouth Üniversitesi’nin katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.