

**T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEOTEKNİK BİLİM DALI**

**DENİZEL ORTAMDA ÇÖKELMİŞ ZEMİNLERİN
MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Zafer GÜRSOY

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Ender BAŞARI**



MANİSA-2015

**Zafer
GÜRSOY**

**DENİZEL ORTAMDA ÇÖKELMİŞ ZEMİNLERİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ**

2015

TEZ ONAYI

Zafer GÜRSOY tarafından hazırlanan **DENİZEL ORTAMDA ÇÖKELMİŞ ZEMİNLERİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ** adlı tez çalışması 18/09/2015 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman	Yrd. Doç. Dr. Ender BAŞARI Celal Bayar Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Gürkan ÖZDEN Dokuz Eylül Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Okan ÖNAL Dokuz Eylül Üniversitesi	

Enstitü Müdürü	Prof. Dr. Kenan DOST	
-----------------------	-----------------------------	-------

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Zafer GÜRSOY

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	III
TABLolar DİZİNİ	IV
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	VI
TEŞEKKÜR.....	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	3
2.1. Zemin Özelliklerinin İyileştirilmesine Genel Bir Bakış	3
2.2. Katkı Maddeleriyle Zemin İyileştirme.....	3
2.3. Zemin İyileştirmede Kullanılan Bazı Katkı Malzemeleri	3
2.3.1. Çimento	3
2.3.1.1.Çimento Hakkında Genel Bilgiler.....	3
2.3.1.2.Çimentonun Üretimi	4
2.3.1.3.Portland Çimentosunun Birleşimi	4
2.3.1.4.Çimentonun Genel Özellikleri	5
2.3.1.5.Çimentonun İnceliği.....	5
2.3.1.6.Çimentonun Hidratasyon Isısı.....	5
2.3.1.7.Çimentonun Özgül Ağırlığı	6
2.3.1.8.Çimento Çeşitleri	6
2.3.1.9.Katkı Malzemesi Olarak Çimento.....	7
2.3.1.10. Çimento Katkısının Zeminlere Etkisi	7
2.3.2. Asfalt ile Zemin İyileştirme	7
2.3.3. Bitüm İle Zemin İyileştirme.....	7
2.3.4. Atık Mermer Tozu ile Zemin İyileştirme.....	8
2.3.5. Kireç ile Zemin İyileştirme	8
2.3.5.1.Kireç Hakkında Genel Bilgi.....	8
2.3.5.2.Kirecin Yapısı	9
2.3.5.3. Kireç Katkısının Zeminlere Etkisi	10
2.3.6. Mermer Kırığı ile Zemin İyileştirme.....	12
2.3.7. Uçucu Kül ile Zemin İyileştirme.....	12
2.4.Zemin İyileştirme Yöntemleri.....	13
2.4.1. Vibroflotasyon	13
2.4.2. Kum Sıkıştırma Kazıkları	13
2.4.3. Patlatma ile Sıkıştırma	14
2.4.4. Elektro – osmoz.....	14
2.4.5. Ağırlık Düşürme (Dinamik Kompaksiyon)	14
2.4.6. Ek Dolgu ile Önyükleme.....	15
2.4.7. Mini Kazıklar	16
2.4.8. Taş Kolonlar.....	16
2.4.9. Derin Karıştırma (Deep Mixing).....	16
2.4.10. Isıtma Dondurma Yöntemi.....	17
2.4.11. Permeasyon (Sızdırma – Emdirme) Enjeksiyonu	17
2.4.12. Kompaksiyon Enjeksiyonu	17
2.4.13. Jet Grout Yöntemi.....	18
2.4.14. Dış Karıştırma Ünitesi.....	20

3. DENEY MALZEMESİ VE DENEYSEL YÖNTEM.....	23
3.1.Deney Malzemesi.....	23
3.1.1. İzmir Körfezi Dip Malzemesi	23
3.1.2. Kireç.....	24
3.1.3. Çimento	24
3.2.Deneyler ve Deney Metotları	24
3.2.1. Tanımlama (Sınıflama) Deneyleri.....	24
3.2.1.1.Özgül Ağırlık Tayini Deneyi	25
3.2.1.2.Elek Analizi	25
3.2.1.3.Likit Limit ve Plastik Limit Deneyleri.....	25
3.2.1.4.Hidrometre Deneyi.....	25
3.2.1.5.Organik Madde İçeriğinin Belirlenmesi.....	25
3.2.2. Dayanım (Kompaksiyon ve Serbest Basınç Deneyi) Deneyleri	26
3.2.2.1.Kompaksiyon (Proktor) Deneyleri.....	26
3.2.2.2.Serbest Basınç Deneyleri	26
3.3.Örnek Hazırlama	27
3.4.İzmir Körfezi Dip Malzemesi Zemin Özellikleri.....	28
4. DENEY SONUÇLARI	
4.1.Kireç Katkılı Numunelerin pH Testi Sonuçları	29
4.2.Kıvam Limitleri Deney Sonuçları.....	29
4.2.1. Kireç Katkılı Numunelerin Kıvam Limitleri.....	30
4.2.2. Çimento Katkılı Numunelerin Kıvam Limitleri.....	31
4.3.Kompaksiyon (Proktor) Deney Sonuçları.....	34
4.3.1. Kireç Katkı Malzemesi Kullanılarak Yapılan Kompaksiyon Deney Sonuçları	34
4.3.2. Çimento Katkı Malzemesi ile Yapılan Kompaksiyon Deney Sonuçları	37
4.4.Serbest Basınç Deneyleri	39
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	51
EKLER.....	52
ÖZGEÇMİŞ	90

KISALTMALAR VE SİMGELER

A	Alan
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Devlet Karayolu ve Taşımacılık Görevlileri Amerikan Derneği)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Deney ve Malzemeler için Amerikan Topluluğu)
C	Derece, celsius
G_s	Özgül Ağırlık
I_L	Likitlik İndisi
I_p	Plastisite İndisi
K.B.H.A.	Kuru Birim Hacim Ağırlığı
T	Sıcaklık
TS	Türk Standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
USCS	Unified Soil Classification System (Birleşik Zemin Sınıflandırma Sistemi)
w	Su İçeriği
w_L	Likit Limit
w_P	Plastik Limit
ε	Birim Deformasyon
γ_n	Doğal Birim Hacim Ağırlık
γ_s	Kuru Birim Hacim Ağırlık
σ	Düşey Gerilme

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Portland Çimentosunun üretiminin şematik açıklanması (A. J. Francis, 1977).....	4
Şekil 2.2. Kireç içeriğinin zemin tiplerine göre etkisi (Tunç, 2002).....	11
Şekil 2.3. Çeşitli zemin tiplerinin kireçle iyileştirilmesi sonucunda zamana bağlı mukavemet değişimleri (Tunç, 2002).....	12
Şekil 2.4. Vibroflotasyon işleminin aşamaları	13
Şekil 2.5. Dinamik kompaksiyon uygulaması.....	15
Şekil 2.6. Jet Grout uygulama ekipmanları	18
Şekil 2.7. Dış karıştırma ünitesi	21
Şekil 2.8. Dış karıştırma ünitesi mikseri	21
Şekil 2.9. Dış karıştırma ünitesi stabilize zemin haznesi	22
Şekil 3.1. Deney malzemesinin temin edildiği İzmir Körfezi.....	24
Şekil 3.2. Körfez dip malzemesi dane çapı dağılım grafiği	28
Şekil 4.1. Kireç oranına bağlı tarama malzemesinin pH değeri değişimi.....	29
Şekil 4.2. Kireç içeriğinin körfez tarama malzemesinin likit limit, plastik limit ve plastisite indisi değerlerine Etkisi.	31
Şekil 4.3. Kireç içeriğinin körfez tarama malzemesinin zemin sınıflandırması üzerinde neden olduğu değişim	31
Şekil 4.4. Çimento içeriğinin körfez tarama malzemesinin likit limit, plastik limit ve plastisite indisi değerlerine etkisi	33
Şekil 4.5. Kireç içeriğinin körfez tarama malzemesinin zemin sınıflandırması üzerinde neden olduğu değişim.....	33
Şekil 4.6. Doğal durumdaki İzmir Körfezi tarama malzemesinin kompaksiyon deney sonuçları	34
Şekil 4.7. Körfez tarama malzemesinin %2.5, %5, %7.5, %10, %15 ve %20 kireç içerikli numunelerinin kompaksiyon eğrileri (K: kireç içeriği).	35
Şekil 4.8. Kireç içeriği ile tarama malzemesinin kompaksiyon eğrilerindeki değişim	36
Şekil 4.9. Tarama malzemesinin maksimum kuru birim hacim ağırlığının kireç içeriği ile değişimi.....	36
Şekil 4.10. Tarama malzemesinin optimum su İçeriğinin kireç içeriği ile değişimi	37
Şekil 4.11. Çimento içeriği ile tarama malzemesinin kompaksiyon eğrilerindeki değişim	37
Şekil 4.12. Tarama malzemesinin maksimum K.B.H.A. çimento ile değişimi ..	38
Şekil 4.13. Tarama malzemesinin optimum su içeriğinin çimento ile değişimi ..	38
Şekil 4.14. Kireç içerikli numunelerin 1 günlük kür sonrasında serbest basınç dayanımı grafikleri.....	40
Şekil 4.15. Kireç içerikli numunelerin 7 günlük kür sonrasında serbest basınç dayanımı grafikleri	41
Şekil 4.16. Kireç içerikli numunelerin 28 günlük kür sonrasında serbest basınç dayanımı grafikleri	42
Şekil 4.17. Çimento içerikli numunelerin 1 günlük kür sonrasında serbest basınç dayanımı grafikleri	43

Şekil 4.18. Çimento içerikli numunelerin 7 günlük kür sonrasında serbest basınç dayanımı grafikleri	44
Şekil 4.19. Çimento içerikli numunelerin 28 günlük kür sonrasında serbest basınç dayanımı grafikleri	45
Şekil 4.20. Kireç içeriğinin ve kür süresinin serbest basınç dayanımı üzerindeki etkisi	47
Şekil 4.21. Çimento içeriğinin ve kür süresinin serbest basınç dayanımı üzerindeki etkisi	47
Şekil 4.22. Katkı oranı ve kür süresine bağlı serbest basınç dayanımı değişimi	48

TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Portland çimentosunun içeriği	5
Tablo 2.2. Çimento karma oksitlerine göre hidratasyon ısıları	6
Tablo 2.3. Zemin türlerine göre yaklaşık kireç oranları (Tunç, 2002).....	11
Tablo 2.4. Jet Grout sistemlerine göre oluşturulabilen kolonlar ve dayanımları	20
Tablo 3.1. Hazırlanan deney numunelerinin ağırlıkça kireç ve çimento oranları	27
Tablo 3.2. İzmir Körfezi dip malzemesi özellikleri	28
Tablo 4.1. Sönmemiş kireç katkılı tarama malzemesinin pH değerleri	29
Tablo 4.2. Farklı kireç içeriklerindeki tarama malzemesinin likit limit, plastik limit su içerikleri ve plastisite indisi değerleri.....	30
Tablo 4.3. Farklı çimento içeriklerindeki tarama malzemesinin likit limit, plastik limit su içerikleri ve plastisite indisi değerleri	32
Tablo 4.4. Farklı kireç içeriklerindeki tarama malzemesinin optimum su içerikleri ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri.....	36
Tablo 4.5. Farklı çimento içeriklerindeki tarama malzemesinin optimum su içerikleri ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri.....	38
Tablo 4.6. Farklı kireç ve çimento içeriklerindeki körfez bölgesi tarama malzemesi numunelerinin 1 günlük, 7 günlük, 28 günlük kür süreleri sonundaki serbest basınç dayanım değerleri.....	46

TEŐEKKÖR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ender BAŞARI'ya, lisansüstü eğitimim boyunca bilgi ve tecrübeleriyle aydınlatan, desteğini esirgemeyen İnşaat Mühendisliği Bölümü'nün değerli hocalarına, öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan aileme yürekten teőekkör ederim.

Zafer GÖRSOY

Manisa, 2015

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Denizel Ortamda Çökelmiş Zeminlerin Mühendislik Özelliklerinin İyileştirilmesi

Zafer GÜRSOY

**Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ender BAŞARI

Limanların iş hacmi her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle limanlar yeni yapılarla beraber büyümektedir. Bazen limanlardaki yeni yapılar körfezin sediment zeminlerinin üzerine inşa edilebilmektedir. Genellikle sediment zeminlerin mühendislik özellikleri inşaat faaliyetleri için zayıf durumda bulunmaktadır. Limana sahip körfezlerde yeni nesil büyük konteynır gemileri için zaman zaman körfez bölgesinin dibinin taranarak derinleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Genel olarak, körfez dip bölgesinden çıkarılan sediment zeminlerin herhangi bir mühendislik kullanımından önce özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, İzmir Körfez’indeki sediment zemin özelliklerinin kireç ve çimento ile iyileştirilmesi araştırılmıştır. İlk olarak katkısız zeminin geoteknik özellikleri belirlenmiş, daha sonra zemin kuru ağırlığına göre kireç ve çimento katkı malzemeleri ayrı ayrı kullanılarak, %2.5, %5, %7.5, %10, %15 ve % 20 oranlarında karıştırılmıştır. Hazırlanan karışımların geoteknik özellikleri belirlenmiştir. Doğal durumdaki zemin numunelerinin özellikleri karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır. Bu amaçla numuneler üzerinde Proktor, elek analizi, serbest basınç deneyi, likit limit ve plastik limit su içeriği deneyleri yapılmıştır. Körfez bölgesi sediment zeminlerinin serbest basınç dayanımı ve kompaksiyon özelliklerinde çimento ve kireç içeriği ile birlikte önemli oranda iyileşmeler gözlenmiştir. Deneysel çalışma sonucunda iyileştirme amacı ile kullanılabilecek en uygun kireç içeriği ve çimento içeriği %10 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sediment Zemin, Kireç, Çimento, Stabilizasyon, Serbest Basınç Deneyi

2015, 90 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Stabilization of Sedimentary Soils in Gulf Environment

Zafer GÜRSOY

**Celal Bayar Univesity
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ender BAŞARI

Trading volume of the ports is increasing every passing day. Therefore ports are growing with new structures. Sometimes, new structures of ports are constructed on sedimentary soil of gulfs. In generally, characteristics of sedimentary soil in gulf areas are poor for construction. Sometimes sedimentary soils of gulf are dredged for the new generation of large container ships. In general, properties of dredged sedimentary soils need to be improved before use in any purpose. The purpose of this work is investigate of a possible use of lime and cement for the stabilization of sedimentary soil in İzmir Gulf. Initially, the geotechnical properties of the untreated soil were determined. Then the soil was mixed with lime, cement and sedimentary soils of gulf at 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 15% and 20% by dry weight of soil. The physical preperities of the treated samples were determined. The untreated soil values were used as control points for comparison purposes. For this purpose, proctor, hydrometer, sieve analysis, unconfined compression test and liquid and plastic limit tests were performed on the specimens. End of the test program, optimum lime and cement content were determined as 10%. Unconfined compressive strength of sedimentary soil are increased with lime and cement contents.

Keywords: Sedimentary Soil, Lime, Cement, Stabilization, Unconfined Compression Test

2015, 90 pages

1. GİRİŞ

İzmir Körfezi gibi uluslararası hacimli bir limana sahip körfezlerin, nehir ve ırmaklar tarafından taşınan sediment malzemeleri ile dolmaları problem teşkil etmektedir. Limana sahip körfezlere taşınan sediment malzemelerin belirli aralıklar ile körfezden uzaklaştırılmaları gerekmektedir. Ancak körfezlerden çıkarılan dip malzemeleri çoğunlukla büyük hacimlerde olmakta ve bu malzemelerin depolanması problem teşkil etmektedir. Ayrıca çıkarılan dip malzemelerinin geoteknik açıdan özellikleri kötü olmakta ve mühendislik açısından doğrudan değerlendirilmesi genelde mümkün olmamaktadır. Geoteknik açıdan zemin özelliklerinin iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Zemin iyileştirme çalışmaları ile zeminin olumsuz özellikleri iyileştirilerek, zeminin daha kullanılabilir hale getirilmesi sağlanır. Bunun sonucunda;

- Zeminin taşıma kapasitesi artar.
- Oturmalar ve deformasyonlar azalır.
- Konsolidasyon hızlanır.
- Geçirimsizlik azalır.
- Sıvılaşma azalır.
- Zeminin serbest basınç dayanımı artar.
- Şişme ve kabarma etkileri azalır.

Dip malzemesinin inşaat faaliyetleri için hemen kullanımı mümkün olmadığından bu çalışma kapsamında sönmemiş kireç ve çimento gibi piyasada kolay bulunan ve iyileştirme özelliği bulunan malzemelerle tarama malzemesinin (körfez dip malzemesi) mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada öncelikle dip malzemesinin zemin özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra yetersiz özellikteki dip malzemesine ağırlıkça %2.5, %5, 7.5, %10, %15 ve %20 oranlarında çimento ve sönmemiş kireç katılarak malzemenin mühendislik özellikleri iyileştirilmeye çalışılmıştır.

Çimento ve sönmemiş kireç katkı malzemelerinin dip malzemesinin mühendislik özelliklerine etkisi elek analizi, kıvam limiti, kompaksiyon ve serbest basınç deneyleri ile incelenmiştir. Sönmemiş kireç ve çimento katkılarının iyileştirme özellikleri kıyaslama yapılarak verilmiştir.

İlerleyen bölümlerde ilk olarak konuyla ilgili yapılmış çalışmalar özetlenerek 2. bölüm olan Literatür Taraması bölümünde verilmiştir. Sonraki bölümde deney malzemesi ve deneysel yöntemlerden bahsedilmiştir. 4. bölümde ise elde edilen deney sonuçları takdim edilmektedir. Son olarak 5. bölüm olan Sonuçlar bölümünde elde edilen bulgular verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Zemin Özelliklerinin İyileştirilmesine Genel Bir Bakış

İnsanoğlu tarafından inşaatlarda hem taşıyıcı olarak, hem de inşaat malzemesi olarak kullanılan zeminlerin özellikleri farklılık arz edebilmektedir. Bu nedenle bazı zeminler mühendislik açısından arazide istenilen performansı gösteremeyebilir. Bu yüzden çözüm olarak projenin değiştirilmesi veya arazinin değişmesi veya zeminin iyileştirilmesi gibi çözümler göz önüne alınmaktadır.

Bu çalışmada zeminlerin çimento ve sönmemiş kireç katkılarıyla denizel ortamda çökelmiş zeminlerin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi incelenecektir. Bu yüzden bu bölümde daha çok katkı maddeleriyle zemin stabilizasyonu çalışmalarına değinilecektir.

2.2. Katkı Maddeleriyle Zemin İyileştirme

Zemin iyileştirmesindeki temel amaç, zeminin geçirgenliğini azaltmak, mukavemeti arttırmak, zeminin plastisitesini azaltmak ve sıkışabilirliğini azaltmaktır. 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).

2.3. Zemin İyileştirmede Kullanılan Bazı Katkı Malzemeleri

2.3.1. Çimento

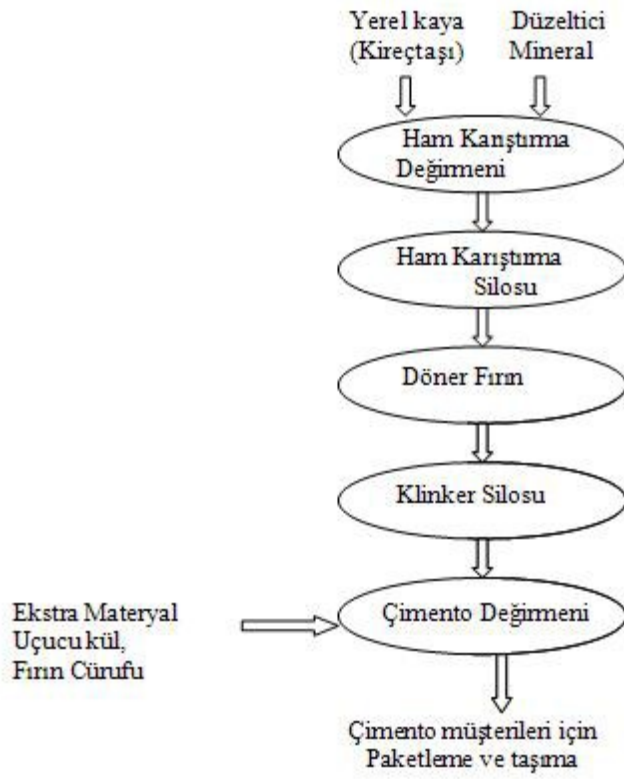
2.3.1.1.Çimento Hakkında Genel Bilgiler

Portland çimentoları su ile priz yapıp sertleştiğinden hidrolik bağlayıcılardandır. 1824’de Joseph Aspin adlı bir İngiliz duvarcı Portland Çimentosu adı altında bu ürüne patent almıştır. 1835 yılında Isaac Charles Johnson ise pişirme sıcaklığını yükselterek ve öğütmeye daha çok önem vererek bugünkü çimentoyu bulmuştur.

2.3.1.2.Çimentonun Üretimi

Çimentonun ilkel maddeleri kalker ve kildir. Kalkerli malzemeler olarak; kireçtaşı ve marn, killi malzemeler olarak bol silisli kil, şeyl, şist gibi hammadde kaynakları kullanılır. Çimento yapımında bu maddeler belirli oranda karıştırılır ve yüksek sıcaklıkta pişirilir. Yüksek sıcaklıkta kalkerin ayrışması sonucu CaO , kilin ayrışması sonucunda silis SiO_2 , alümin Al_2O_3 ve demir oksit Fe_2O_3 oluşur.

Bu maddeler yüksek sıcaklıkta yine aralarında birleşerek esas birleşimleri olan ve çimentoya bağlayıcı özelliğini veren silikat ve alüminatları oluşturur.



Şekil 2.1. Portland çimentosunun üretiminin şematik açıklanması (A. J. Francis, 1977)

2.3.1.3.Portland Çimentosunun Bileşenleri

Ülkemizde üretilen normal Portland çimentolarının içindeki elemanların miktarları ortalama olarak şöyledir:

Tablo 2.1. Portland çimentosunun içeriği

Kireç	%63-67
Silis	%20-25
Alümin	%5-9
Demir Oksit	%2-4
Magnezi	%0.5-3
Kükürt trioksit	%1-2
Diğer maddeler	%0.5-2

2.3.1.4.Çimentonun Genel Özellikleri

Çimentolar değişik yapılarda pek farklı şekilde kullanılmaktadır. Bu nedenle kullanıldığı yere bağlı olarak çimentoların farklı özelliklere sahip olması gerekir. Bir çimentonun hangi cins yapılarda kullanılmaya elverişli olduğu ve ne gibi durumlarda kullanılmaması gerektiği özelliklerinin incelenmesi sonucu ortaya çıkar.

2.3.1.5.Çimentonun İnceliği

Çimento tanelerinin aktif olması, hidrasyon olayı sonunda daha yüksek dayanımlar verebilmesi ince öğütülmesine bağlıdır. Hidrasyon olayının gelişebilmesi ve bağlayıcılık özelliğinin artması için çimentolarda boyutları 74 mikrondan büyük tanelerin oranının %14 ü geçmemesi istenir. Çimento tane boyutları genel olarak 6.5-90 mikron arasında bulunur.

2.3.1.6.Çimentonun Hidrasyon Isısı

Bağlayıcı maddeler priz ve sertleşme sırasında, kimyasal reaksiyon nedeniyle bir miktar ısı açığa çıkarırlar. Hidrasyon ısını arttıran faktörler çimento inceliği ve karma oksit bileşimidir.

Tablo 2.2. Çimento karma oksitlerine göre hidrasyon ısıları

Karma Oksit	İlk 48 saatte açığa çıkan ısı(cal/gr)	Toplam Isı (cal/gr)
C3A	150	207
C3S	100	120
C2S	10	62
C4AF	40	100

Portland Çimentolarının hidrasyon ısıları 90-120 cal/gr arası değişir. Portland çimentoları ilk 1-3 gün arası toplam ısılarının yaklaşık olarak yarısını açığa çıkarırlar.

2.3.1.7.Çimentoların Özgül Ağırlığı

Çimento tipine göre değişmektedir. Örneğin Normal Portland Çimentosunda özgül ağırlık 3,10-3,15 dolaylarında iken, bu değer katkı, cürufu ve tralı çimentolarda 2,90 civarına düşer.

2.3.1.8.Çimento Çeşitleri

Portland Çimento Türleri

- CEM I 32.5 (Normal Dayanımlı Çimento)
- CEM II 42.5 (Yüksek Dayanımlı Çimento)
- CEM III 52.5 (Yüksek Dayanımlı Çimento)

Özel Çimentolar

- Cürufu Çimentolar
- Alüminli Çimentolar
- Uçucu Kül Çimentoları
- Katkılı ve Tralı Çimentolar
- Beyaz Çimento
- Renkli Çimentolar

- Harç Çimentosu
- Süper Sülfat Çimentosu
- Erken Dayanımı Yüksek Çimentolar
- Sülfata Dayanıklı Çimentolar
- Hidrofob Çimentolar

2.3.1.9.Katkı Malzemesi Olarak Çimento

Zemin iyileştirme çalışmalarında kullanılan çimento türü genel olarak Portland çimentosudur. Bunun sebebi ise bu tür çimentonun piyasada yaygın bulunması, ekonomik olması ve mukavemetinin yüksek olmasıdır. Çimento kullanılarak yapılacak iyileştirmede zeminin cinsi ve su/çimento oranı dikkat edilmesi gereken etkenlerdir. Su miktarının azlığı veya fazlalığı plastisite ve basınç mukavemetine önemli derecede etki etmektedir (Littlejohn, 1982). Örnek olarak, su/çimento oranı arttığında zemin sulanma eğilimi göstermekte ve mukavemeti düşmektedir. Aksi durum söz konusu olduğunda ise mukavemet artabilmektedir.

2.3.1.10. Çimento Katkısının Zeminlere Etkisi

İçerisinde bol miktarda silis bulunduran, ana hammaddesi kalkerle kil olan ve mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, briket. vs) yapıştırmada 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.

Zemin özellikleri, çimento katkı oranı ve kür süresine bağlı olarak iyileşmektedir. Bunlar yanında dayanıma önemli katkısı olan etken kuru birim hacim ağırlıktır.

Çimentonun eklenmesiyle kumların ve çakılların permeabiliteleri büyük ölçüde azalırken, siltlerde, siltli killerde ve killerde permeabilite artış gösterir.

2.3.2. Asfalt ile Zemin İyileştirme

Bu yöntemde zemin, suyun zararlı etkilerinden korunur. Daneler arası bağı güçlendirilerek mukavemeti artırır. Danelerin yüzeyini kaplayarak ince daneli zeminlerin su ile etkileşime girip yumuşamasını engellerken iri danelere de kohezyon kazandırır. Bu iyileştirme yöntemi daha çok karayollarında kullanılır.

2.3.3. Bitüm ile Zemin İyileştirme

Kırma taş, çakıl, kum gibi taneli zeminler, sıcak sıvı bitümlü madde katılıp, karıştırılarak, serilerek, kompaksiyon uygulanır. Bitümlü maddelerin, daneler arasında bağlayıcılık ile geçirimsizlik sağlama işlevleri vardır. Bitüm, asfalt vb. petrolden elde edilen siyah, yapışkan, sıcakken sıvı olan üründür. Bitümlü madde, zemin ile birleştiğinde ya daneleri birbirine yapıştırır ya da zemini su geçirmez hale getirerek daneler arasındaki su filmlerinin birbirleriyle olan bağını muhafaza eder veya her iki tesiri aynı anda meydana getirir. Kullanılacak malzemenin, kil ve organik maddelerden arınmış olması gerekir. Bitümlü maddeler miktar olarak %5-10 oranında katılır. Bitümlü stabilizasyon, özellikle yollarda, yüzey kaplamasında kullanılırlar (Uzuner, 2000).

2.3.4. Atık Mermer Tozu ile Zemin İyileştirme

Yapılan deneyler sonucunda mermer tozunun, killerin şişme potansiyelini etkilediği görülmüştür.

2.3.5. Kireç ile Zemin İyileştirme

2.3.5.1.Kireç Hakkında Genel Bilgi

İnsanoğlu uzun yıllar boyunca kireci bağlayıcı madde olarak kullanmak zorunda kalmıştır. Bu durum inşaat teknolojisinin uzun yıllar gelişmemesine neden

olmuştur. Çünkü kireç havada dayanım kazanır, suda dayanıksızdır ve düşük mukavemetlidir.

2.3.5.2.Kirecin Yapısı

Kirecin hammaddesi kalker veya kireçtaşıdır. Ancak içinde %30'a kadar $MgCO_3$ içeren kireçtaşları da (dolomit gibi) bu amaçla kullanılabilir. SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 de taşın içinde az miktarda bulunabilir. Birinci gruptan elde edilen kireç beyaz renkli kireçtir. İkinci gruptan elde edilen kireçler esmer renkli ve dayanımı nispeten daha yüksektir.

Kalkerin(kireçtaşı) öğütülerek, $900^0 C$ 'nin üstünde döner fırınlarda pişirilmesi ile kalsiyum oksit, yani sönmemiş kireç oluşur. Sönmemiş kirece su eklenerek söndürme işlemiyle sönmüş kireç elde edilir. Söndürme işlemi sırasında ısı ile birlikte büyük bir hacim genişlemesi olur.

Fabrikalarda elde edilen sönmüş kireç, ince ve toz haldedir. Çimento gibi torbalar haline satılır ve hidrate kireç olarak adlandırılır.

Sönmüş Kirecin Kimyasal Olarak Sınıflandırılması

- Yüksek kalsiyumlu (~90% - CaO)
- Kalsiyumlu (75% - CaO)
- Magnezyumlu (20%- MgO)
- Dolomitli (25%-MgO)

Kullanılan Kireç Tipleri (TS 459)

- Kalsiyum kireci 90 CL 90
- Kalsiyum kireci 80 CL 80
- Kalsiyum kireci 70 CL 70
- Dolomitik kireç 85 DL 85
- Dolomitik kireç 80 DL 80
- Hidrolik kireç 2 HL 2
- Hidrolik kireç 3.5 HL 3.5
- Hidrolik kireç 5 HL 5

Yapı kireçleri, içerdikleri CaO+MgO miktarlarına göre, hidrolik kireçler ise basınç dayanımlarına göre sınıflandırılmaktadır.

2.3.5.3. Kireç Katkısının Zemin Üzerinde Etkileri

Kireç, plastisitesi olan bir zemin ile karıştırıldığında iki safhada incelenebilen reaksiyonlar oluşmaktadır.

Birkaç dakika ile bir saat içinde flokülasyon ve agregasyon(daneleşme) olayları fark edilir. Plastisitede bir azalma olur ve çalışabilirlik artar. Bu safhaya “zemin modifikasyonu” denilmektedir.

İkinci safhaya “zemin çimentolaşması” denir. Puzolonik reaksiyonlar ve yeni çimentolaşan bileşenlerin zaman içerisinde yüksek dayanım kazanması sonucu sıkıştırılmış bir karışımın yavaş yavaş dayanımını arttırmasıdır. Dayanım kür süresine bağlı olarak sürekli artar ve 1-2 ay içinde stabil bir değere ulaşır. Kireç, kil danelerinin flokülasyon, agregasyon ve çimentolanmasına neden olur. Ancak ilk etkisi kurutmadır. Dane boyu dağılım eğrisi değişir. Kil zemin iri daneli zemine dönüşür. Permeabilite artar. Hidratlı silis içeren kil mineralleri ve diğer ince daneli malzemeler, sert ve suda erimez bir kalsiyum silikat jeli oluşturur. Kireç kil mineralinin kristal kafesinden silisi sökerek reaksiyona girer. Silikat Jel'i kil tabakalarını çevreleyip zemin boşluklarını doldurur, zaman geçtikçe oluşan kristalleşme tobermorit ve hillebrandit olarak adlandırılan hidratlı silise dönüşür (Özaydın, 1970). Zemindeki mukavemet artışı bir yıl kadar sürer. Zeminin serbest basınç mukavemeti kireç muhtevasıyla artar.

Kireç genel olarak, zeminin mukavemetini arttırır, şekil değiştirme modülünün artmasını, şişme ve kabarma potansiyellerinin azalmasını, zeminin dayanıklılığının artmasını sağlar. Ayrıca kireç, zeminle tepkimeye girdiğinde zeminin w_p değerinin artmasını ve w_L değerinin azalmasını sağlar.

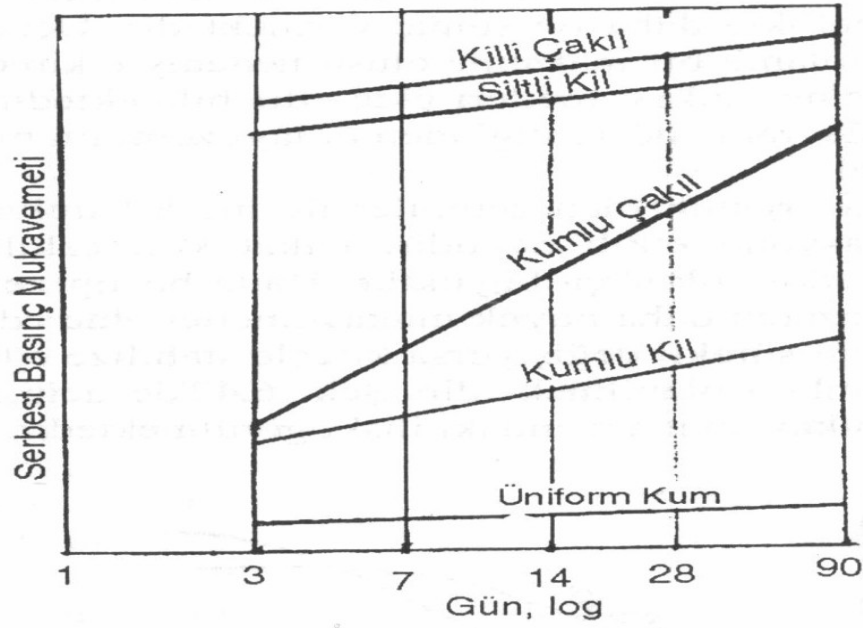
Tablo 2.3. Zemin türlerine göre yaklaşık kireç oranları (Tunç, 2002)

Zemin Cinsi	Kuru Zeminin Ağırlıkça Yüzdesi Olarak
İyi derecelenmiş çakıl	3
Kumlar	Tavsiye edilmez
Kumlu kil	5
Siltli kil	2-4
Plastik kil	3-8
Yüksek plastisiteli kil	3-10
Organik zeminler	Tavsiye edilmez

Genel olarak, fazla organik olan zeminler ile hiç kil ihtiva etmeyen zeminler için kireç stabilizasyonu etkili değildir. Fakat killi çakıllı zeminlerde kireç stabilizasyonunun etkisi oldukça büyüktür. Hatta bu tip zeminler için çimento stabilizasyonuna nazaran daha büyük mukavemetler elde edilebilmektedir. Ayrıca killi zeminlerde su içeriği sürekli değişiyorsa kireçle stabilize edilerek hacimsel değişimi stabil hale getirmek mümkündür. Şekilde değişik tip zeminler için kireç miktarı ile serbest basınç mukavemeti arasındaki ilişki görülmektedir (Tunç,2002).



Şekil 2.2. Kireç içeriğinin zemin tiplerine göre etkisi (Tunç, 2002)



Şekil 2.3. Çeşitli zemin tiplerinin kireçle iyileştirilmesi sonucunda zamana bağlı serbest basınç mukavemetlerinin değişimleri (Tunç, 2002)

2.3.6. Mermer Kırığı İle Zemin İyileştirme

Literatürde yer alan çalışmalar sonucunda birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre kötü derecelenmiş kum-siltli kum (SP-SM) numunesine belirli oranlarda mermer kırığı karıştırılmış ve yapılan standart proctor ve CBR deneylerinin sonuçlarına göre %6 oranında mermer kırığı karıştırılmış numunelerde CBR değerlerinde ortalama %88 oranında bir artış gözlemlenmiştir. %10 ve üzeri mermer kırığı oranında CBR değerlerinde azalma gözlenmiştir.

2.3.7. Uçucu Kül İle Zemin İyileştirme

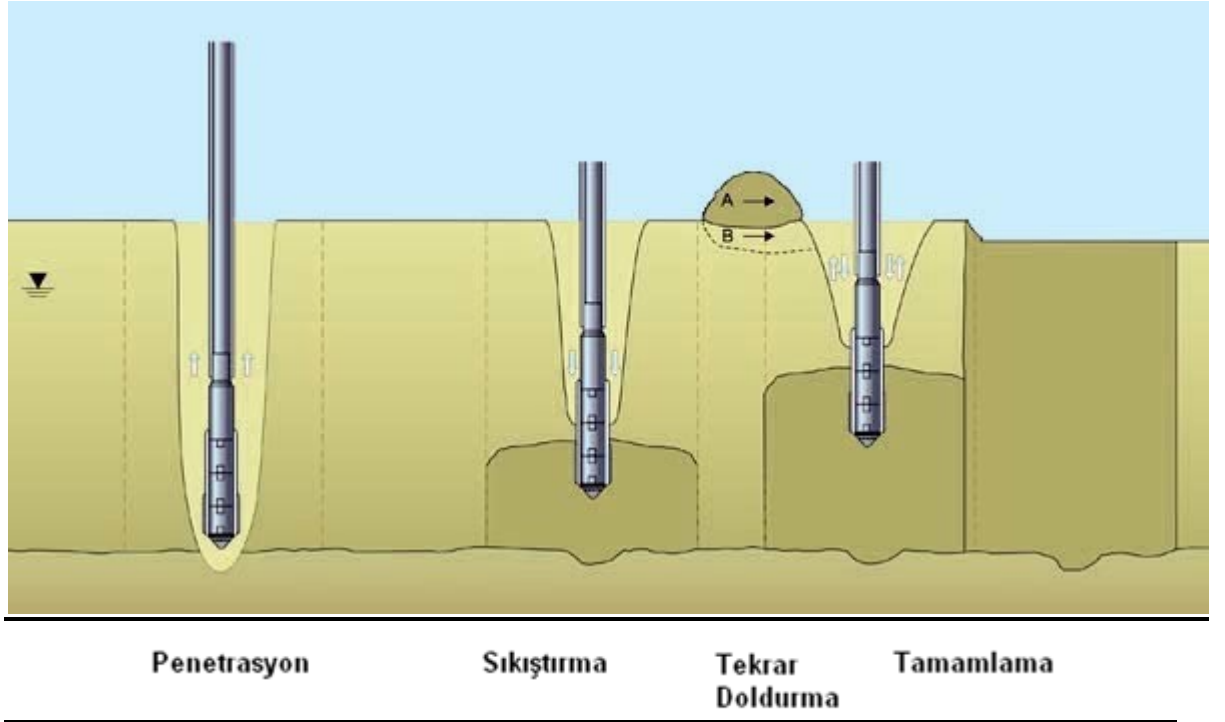
Uçucu kül; taş kömürü ile yakıldığı zaman standartlarda belirtilmiş biçimde kül bırakan linyit kömürünün kazanlarda yanması ile meydana gelen ve baca gazlarıyla sürüklenen çok ince silis ve alüminosilisli bir yanma kalıntısıdır. (TS 639, 1975) Uçucu küllerin yapısı, camsal, içi boşluklu tanecikler ile süngerimsi mineral parçacıklar ve yanmamış taneciklerden oluşmaktadır. Genellikle uçucu küllerin %85'ini $\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3$, CaO ve MgO oluşturur (Tokyay ve Erdoğan, 1998).

Uçucu kül katkısı ile yapılan deneysel çalışmalarda, uçucu kül oranı ve kür süresinin dayanıma katkısı incelenmiştir. Sonuç olarak %5 uçucu kül ilavesinin serbest basınç mukavemetinde artışa neden olduğu, %10-%15 oranındaki kül ilavelerinde ise mukavemette fazla bir değişim gözlenmemiştir. Ancak artan kül oranıyla birlikte göçme anındaki deformasyon miktarında da artış gözlemlenmiştir.

2.4.Zemin İyileştirme Yöntemleri

2.4.1. Vibroflotasyon

Granüler zeminlerin sıkıştırılması için kullanılan bir yöntemdir. Zemin içerisine yerleştirilen bir vibratörün yaydığı yatay titreşimlerle zeminlerdeki boşluk oranları azaltılarak içsel sürtünme açıları, taşıma gücü ve sıvılaşmaya karşı dirençleri artırılır.



Şekil 2.4. Vibroflotasyon işleminin aşamaları

2.4.2. Kum Sıkıştırma Kazıkları

Yumuşak zeminleri iyileştirme amacıyla Japonya’da geliştirilmiş bir yöntemdir. Zemin içerisinde titreşimli muhafaza borusu yardımıyla kum veya benzer bir malzeme kullanarak iyi sıkıştırılmış kum kazıkları oluşturulur. Kum Sıkıştırma

Kazıkları (SCP) tekniğine ilişkin ekipman kum dren yerleştirme ekipmanına benzemektedir. Ekipman istenilen derinliğe ulaştıktan sonra, daha önceden belirlenen boydaki gevşek kum ekipmanın mili arasından boşaltılır ve ekipman biraz yukarı çekilir. Daha sonra milin üstündeki bir vibratör yardımıyla mil gevşek kumu sıkıştırır ve çapını artırır. Bu işlemin tekrar ettirilmesiyle sıkıştırılmış kum kazıkları oluşturulur ve ayrıca etraftaki zeminde sıkıştırılmış olur.

2.4.3. Patlatma ile sıkıştırma (Blasting)

Zemin tabakaları içine yerleştirilen patlayıcılarla şok dalgaları oluşturarak gevşek granüler zemini başlangıçtaki durumuna oranla daha sıkı hale getirme işlemidir.

2.4.4. Elektro-osmoz (Electro-osmosis)

Kohezyonlu yumuşak zeminlerin mukavemet ve deformasyon özelliklerini ıslah için zemine doğru akım uygulayarak yer altı suyunun indirilmesi ve konsolidasyonun hızlandırılması işlemidir.

2.4.5. Ağırlık Düşürme (Dinamik Kompaksiyon)

5-27 ton arasındaki yükün tekrarlı olarak değişik yükseklikten (12-30 m.) zemin üzerine düşürülmesiyle iyileştirme yapılır. İyileştirme derecesi uygulanan enerjiye göre değişir (düşüş yüksekliği, ağırlık, düşüş sayısı). Elde edilen iyileştirme derinliği 3m. ile 9m. arasında değişmektedir.



Şekil 2.5. Dinamik kompaksiyon uygulaması

2.4.6. Ek Dolgu ile Ön Yükleme

Sıkışabilir bir zeminde üzerindeki yapıdan intikal eden gerilmelerden ötürü oluşacak konsolidasyon oturması çok uzun yıllar almaktadır. Bazen meydana gelen oturmalar üzerindeki yapıya zarar verebilecek ölçüde olabilmektedir. Bunun için yapının inşasından önce yapı yükünden daha fazla bir ilave yük zemine uygulanır ve gerilme artışlarıyla birlikte zamana bağlı oturmalar hızlanır. İstenen miktarda oturma meydana geldikten sonra zemin üzerindeki ilave yük kaldırılır. Böylece yapının kullanıma başlanmasından sonra zamana bağlı olarak meydana gelecek istenmeyen oturmalar engellenmiş olur ve nihai oturmanın tamamına yakını gerçekleşir.

Önyükleme ile hızlandırılmış konsolidasyon tekniği yapının oturduğu zeminin killi, yumuşak ve aşırı sıkışabilir olması halinde çok başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Önyüklemde bekleme süresini azaltmak için zemin içine düşey kum drenaj kolonları veya yapay drenaj levhaları yerleştirmek iyi sonuçlar vermektedir.

Bu durumda zemin içindeki su yalnız düşey yönde değil yatay yönde de hareket ederek drenaj kanalları vasıtasıyla zeminden uzaklaştırılır. Böylece zemin tabakasının konsolidasyonu olukça hızlanır. Diğer metotlara nazaran nispeten daha ekonomik olmakla beraber oturmaların tamamlanması için gerekli süre daha uzun olmaktadır. Önyükleme metodunda yumuşak zeminde oturmayı hızlandırmak için tatbik edilen ilave yük kolay dren olabilen granüler malzeme (kum ve çakıl) olmalıdır. Konsolidasyon sırasında sıkışan zeminden gelecek suyun hemen drene olması sağlanmalıdır. Genellikle organik olan veya olmayan tüm killi zeminlerde ve

hatta PT grubu bataklık zeminlerde ve hatta %20-%300 su içeriğindeki zeminlerde dahi başarıyla uygulanabilmektedir.

2.4.7. Mini Kazıklar

Bir mini kazık, küçük çaplı (genellikle 300 mm.'den az) burgu ile açılıp betonlanmış genellikle donatılı değiştirme kazıdır. Mini kazıklar çevre yapılara, zemine ve çevreye en az rahatsızlık veren metotlarla inşa edilir. Ulaşım güçlüğü olan ortamlarda ve tüm zemin tipleri ve koşullarında inşa edilebilir. Mini kazıklar, genellikle mevcut yapıların alttan desteklenmesinde kullanılır.

2.4.8. Taş Kolonlar

Taş kolonlar, zemin koşullarına, ekipmana ve inşa yöntemine bağlı olmak kaydıyla genellikle 1 m çapındadır. Bunlar genellikle kare veya üçgen sistemde uygulanırlar. Temel uygulamaları açısından, derinlikle gerilme dağılımı düşünülerek bina çevresinin ötesine geçecek şekilde uygulama alanı genişletilmelidir. Uygulama alanının üzerine 0.3 m veya daha kalın bir kum veya çakıl drenaj örtüsü yerleştirilir. Bu örtü hem de yukarıdaki yapıdan gelen gerilmeleri dağıtmaya yarar.

Taş Kolonlar;

- Temel oturmasını azaltır.
- Temel ebadında azalmaya ve taşıma kapasitesinin artmasına neden olur.
- Sıvılaşma potansiyelini hafifletir.
- Eğim stabilizasyonu sağlar.
- Dolgular üzerinde inşaya izin verir.
- Sığ temel inşasına izin verir.
- Deprem tarafından oluşturulan yanal yayılmayı önler.

2.4.9. Derin Karıştırma (Deep Mixing):

Derin karıştırma yönteminin amacı zeminin basınç mukavemetinin (kayma mukavemeti) artırılması, permeabilitesinin azaltılması veya zararlı maddelere karşı dayanıklılığının iyileştirilmesidir. Islak ve kuru yöntem olmak üzere iki yöntem söz

konusudur. Çimento, uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kireç, çeşitli katkıları veya bunların kombinasyonları bağlayıcı madde olarak kullanılmaktadır. Kullanılan bağlayıcı, zemin cinsine bağlı olarak iyileştirilecek zemin hacminin %20-30'u kadar olmalıdır. İçi boş auger borusu istenilen derinliğe indirildikten sonra boru içinden bağlayıcı madde pompalanarak boru ucundaki paletler yardımı ile zemin ile karıştırılır. Karıştırma enerjisi (geri çekme ve dönme hızı) ve çimento oranı ayarlanarak iyileştirilen zeminin özellikleri belirlenir.

Uygulama Alanları:

- Kazı çukurlarının desteklenmesi
- Geçirimsizlik perdeleri
- Rıhtım yapıları
- Tünel zeminin desteklenmesi
- Temel takviyesi
- Sıvılaşmanın önlenmesi

2.4.10. Isıtma-Dondurma Yöntemi:

Derin iyileştirme yöntemlerinden birisidir. Kil zeminin ısıtılması veya zemin suyunun dondurulması suretiyle geçici olarak zeminin kayma mukavemetini ve deformasyon modülünü artırma amaçlanmaktadır. Özellikle dondurma işlemi yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.4.11. Permeasyon(Sızdırma-Emdirme) Enjeksiyonu

Emdirme enjeksiyonunun amacı zeminin hacminde ve yapısında önemli bir değişiklik meydana getirmeksizin zemin içerisindeki boşlukların enjeksiyon malzemesiyle doldurulmasıdır.

2.4.12. Kompaksiyon Enjeksiyonu

Yöntem çoğunlukla zayıf veya yumuşak zeminlerin sıkıştırılmasında, temel ve döşemelerin alttan desteklenmesinde, yapı oturmalarının kontrol edilmesinde, farklı oturmalar gösteren yapı temellerinin rehabilitasyonunda ve tekrar eski

seviyelerine yükseltilmesinde kullanılmıştır. Yeterli plastisiteyi sağlayacak kadar silt ve içsel sürtünmeyi sağlayacak kadar da kum içeren katı enjeksiyon malzemesinin zemin boşlukları içerisine girmeksizin enjeksiyon noktası etrafında giderek genişleyen bir kütle oluşturacak ve bu sayede etrafındaki gevşek zeminleri sıkıştırarak şekilde yüksek basınçlarda enjekte edilmesi olarak tanımlanabilir.

2.4.13. Jet Grout Yöntemi

Bu yöntemde, yüksek hızla enjekte edilen karışım zeminin doğal yapısını bozmakta ve zemin ile enjekte edilen malzemenin karışımıyla yeni bir malzeme (soil –crete) oluşmaktadır. Jet Grout yöntemi, zemine malzeme karıştırılarak yapılan derin ve kalıcı bir zemin iyileştirme yöntemidir.



Şekil 2.6. Jet Grout uygulama ekipmanları

Jet Grout Uygulama Alanları:

- Temel takviyesi,
- Kazı yüzeylerinin desteklenmesi,
- Zemin iyileştirmesi,
- Tünel inşaatlarında tünel aynasının ve tünel tavanının desteklenmesi,

- Kazı çukurlarına gelen yeraltı sularının azaltılması,
- Şev ve heyelan stabilizasyonu,
- Geçirimsizlik perdeleri,
- Atık sahalarında geçirimsizliğin sağlanması

Jet Grout Avantajları:

- Klasik enjeksiyon yöntemlerine göre daha hızlı ve ekonomiktir.
- Monitör ve püskürtme ağızlarının tasarımındaki esneklik sayesinde farklı geometride elemanlar imal edilebilir. Yatay, eğimli ve düşey duvarlar rahatlıkla yapılabilmektedir.
- Klasik enjeksiyona göre kontrolü daha kolaydır.
- Kimyasal açıdan zemine hiçbir zararı ve kirletici etkisi yoktur.
- Kullanılan ekipmanın boyutları sayesinde kapalı, dar ve sıkışık ortamlarda dahi çalışılabilmektedir.
- Bütün zemin cinslerinde kullanılabilmektedir.
- İmalata istenilen derinlikten başlanabilir ve istenilen derinlikte son verilebilir.
- Vibrasyonsuz bir yöntemdir.

Jet Grout Uygulama Sistemleri

- Jet 1 (Tek Akışkanlı Sistem)
- Jet 2 (İki Akışkanlı Sistem)
- Jet 3 (Üç Akışkanlı Sistem)

Jet 1: Zemine gönderilen tek akışkan çimento-su karışımıdır.

Jet 2: Zemine gönderilen akışkanlar çimento su karışımı ile havadır. Yüksek hıza sahip enjeksiyon jeti, 2-15 barlık sıkıştırılmış ve enjeksiyonu çevreleyen hava konisi ile birlikte püskürtülmektedir.

Jet 3: Zemine gönderilen akışkanlar çimento su karışımı, hava ve sudur. Sistemde zeminin sökülmesi, sıkıştırılmış hava konisi tarafından çevrelenmiş su jeti ile yapılmakta ve bu jetten birkaç desimetre aşağıda yerleştirilmiş olan püskürtme

ağzından çimento enjeksiyonu tek başına püskürtülmektedir. Bu sayede, sistemin aşındırma enerjisi ve verimi artmakta, kohezyonlu zeminlerde 150 cm, kohezyonsuz zeminlerde 300 cm çapa kadar kolon oluşturulabilmektedir.

Tablo 2.4. Jet Grout sistemlerine göre oluşturulabilen kolonlar ve dayanımları

Zemin Cinsi	Kolon Çapı	Kolon Dayanımı
Jet 1 Kum ve Çakıl Kil	60 cm - 90 cm (110 cm.'e kadar çıkarılabilir.)	70-250 kg/cm ² 20-100 kg/cm ²
Jet 2 Kum ve Çakıl Kil	90 cm – 180 cm (300 cm.'e kadar çıkarılabilir.)	35-140 kg/cm ² 10-70 kg/cm ²
Jet 3 Kum ve Çakıl Kil	150 cm – 240 cm 90 cm – 180 cm	35-105 kg/cm ² 10-50 kg/cm ²

2.4.14. Dış Karıştırma Ünitesi

Stabilize zeminleri karıştırma ünitesi, büyük ölçekli yol inşaatlarında ve depolanması mümkün olmayan dolgu malzemelerinin iyileştirilip hemen kullanıma hazır hale getirmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu ünite sabit ve hareketli olmak üzere iki farklı modele sahiptir ve saatte 300 ila 600 ton arasında üretim kapasitesine sahiptir. Dış karıştırma ünitesi, dane çapı 60 mm'den küçük zeminler için uygundur.

Mikser olarak adlandırılan bölümde stabilize zemin, belirlenen su içeriği ve katkı oranına göre hazırlanıp, dış karıştırma ünitesinin depolama kaplarında depolanır.



Şekil 2.7. Dış karıştırma ünitesi



Şekil 2.8. Dış karıştırma ünitesi mikseri



Şekil 2.9. Dış karıştırma ünitesi stabilize zemin haznesi

3. DENEY MALZEMESİ VE DENEYSEL YÖNTEMLER

Bu tez kapsamında yürütülen deneysel çalışmada materyal olarak Gediz Nehri'nin sürüklediği ve İzmir Körfezi'nin Kuzey kesiminde biriktirdiği ve körfezde çökelmiş olan dip malzemesi kullanılmıştır. Söz konusu sahadan elde edilen dip malzemesinin mühendislik özellikleri herhangi bir mühendislik yapısında kullanılabilmesi için geoteknik açıdan yeterli olmayıp özelliklerinin iyileştirilmesine ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada malzemenin özelliklerinin tanımlanması amacı ile elek, hidrometre, özgül ağırlık, kıvam limitleri, organik madde içeriği tayini deneyleri yapılmıştır. Tanımlama deneylerine ilaveten dayanım özelliklerinin belirlenmesi amacı ile de kompaksiyon (proctor), serbest basınç deneyi yapılmıştır. İzmir Körfezi'nden dip taramasıyla çıkarılan malzemenin organik içeriğe sahip olmasından dolayı tez kapsamında yapılan deneylerde açık havada kurutulmuş malzemeler kullanılmıştır.

Malzemenin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi amacı ile sönmemiş kireç ve Portland çimentosu ağırlıkça %2.5, %5, %7.5, %10 , %15 ve %20 oranlarında kötü özellikteki dip malzemesi ile karıştırılmış ve karışımlar üzerinde pH testi, kıvam, kompaksiyon ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Hazırlanan numunelere 1, 7 ve 28 günlük kür süreleri uygulanmıştır.

3.1. Deney Malzemesi

3.1.1 İzmir Körfezi Dip Malzemesi

Deneylerde kullanılan zemin numunesi, İzmir Körfezinden dip taraması yapılarak alınmıştır. Malzeme %40 kum, %55 silt, %5 kil içermektedir. Ayrıca dip malzemesi %8 oranında organik malzeme içermektedir. Deneysel çalışmalarda kullanılan malzeme Şekil 3.1'de gösterildiği gibi İzmir Körfezi'nden alınmıştır.



Şekil 3.1. Deney malzemesinin temin edildiği İzmir Körfezi

3.1.2 Kireç

Dip malzemesinin özelliklerinin iyileştirilmesinde kireç katkı malzemesi olarak KİMTAŞ firmasından (İzmir – Torbalı) temin edilen hidrate olmamış (sönmemiş) kireç (CaO) kullanılmıştır. Hazırlanan karışımlarda kullanılan kireç No.40 elekten elenmiş olup toz halinde kullanılmıştır.

3.1.3 Çimento

Çimento olarak ülkemizde inşaat faaliyetlerinde çokça kullanılan PÇ32.5 Portland çimentosu kullanılmıştır.

3.2. Deneyler ve Deney Metotları

3.2.1. Tanımlama (Sınıflama) Deneyleri

Tanımlama deneyleri olarak Özgül ağırlık, Elek analizi, Kıvam Limiti deneyleri, Hidrometre, Organik materyal tayini deneyleri American Society for Testing and Materials (ASTM) göre yapılmıştır. Özgül ağırlık, Elek analizi, Kıvam Limiti, Hidrometre, Organik materyal tayini deneyleri sırasıyla ASTM D854, ASTM D1140, ASTM D4318, ASTM D4221, ASTM D2974 standartlarına uygun olarak yapılmış ve değerlendirilmiştir.

3.2.1.1. Özgöl Ağırlık Tayini Deneyi

Dip malzemesinin özgül ağırlığı ASTM standartlarına uygun olarak 500 ml.'lik balon piknometreler yardımı ile yapılmıştır. Deneyde hava alma vakum yöntemi ile yapılmıştır.

3.2.1.2. Elek Analizi

Elek analizleri dip malzemesinin dane çapının belirlenmesi amacı ile yapılmıştır. Elek analizinde açık havada kurutulmuş malzeme kullanılmıştır. Deneylerde sırasıyla 0.075 mm (No.200), 0.425 mm (No.40), 2.0 mm (No.10), 4.75 mm (No.4), 12.5 mm (1/2') ve 25 mm (1') elekler kullanılmış olup deneyler ASTM standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

3.2.1.3. Likit Limit ve Plastik Limit Deneyleri

Likit limit ve plastik limit su içeriği tayini deneyleri için numuneler hazırlanan su içeriklerinde bir gün bekletilmiş ve daha sonra deneyler Casagrande yöntemi ile ASTM standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.4. Hidrometre Deneyi

Hidrometre deneyleri dip malzemesinde yer alan 0.075 mm (No.200)'den daha küçük çaplı danelerin içeriğinin belirlenmesi amacı ile ASTM standartlarına uygun olarak H151 hidrometresi ile yapılmıştır.

3.2.1.5. Organik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

İzmir Körfezi Dip malzemesinin organik madde içeriğini belirlenmesi numunelerin yüksek sıcaklıktaki etüvde (440 °C) 24 saat bekletilmesi ile yapılmıştır. Deneyler ASTM standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiş olup Celal Bayar Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuar imkânlarından yararlanılmıştır.

3.2.2. Dayanım (Kompaksiyon ve Serbest Basınç Deneyi) Deneyleri

Kireç ve çimentonun dip malzemesinin özelliklerini iyileştirme miktarını belirlemek amacı ile kompaksiyon (Proctor), Serbest Basınç Deneyi ASTM standartlarına uygun olarak yapılmış ve değerlendirilmiştir. Kompaksiyon (Proctor), Direk Kesme Deneyi, Serbest Basınç deneyleri yapılırken sırasıyla ASTM D698, ASTM D2166 standartları göz önüne alınmıştır.

3.2.2.1. Kompaksiyon (Proctor) Deneyleri

Tablo 3.1.'de verilen her karışım oranı için dört farklı su içeriğinde numuneler hazırlanmış ve bir gün (24 saat) bekletildikten sonra otomatik kompaksiyon cihazı ile ASTM standartlarına uygun olarak Kompaksiyon (Proctor) deneyleri yapılmıştır.

3.2.2.2. Serbest Basınç Deneyleri

Serbest basınç deneyleri numunelerin drenajsız dayanımlarını belirlemek amacı ile ASTM standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Tablo 3.1.'de verilen her karışım için en az üç adet 3.5 cm çapında ve 7.0 cm yüksekliğinde serbest basınç numunesi Harward Mini Kompaksiyon aleti yardımı ile hazırlanmıştır. Her karışım için hazırlanan numunelerin kuru birim hacim ağırlıkları ve su içeriklerinin kompaksiyon deneylerinden elde edilen maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su içeriği değerlerinde olmasına özen gösterilmiştir.

Optimum su içeriğinde istenilen kuru birim hacim ağırlık değerinin elde edilmesi için Harward Mini Kompaksiyon deney aletindeki vuruş sayısı deneme yanılma yöntemi ile belirlenmiştir. Deney numuneleri kompaksiyon (proctor) deneyinde olduğu gibi istenilen su içeriğindeki karışımlar bir gün bekletildikten sonra üç tabaka halinde kompaksiyonla hazırlanmıştır. Serbest basınç deneyinde yükleme hızı 0.5 mm/dk seçilmiş olup deneyler en az %12 eksenel deformasyon gerçekleşene kadar sürdürülmüştür.

3.3. Örnek Hazırlama

Kıvam, kompaksiyon, serbest basınç deneyleri Tablo 3.1’de verilen kireç ve çimento oranlarındaki numuneler üzerinde yapılmıştır. Karışımlardaki kireç ve çimento oranları ağırlıkça belirlenmiştir. Ağırlıkça belirlenen kireç ve çimento oranları açık havada kurutulmuş tarama dip malzemesine katılmış ve karışım homojen hale gelene kadar en az 15 dakika karıştırılmıştır.

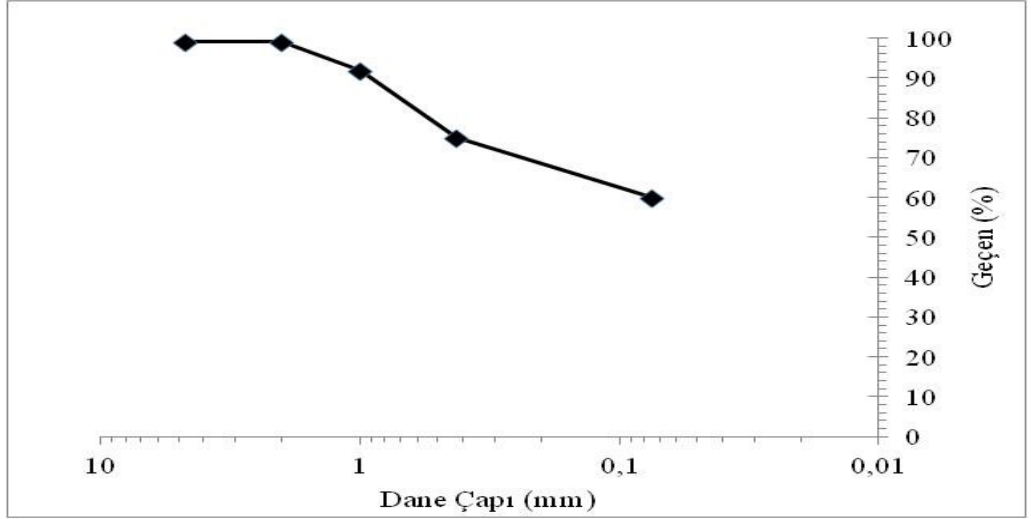
Tablo 3.1. Hazırlanan deney numunelerinin ağırlıkça kireç ve çimento oranları

Tarama Dip Malzemesi (%)	100	97.5	95	92.5	90	85	80
Kireç(%)	0	2.5	5	7.5	10	15	20

Tarama Dip Malzemesi (%)	100	97.5	95	92.5	90	85	80
Çimento (%)	0	2.5	5	7.5	10	15	20

3.4. İzmir Körfezi Dip Malzemesi Zemin Özellikleri

İzmir Körfezi’nin kuzey kesiminden tarama yöntemi ile çıkarılan zemin numuneleri üzerinde yapılan tanımlama ve sınıflandırma deneyleri sonucunda malzeme özellikleri aşağıda Tablo 3.2.’de verildiği gibi belirlenmiştir. Dip malzemenin dane çapı dağılımı ise Şekil 3.2.’de verilmiştir. Dip malzemesi %8 oranında organik madde içermektedir. Dip malzemesinin USCS, ASHTO ve Türk Standartlarına göre zemin sınıfı ise Tablo 3.2.’de verilmiştir. Birleştirilmiş zemin sınıflandırmasına (USCS) göre İzmir Körfezi Dip malzemesi CH zemin sınıfına girmektedir.



Şekil 3.2. Körfez dip malzemesi dane çapı dağılım grafiği

Tablo 3.2. İzmir Körfezi dip malzemesi özellikleri

Özgül ağırlık (g/cm ³)	2.65
Likit limit - w _L (%)	58
Plastik Limit- w _p (%)	28
Plastisite İndisi	30
Organik Madde miktarı (%)	8.58
Kum Oranı (%)	46
No. 200 altında kalan (%)	54
Türk Standartlarına göre zemin sınıfı	CH
USCS zemin sınıfı	CH
ASHTO zemin sınıfı	A-2-7

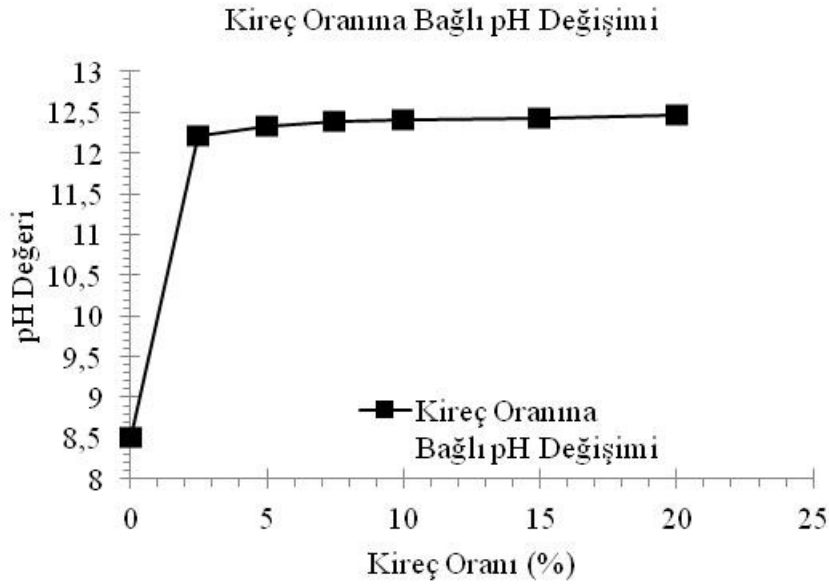
4. DENEY SONUÇLARI

4.1. Kireç Katkılı Numunelerin pH Testi Sonuçları

Körfez tarama malzemesinin %0, %2.5, %5, %7.5, %10, %15 ve %20 oranlarında sönmemiş kireç katkılarıyla hazırlanan numunelerin pH değerleri tablo 4.1.'de verilmiştir. pH değeri 12.4'e yakın olan katkı oranı, tarama malzemesi için ideal katkı oranını temsil etmektedir.

Tablo 4.1. Sönmemiş Kireç Katkılı Tarama Malzemesinin pH Değerleri

Katkı Oranı (%)	0	2.5	5	7.5	10	15	20
pH Değeri	8.51	12.21	12.33	12.39	12.4	12.42	12.46



Şekil 4.1. Kireç oranına bağlı tarama malzemesinin pH değeri değişimi

4.2. Kıvam Limitleri Deney Sonuçları

Körfez tarama malzemesinin likit ve plastik limit su içeriklerinin sönmemiş kireç ve çimento katkı malzemeleri ile değişimi ağırlıkça %2.5, %5, %7.5, %10, %15 ve %20 oranlarında ayrı ayrı hazırlanmış karışımlar ile incelenmiştir.

Doğal durumdaki malzemenin likit limit su içeriği %58.03, plastik limit su içeriği %28.03 ve plastisite değeri 30 olarak belirlenmiştir. Kireç ve çimento katkı malzemeleri tarama malzemesinin likit limit, plastik limit su içerikleri ile plastisite indisi değerlerini etkilemiş ve belirli eşik değerlerinden sonra tarama malzemesinin zemin sınıfının değişmesine neden olmuşlardır.

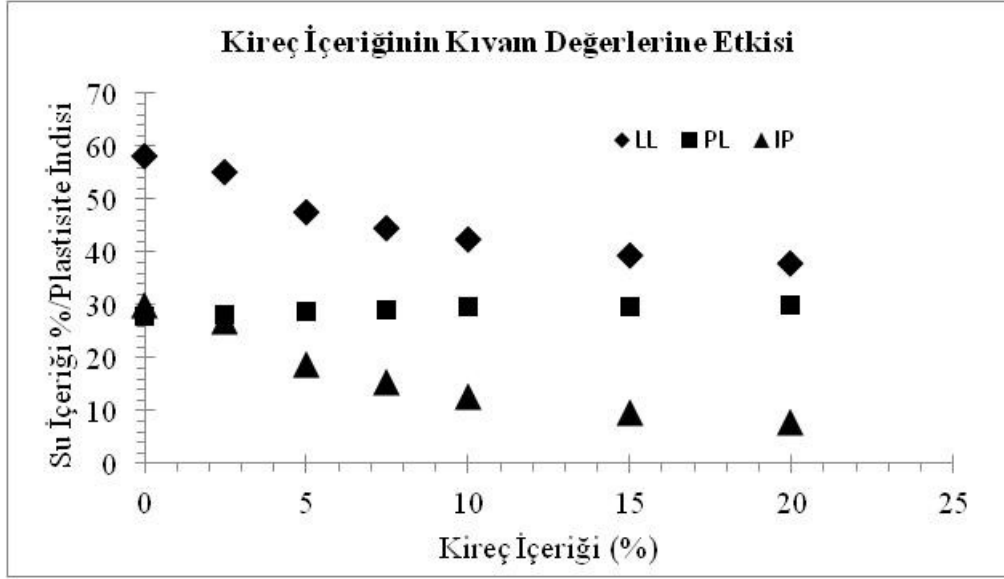
4.2.1. Kireç Katkılı Numunelerin Kıvam Limitleri

Körfez tarama malzemesine %2.5, %5, %7.5, %10, %15 ve %20 oranlarında kireç katılarak malzemenin kıvamının değişimi incelenmiştir. Test numunelerinin likit limit, plastik limit su içeriği değerleri ile plastisite indisi değerleri Tablo 4.2.'de ve Şekil 4.2.'de verilmiştir.

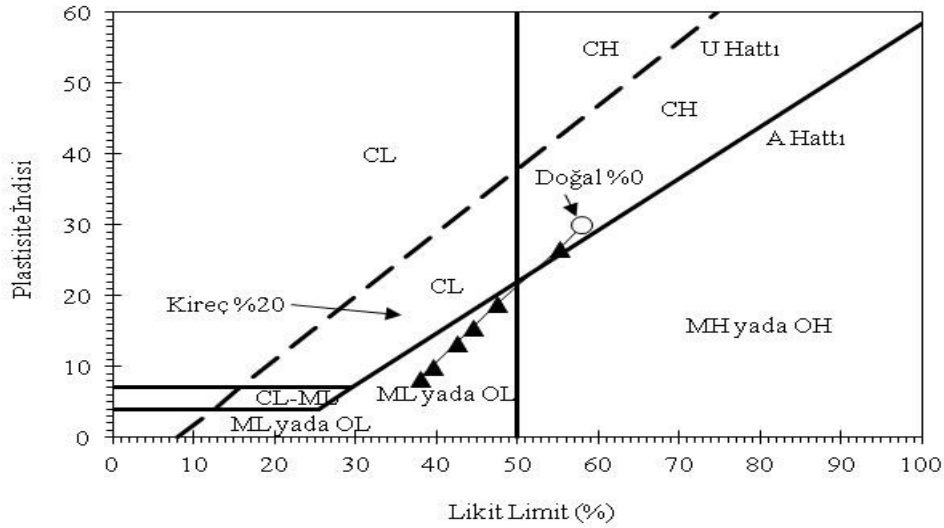
Deneylerde kullanılan %5 kireç oranı tarama malzemesinin yüksek plastisiteli kil (CH) sınıflandırmasını düşük plastisiteli kil (CL) olarak değiştirmeye kâfi gelmiştir. Kireç katkı malzemesinin tarama malzemesinin zemin sınıflandırmasında yol açtığı bu değişim Şekil 4.3. ile daha açık ve anlaşılır olarak görülebilmektedir.

Tablo 4.2. Farklı kireç içeriklerindeki tarama malzemesinin likit limit, plastik limit su içerikleri ve plastisite indisi değerleri.

Kireç Katkı Oranı (%)	Likit limit Su İçeriği (%)	Plastik limit su içeriği (%)	Plastisite İndisi
0	58,03	28,03	30
2,5	55,21	28,5	26,71
5	47,49	28,7	18,79
7,5	44,48	29	15,48
10	42,43	29,2	13,23
15	39,48	29,5	9,98
20	37,92	29,6	8,32



Şekil 4.2. Kireç içeriğinin körfez tarama malzemesinin likit limit, plastik limit ve plastisite indisi değerlerine etkisi.



Şekil 4.3. Kireç içeriğinin körfez tarama malzemesinin zemin sınıflandırması üzerinde neden olduğu değişim

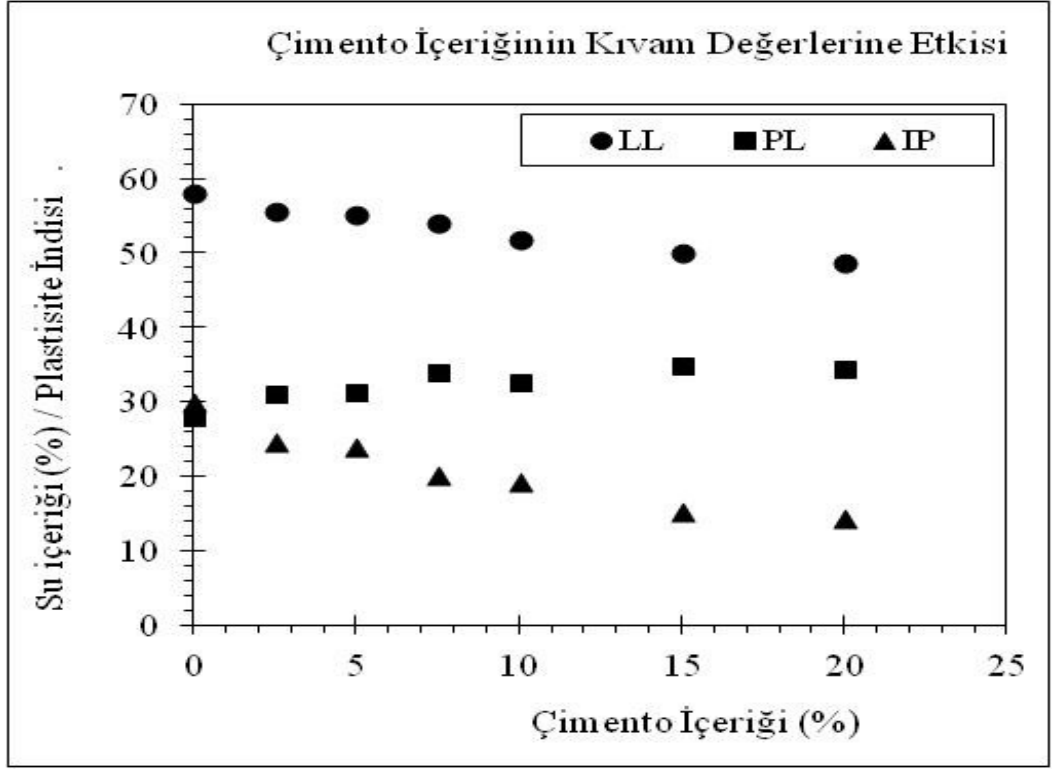
4.2.2. Çimento Katkılı Numunelerin Kıvam Limitleri

Körfez tarama malzemesinin kıvam limitlerinin değişimi %2.5, %5, %7.5, %10, %15 ve %20 oranlarında çimento içeren numuneler ile incelenmiştir. Test numunelerinin likit limit, plastik limit su içeriği değerleri ile plastisite indisi değerleri Tablo 4.3'de ve Şekil 4.4. ile gösterilmiştir.

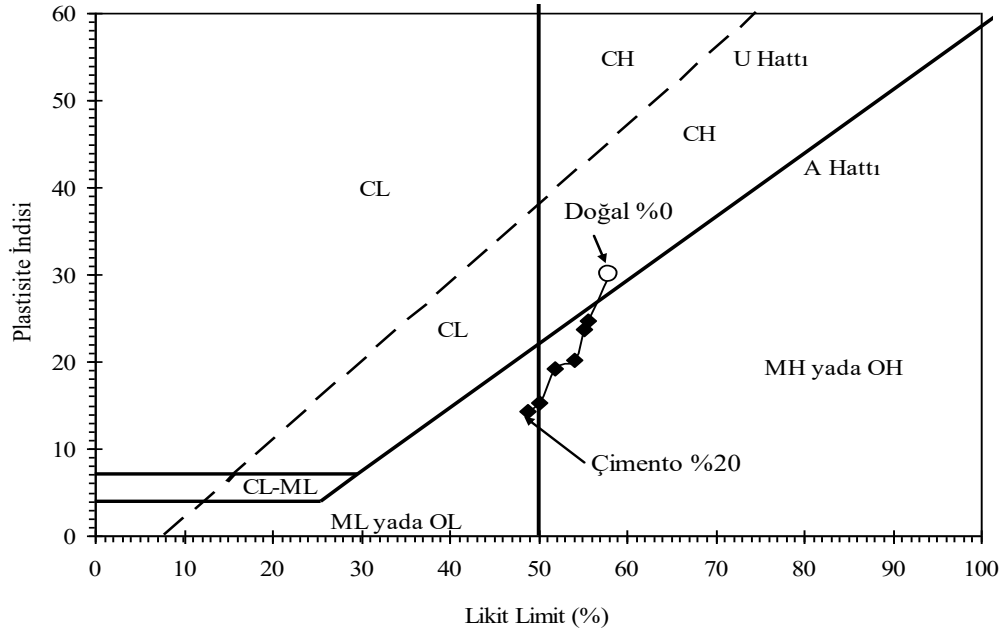
Kıvam deney sonuçlarının verildiği Tablo 4.3 ve Şekil 4.5. incelendiğinde likit limit ve plastik limit su içerikleri çimento içeriğindeki artış ile sürekli bir düşüş göstermiştir. Plastik limit su içeriğindeki düşüş miktarı likit limit su içeriğindeki düşüş miktarından daha fazla gerçekleşmiştir. Bunun sonucu olarak plastisite indisinde değerinde bir artış hasıl olmuştur. Kireç içeriği ile tarama malzemesinin kıvam değerlerindeki değişim miktarı kireç içeriği arttıkça azalmıştır. Tarama malzemesine ilave edilen %2.5 oranındaki çimento miktarı, körfez tarama malzemesinin yüksek plastisiteli kil (CH) olan zemin sınıflandırmasını Yüksek plastisiteli silt (MH) olarak değiştirmeye yeterli olmuştur. Daha sonra ilave edilen çimento miktarı %20 oranına ulaştığında tarama malzemesinin düşük plastisiteli (ML) zemin olarak sınıflandırılmasına neden olmuştur. Çimentonun körfez tarama malzemesinin zemin sınıflandırması üzerindeki etkisi Şekil 4.5. ile daha rahat izlenebilmektedir.

Tablo 4.3. Farklı çimento içeriklerindeki tarama malzemesinin likit limit, plastik limit su içerikleri ve plastisite indisi değerleri.

Çimento Katkı Oranı (%)	Likit limit Su İçeriği (%)	Plastik limit su içeriği (%)	Plastisite İndisi
0.0	58.03	28.03	30.00
2.5	55.67	30.97	24.70
5	55.21	31.39	23.82
7.5	54.15	33.92	20.23
10	51.90	32.62	19.28
15	50.02	34.81	15.21
20	48.79	34.41	14.38



Şekil 4.4. Çimento içeriğinin körfez tarama malzemesinin likit limit, plastik limit ve plastisite indisi değerlerine etkisi

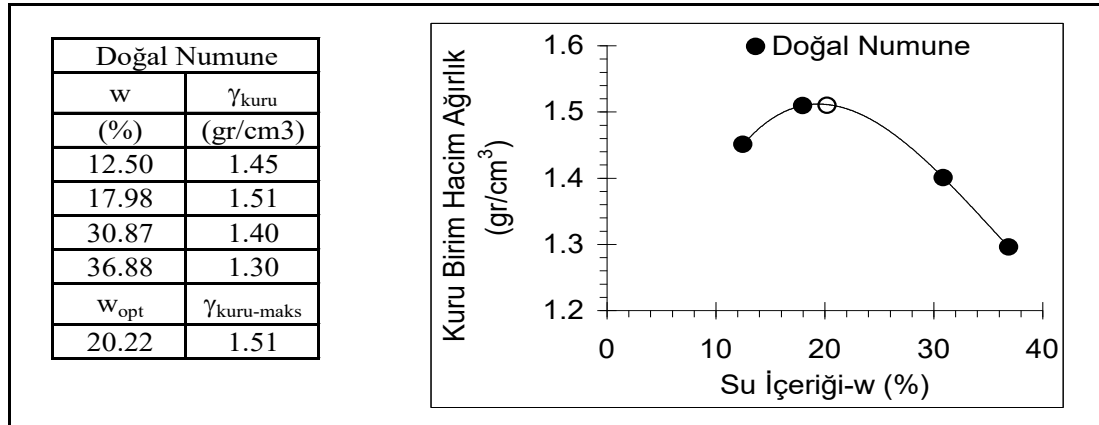


Şekil 4.5. Kireç içeriğinin körfez tarama malzemesinin zemin sınıflandırması üzerinde neden olduğu değişim

4.3. KOMPAKSİYON (PROCTOR) DENEY SONUÇLARI

Kompaksiyon deneylerinin tümü çalışılan tarama malzemesinin dane çapı ve dağılımına uygun olarak 940 cm³ lük mold ve 2.5 kg ağırlığındaki standart tokmak ve mold kullanılarak yapılmıştır. Kompaksiyon numuneleri üç tabaka halinde ve her tabakaya 25 darbe uygulanarak sıkıştırılmıştır. Kompaksiyon numuneleri çimento ve sönmemiş (aktif) kireç için ayrı ayrı hazırlanmış olup her iki katkı malzemesi kuru ağırlığın %0, %2.5, %5, %7.5 %10, %15 ve %20 oranlarında kullanılmıştır.

Kireç ve çimento içerikli test numunelerinin kompaksiyon deneylerine başlanmadan önce ilk doğal malzemenin kompaksiyon eğrisi oluşturulmuş olup doğal malzemenin kompaksiyon grafiği aşağıda Şekil 4.6. ile verilmektedir.

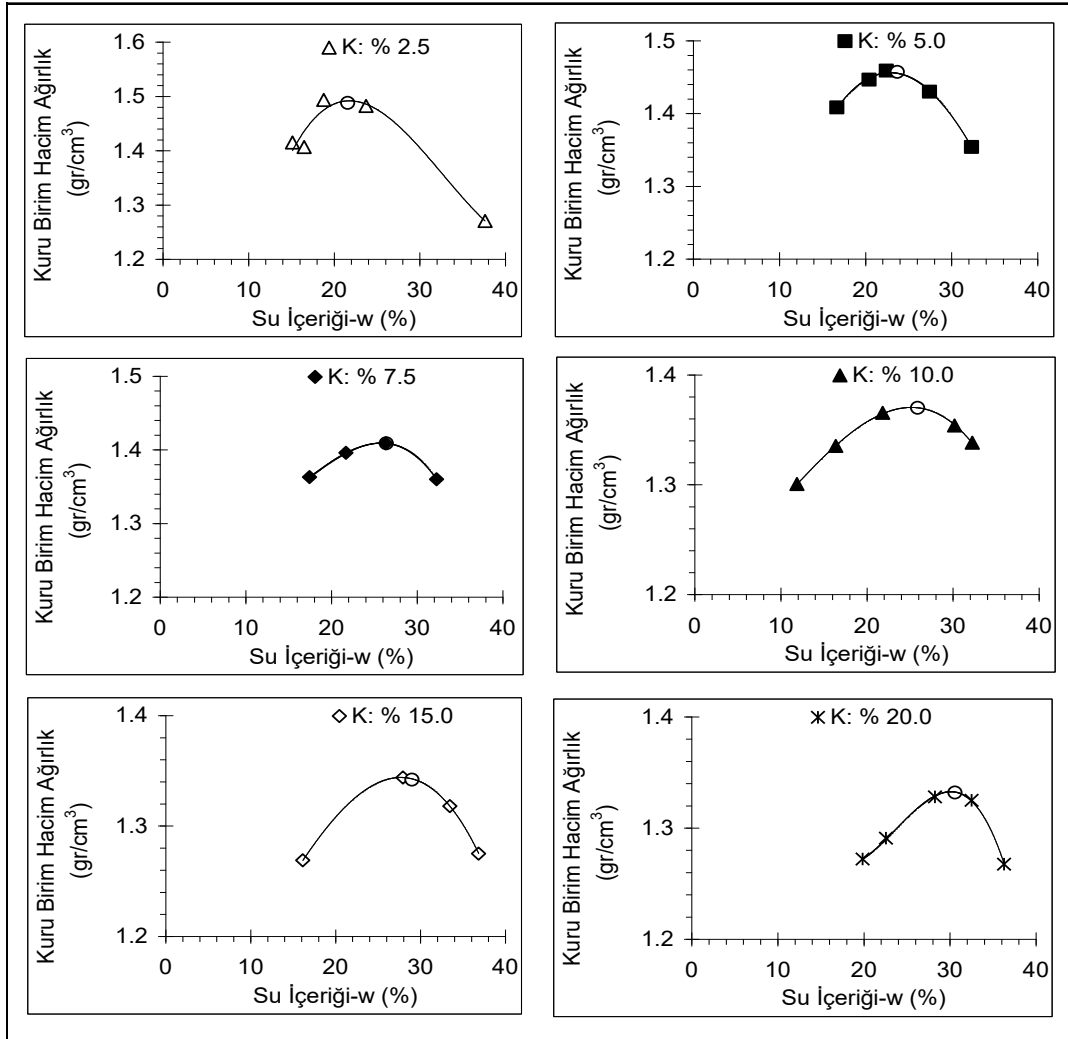


Şekil 4.6. Doğal durumdaki İzmir Körfezi tarama malzemesinin kompaksiyon deney sonuçları

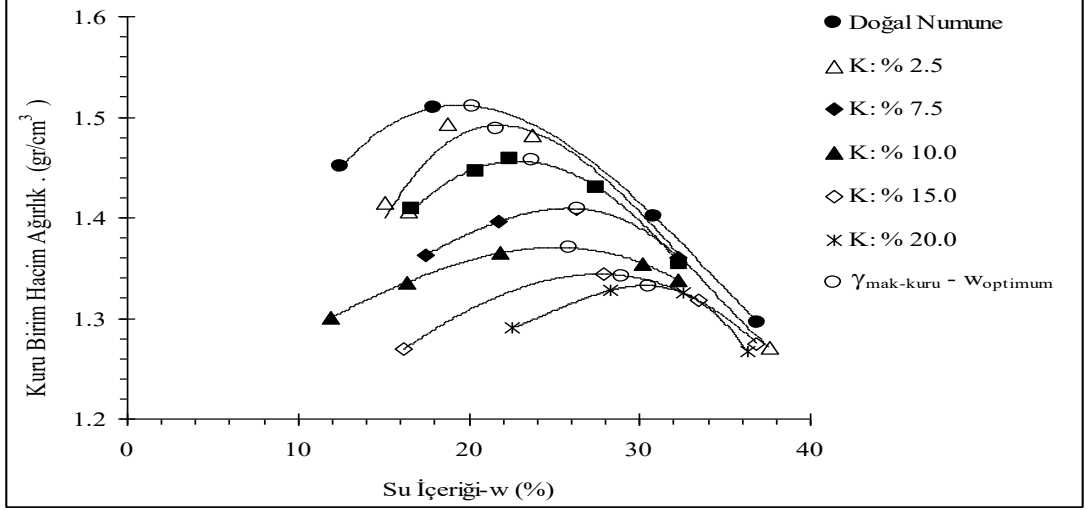
4.3.1. Kireç Katkı Malzemesi Kullanılarak Yapılan Kompaksiyon deney Sonuçları

Körfez tarama malzemesi ile farklı kireç içeriklerinde hazırlanan test numunelerinin kompaksiyon eğrileri Şekil 4.7.'de verildiği gibi elde edilmiştir. Farklı kireç içeriğine sahip test numunelerinin kompaksiyon eğrileri Şekil 4.8.'de görüldüğü gibi kireç içeriği arttıkça sağa ve aşağıya doğru yer değiştirmiştir. Diğer bir değiş ile kireç miktarı arttıkça maksimum kuru birim hacim ağırlık azalmış optimum su içeriği artmıştır. Maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su içeriği değerlerinin kireç içeriği ile değişimi Tablo 4.4.'de verilmektedir. Sönmemiş

kireç katkı malzemesinin körfez bölgesi tarama malzemesinin maksimum kuru birim hacim ağırlık üzerindeki etkisi Şekil 4.9, optimum su içeriği üzerindeki etkisi ise Şekil 4.10.'da gösterildiği gibi bulgulanmıştır. Şekil 4.4 incelendiğinde maksimum kuru birim hacim ağırlık değerinin kireç içeriğindeki artış ile düşüş gösterdiği ancak bu düşüşün yaklaşık %10 kireç içeriğinden sonra azaldığı tespit edilebilir. Kireç katkı malzemesinin kuru birim hacim ağırlık üzerindeki etkisi %10 değerinden sonra tedrici olarak azaldığı deneyler sonucunda tespit edilmiştir.



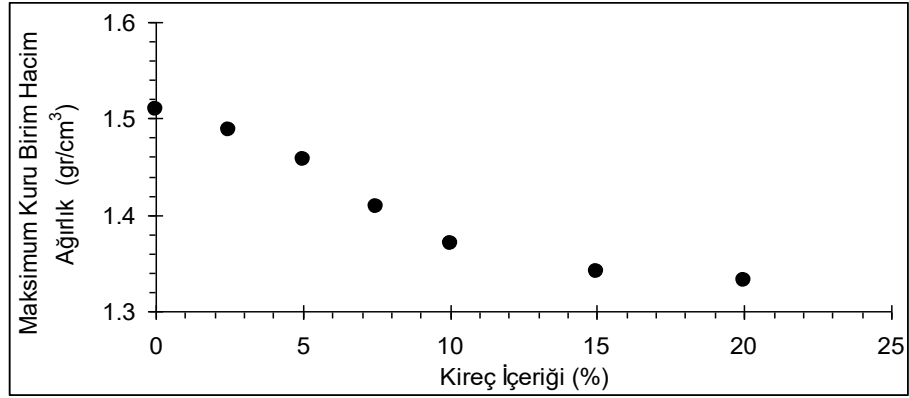
Şekil 4.7. Körfez tarama malzemesinin %2.5, %5, %7.5, %10, %15 ve %20 kireç içerikli numunelerinin kompaksiyon eğrileri (K: kireç içeriği).



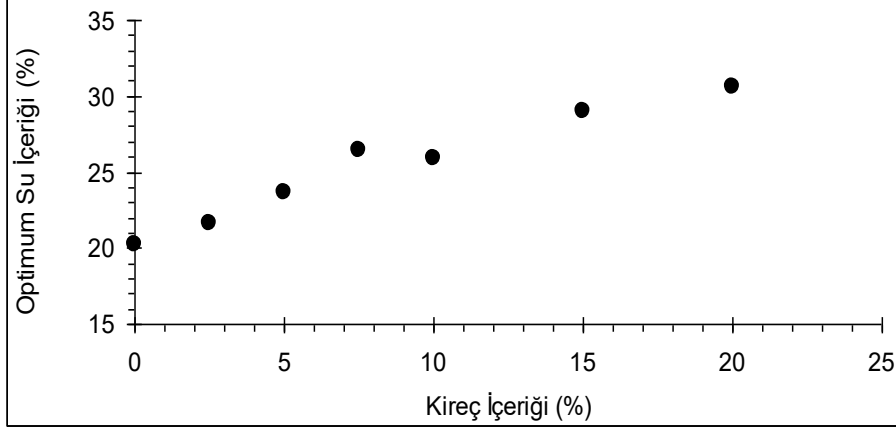
Şekil 4.8. Kireç içeriği ile tarama malzemesinin kompaksiyon eğrilerindeki değişim

Tablo 4.4. Farklı kireç içeriklerindeki tarama malzemesinin optimum su içerikleri ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri

Kireç İçeriği (%) :	0.0	2.5	5.0	7.5	10	15	20
w_{opt} (%) :	20.22	21.60	23.70	26.40	25.90	29.00	30.60
$\gamma_{\text{kuru-mak}}$ (gr/cm^3)	1.51	1.49	1.46	1.41	1.37	1.34	1.33



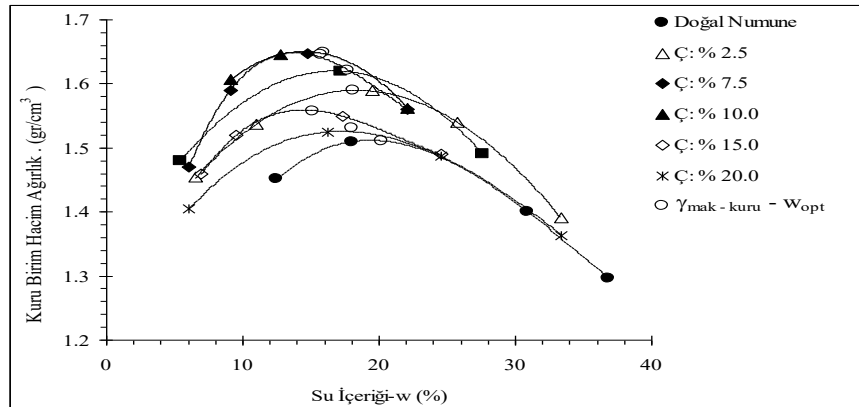
Şekil 4.9. Tarama malzemesinin maksimum kuru birim hacim ağırlığının kireç içeriği ile değişimi



Şekil 4.10. Tarama malzemesinin optimum su içeriğinin kireç içeriği ile değişimi

4.3.2. Çimento Katkı Malzemesi İle Yapılan Kompaksiyon Deney Sonuçları

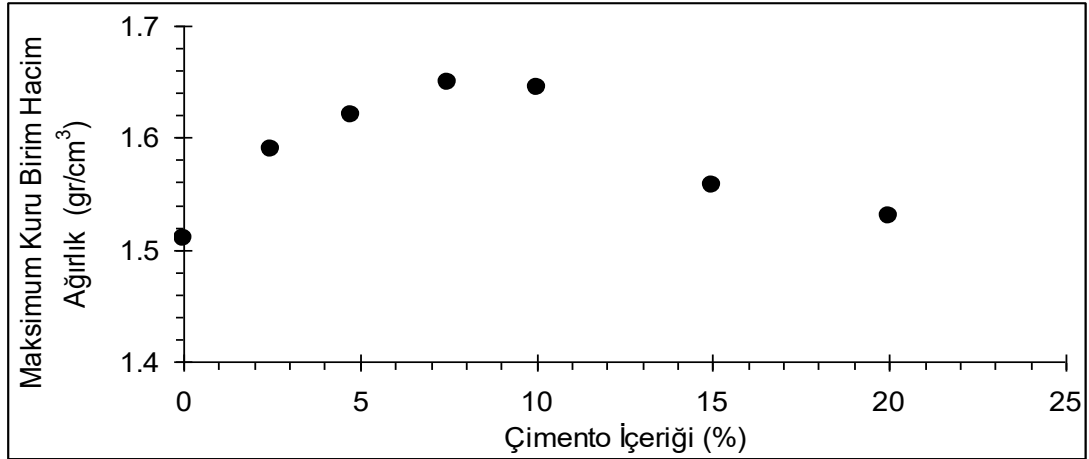
Körfez tarama malzemesi ile farklı çimento içeriklerinde hazırlanmış test numunelerinin kompaksiyon eğrileri aşağıda Şekil 4.11’de verildiği gibi elde edilmiştir. Farklı çimento içeriklerine sahip test numunelerinin kompaksiyon eğrileri Şekil 4.11’dr görüldüğü gibi çimento içeriği arttıkça önce sola ve yukarıya doğru yer değiştirmiş ancak daha sonra belirli bir çimento içeriğinden sonra sağa ve aşağıya doğru hareket etmiştir. Diğer bir değiş ile kireç miktarı arttıkça maksimum kuru birim hacim ağırlık artmış optimum su içeriği azalmıştır. Ancak bu durumun yaklaşık %10 çimento içeriğinden sonra tersine döndüğü maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su içeriği değerlerinin çimento içeriği ile değişimini veren Şekil 4.12 ve Şekil 4.13 grafiklerinin incelenmesinden anlaşılmaktadır. Farklı çimento içeriğindeki tarama malzemesinin maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su içeriği değerleri Tablo 4.5 ile verilmiştir.



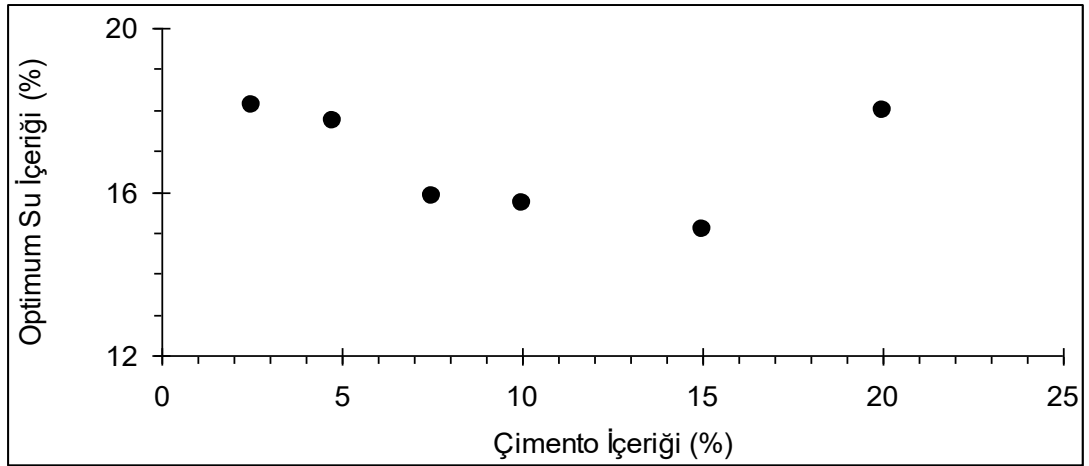
Şekil 4.11. Çimento içeriği ile tarama malzemesinin kompaksiyon eğrilerindeki değişim

Tablo 4.5. Farklı çimento içeriklerindeki tarama malzemesinin optimum su içerikleri ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri

Çimento İçeriği (%) :	0.0	2.5	4.8	7.5	10	15	20
w_{opt} (%) :	20.22	18.10	17.75	15.90	15.73	15.10	18.00
$\gamma_{kuru-mak}$ (gr/cm ³) :	1.51	1.59	1.62	1.65	1.65	1.56	1.53



Şekil 4.12. Tarama malzemesinin maksimum kuru birim hacim ağırlığının çimento içeriği ile değişimi

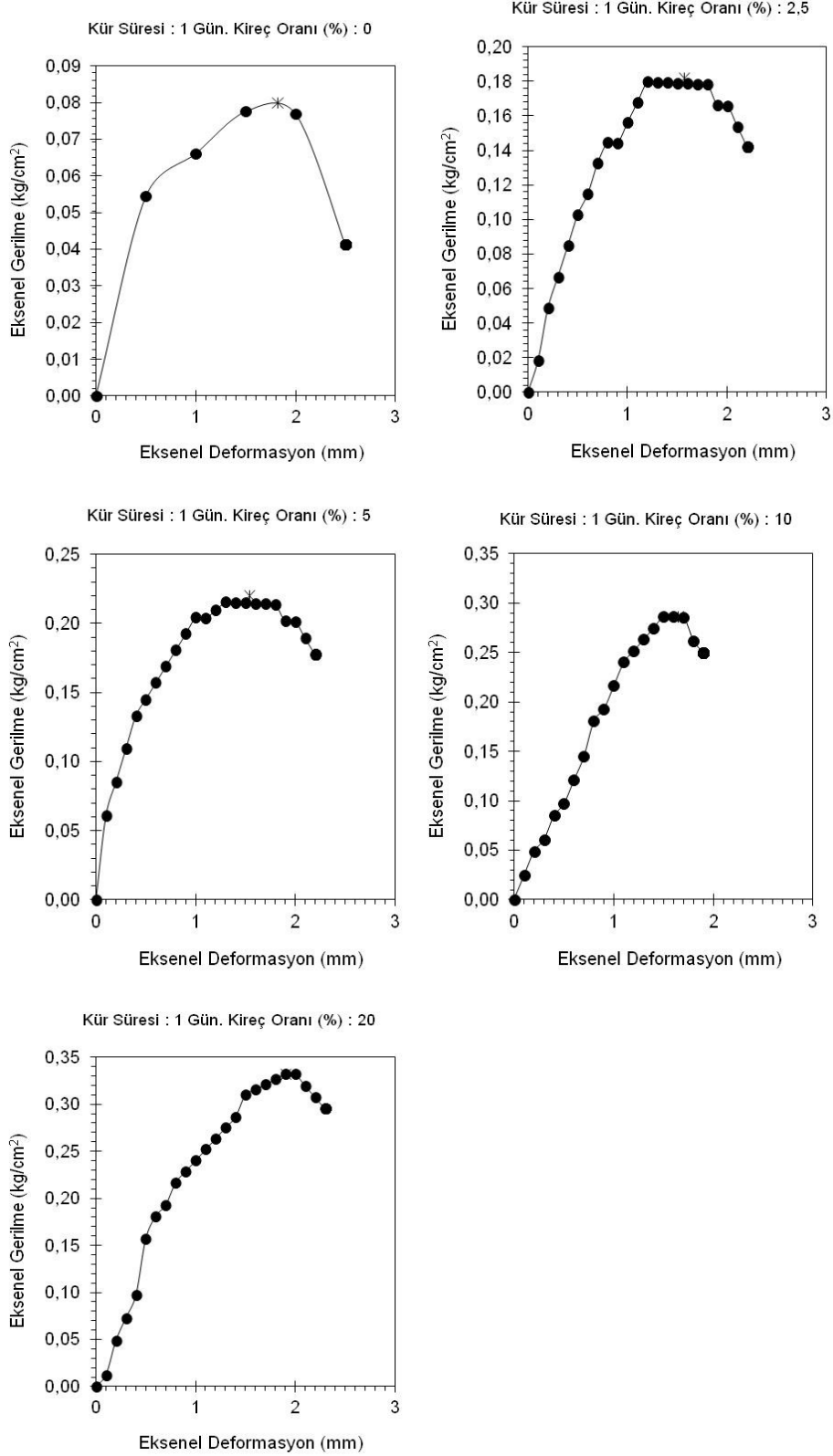


Şekil 4.13. Tarama malzemesinin optimum su içeriğinin çimento içeriği ile değişimi

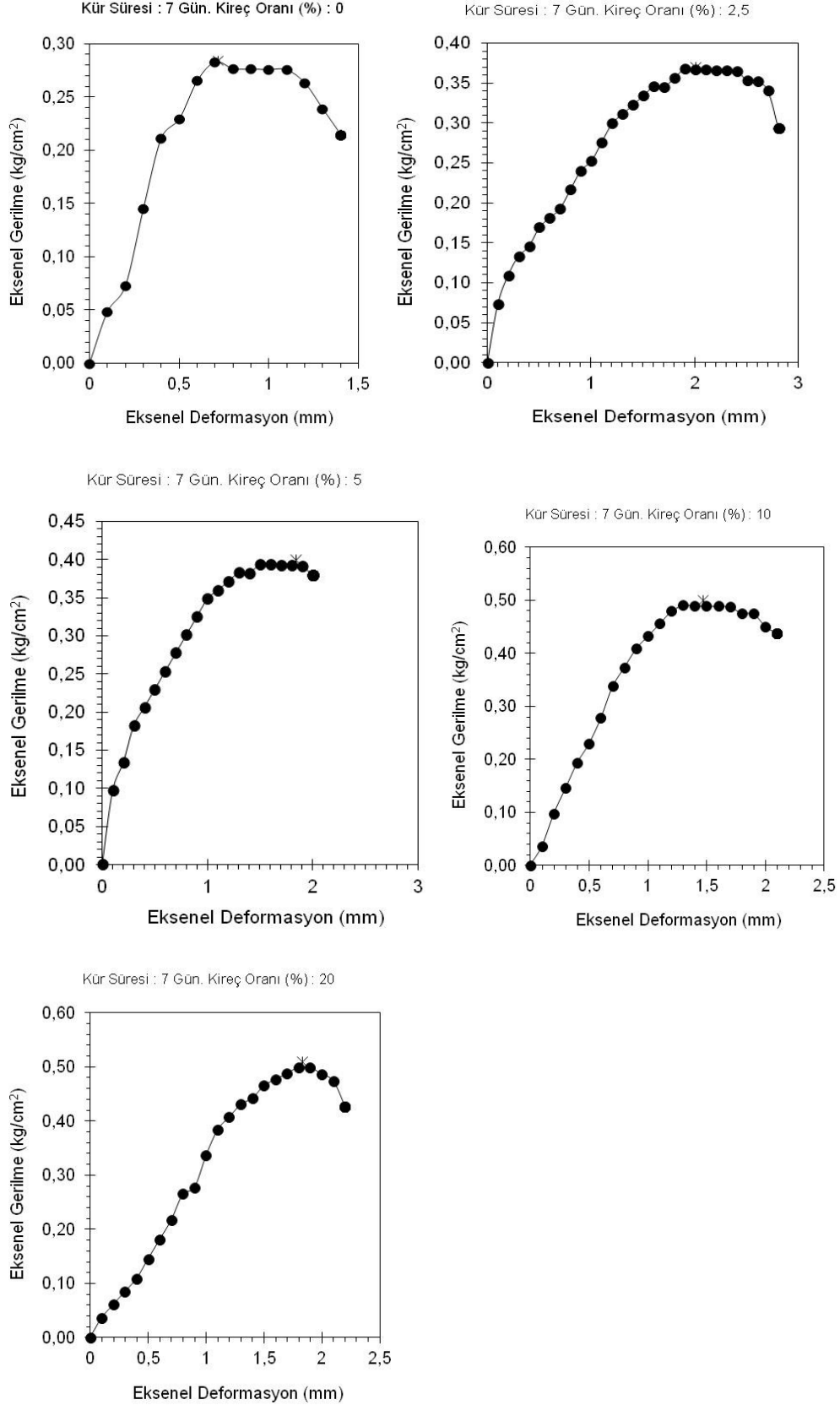
4.4. Serbest Basınç Deneyleri

Serbest basınç deneyleri %0, %2.5, %5, %10, %20 kireç ve çimento içeriklerinde hazırlanan ve 3.8 cm çapında ve 7.6 cm yüksekliğinde numuneler üzerinde yapılmıştır. Numuneler minyatür Proktor kalıbı kullanılarak kompaksiyon deneylerinden elde edilen maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su içeriğinde hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler deneye tabi tutulmadan önce 1 gün, 7 gün, 28 gün süre ile kapalı bir ortamda su dolu bir kap ile birlikte bekletilerek kür edilmiştir.

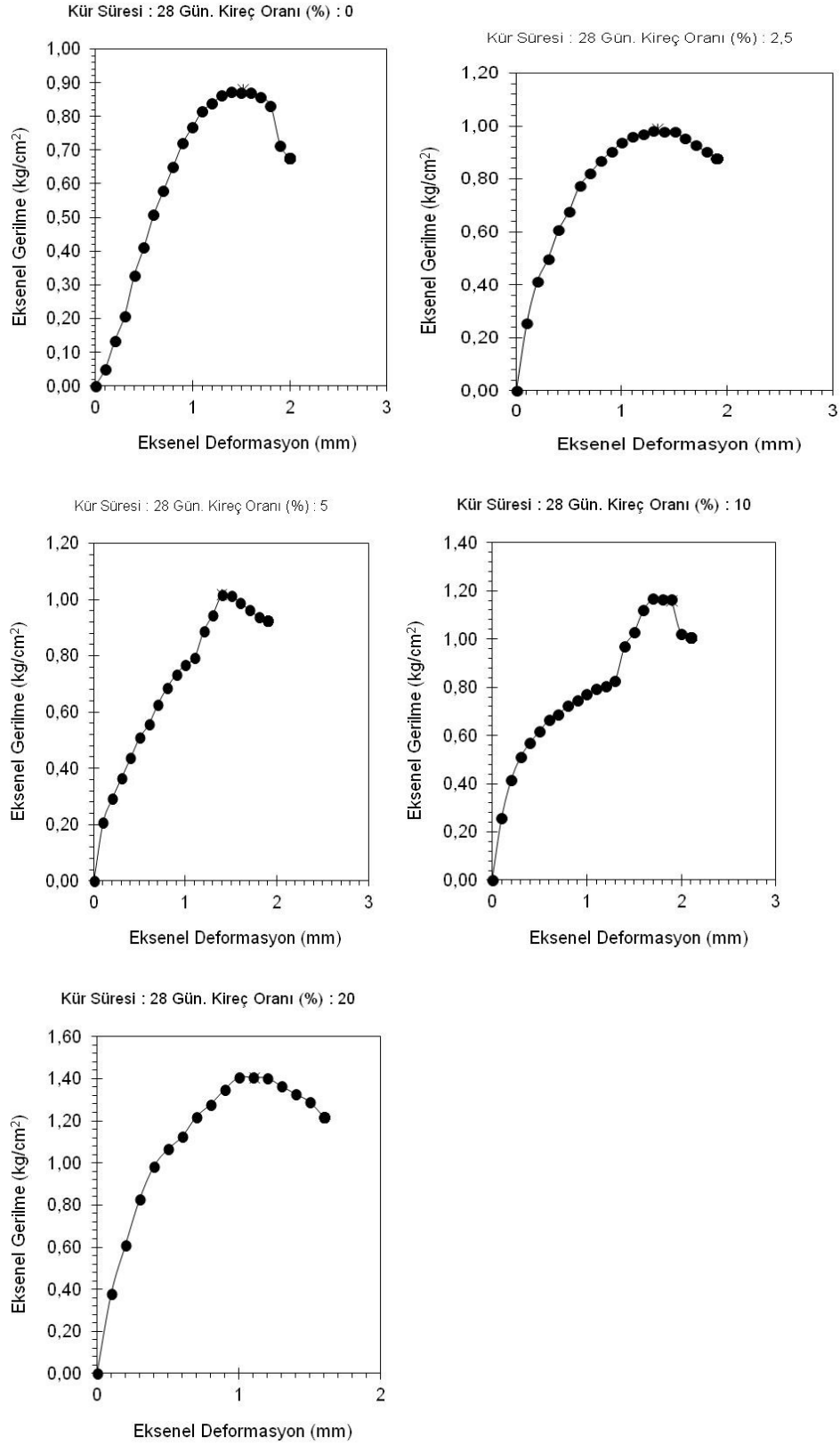
Kireç katkılı 1 günlük, 7 günlük, 28 günlük kür sürelerine sahip numunelerin serbest basınç deneylerine ait eksenel gerilme – eksenel deformasyon sonuçları sırasıyla Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’de verilmiştir. Benzer şekilde 1 gün, 7 gün, 28 gün kür süreli çimento katkılı numunelerin deney sonuçları ise sırasıyla Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19’de verilmiştir.



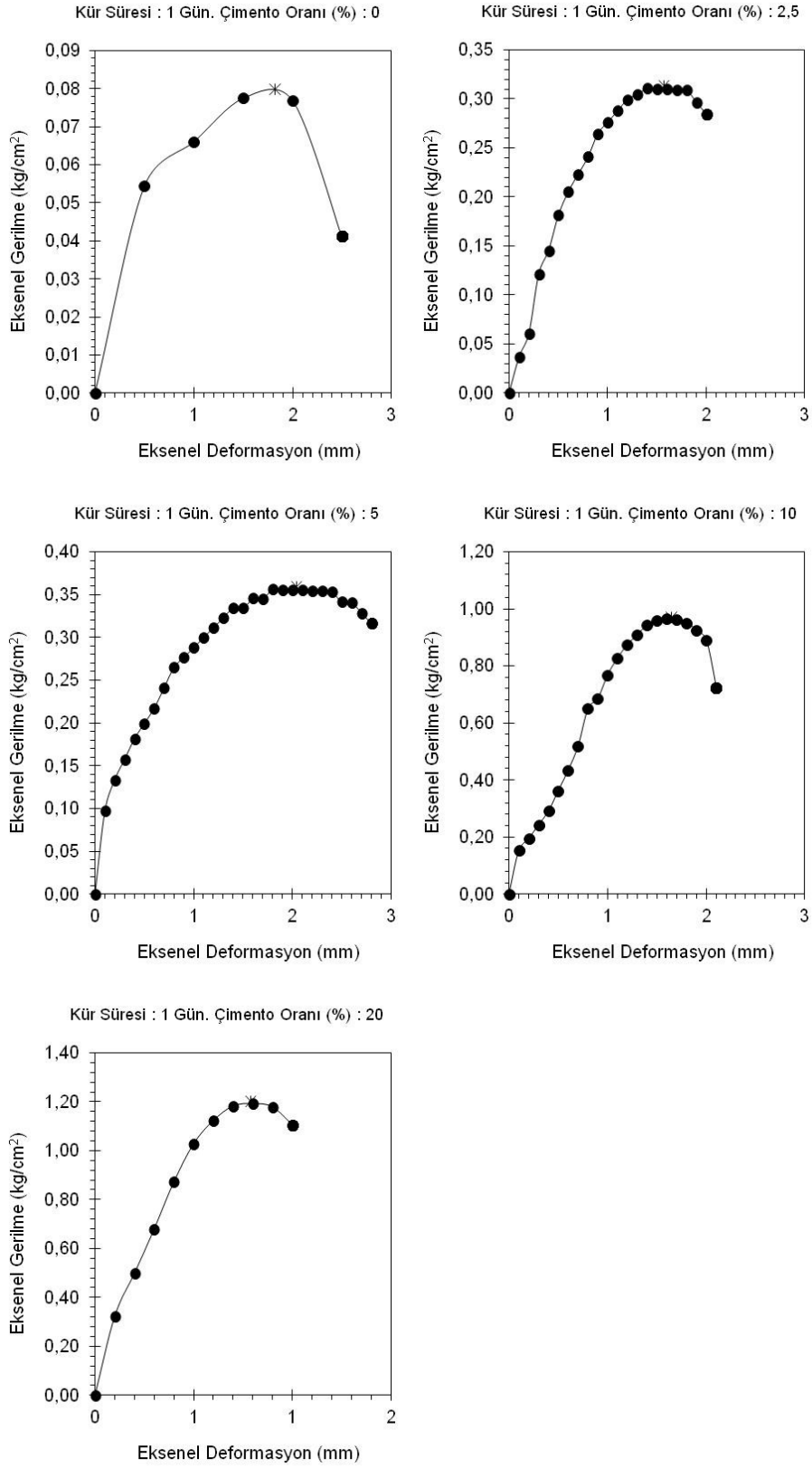
Şekil 4.14. Sönmemiş kireç içerikli numunelerin 1 günlük kür sonrasında serbest basınç dayanımı grafikleri



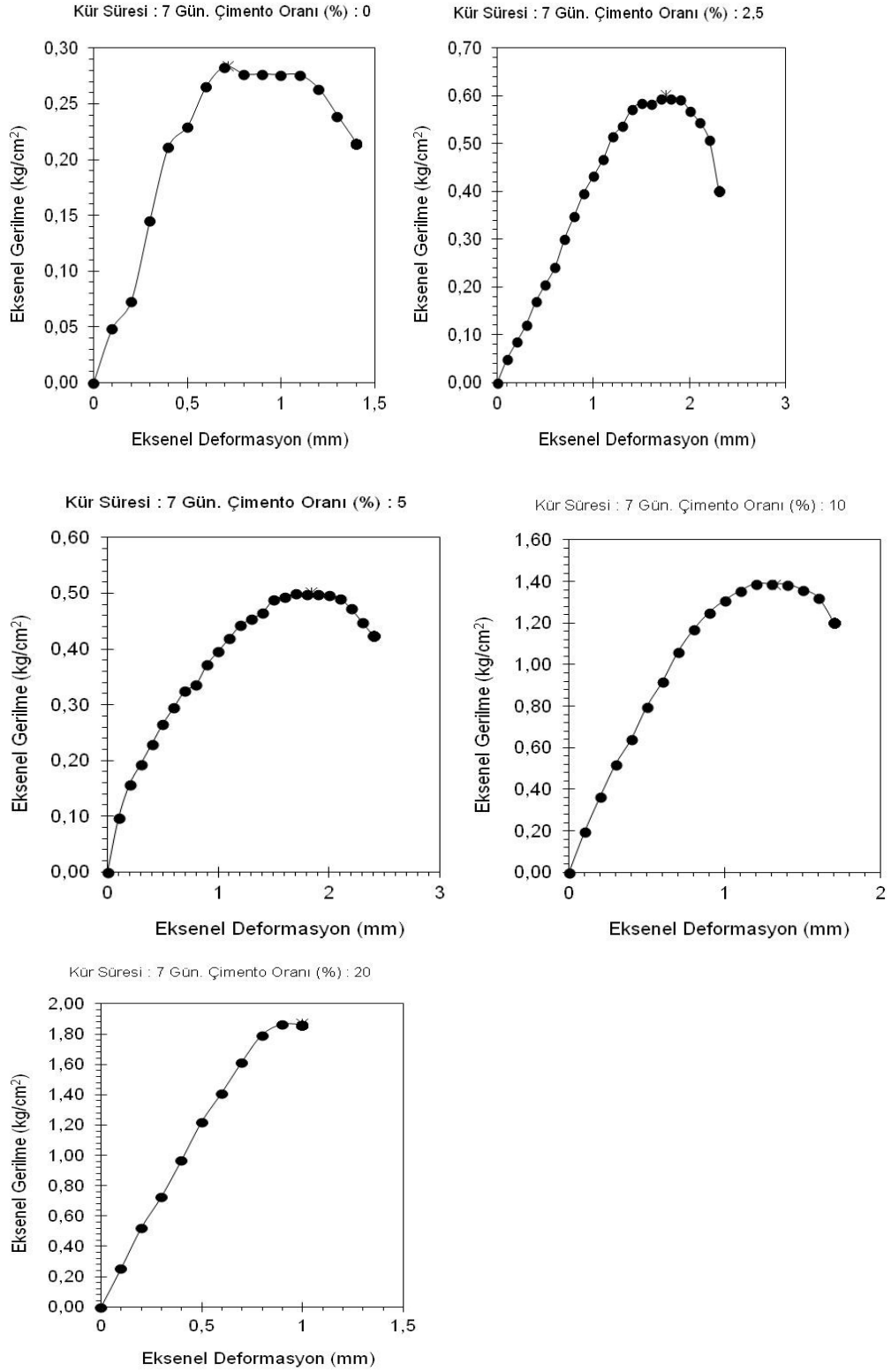
Şekil 4.15. Sönmemiş kireç içerikli numunelerin 7 günlük kür sonrasında serbest basınç dayanımı grafikleri



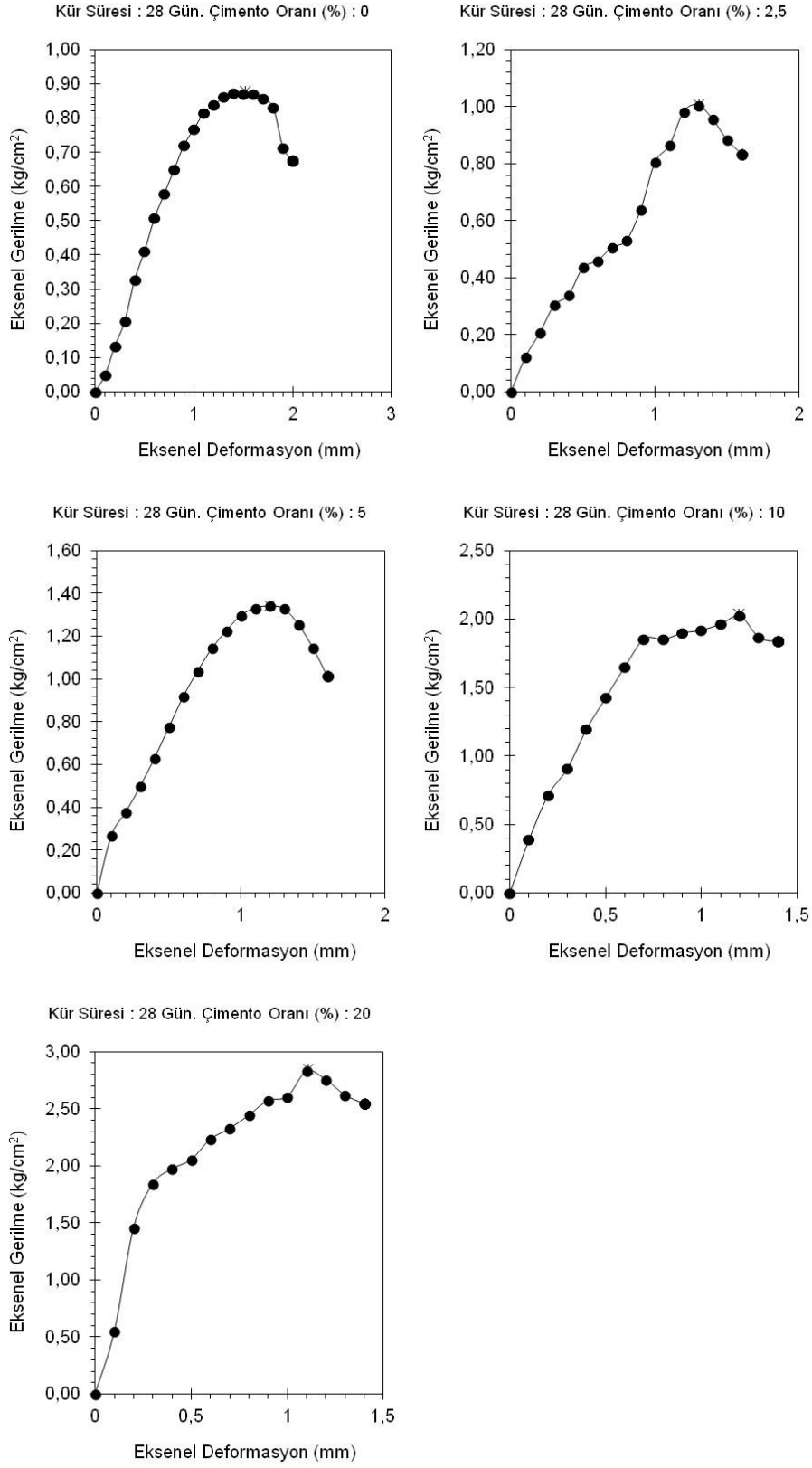
Şekil 4.16. Sönmemiş kireç içerikli numunelerin 28 günlük kür sonrasında serbest basınç dayanımı grafikleri



Şekil 4.17. Çimento içerikli numunelerin 1 günlük kür sonrasında serbest basınç dayanımı grafikleri



Şekil 4.18. Çimento içerikli numunelerin 7 günlük kür sonrasında serbest basınç dayanımı grafikleri

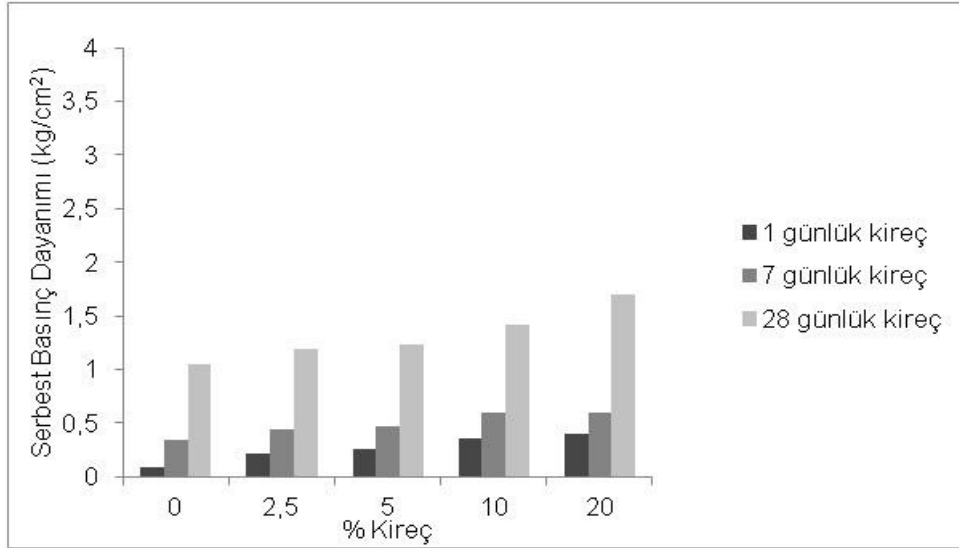


Şekil 4.19. Çimento içerikli numunelerin 28 günlük kür sonrasında serbest basınç dayanımı grafikleri

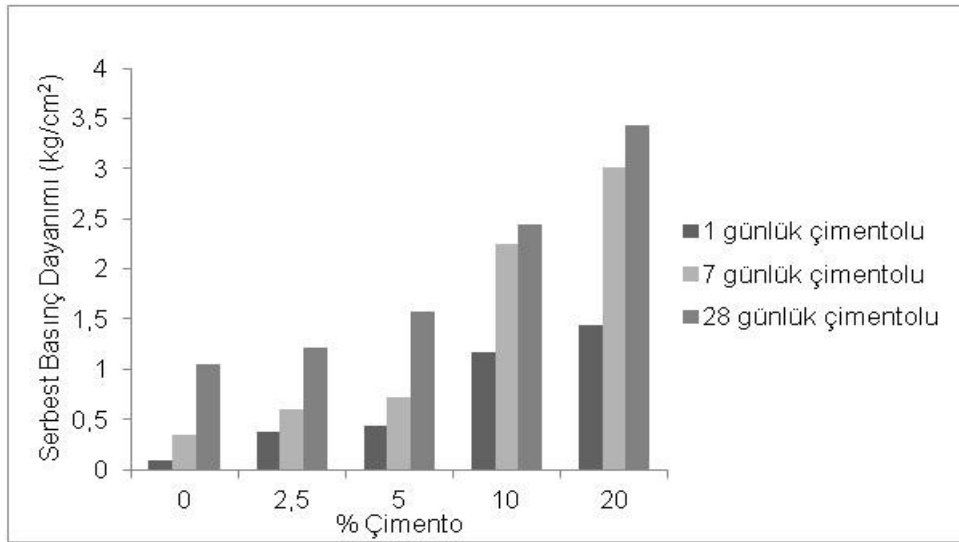
Körfez bölgesi tarama malzemesi kullanılarak hazırlanan numunelerinin sabit kür süreleri altında serbest basınç dayanımları kireç ve çimento katkı malzemelerinin her ikisinin içeriklerindeki artış ile artış göstermiştir. Benzer özellikteki numuneler göz önüne alındığında kür süresi arttıkça numunelerin serbest basınç dayanımları da artmıştır. Hem kür süresi hem de katkı malzemelerinin oranlarındaki artış numunelerin serbest basınç dayanımlarında artışa neden olmuştur. Serbest basınç dayanımındaki bu artışlar aşağıda Tablo 4.6. ile verilen serbest basınç değerleri ve Şekil 4.20. ve 4.21. yardımı ile daha açık olarak anlaşılabilmektedir.

Tablo 4.6. Farklı kireç ve çimento içeriklerindeki körfez bölgesi tarama malzemesi numunelerinin 1 günlük, 7 günlük, 28 günlük kür süreleri sonundaki serbest basınç dayanım değerleri

	Kür Süresi (Gün)					
	1		7		28	
Kireç İçeriği	q_u	ε	q_u	ε	q_u	ε
(%)	(kgcm^2)	(%)	(kgcm^2)	(%)	(kgcm^2)	(%)
0.0	0.08	2.39	0.28	0.94	0.88	2.00
2.5	0.18	2.05	0.60	2.30	1.00	1.76
5.0	0.22	2.03	0.50	2.42	1.35	1.57
10.0	0.29	2.17	0.50	1.93	1.19	2.27
20.0	0.33	2.50	0.51	2.41	1.41	1.46
	Kür Süresi (Gün)					
	1		7		28	
Çimento İçeriği	q_u	ε	q_u	ε	q_u	ε
(%)	(kgcm^2)	(%)	(kgcm^2)	(%)	(kgcm^2)	(%)
0.0	0.08	2.39	0.28	0.94	0.88	2.00
2.5	0.31	2.05	0.60	2.30	1.01	1.72
5.0	0.36	2.68	0.50	2.42	1.35	1.57
10.0	0.00	0.00	1.88	1.32	2.04	1.57
20.0	1.20	1.04	1.39	1.74	2.85	1.46

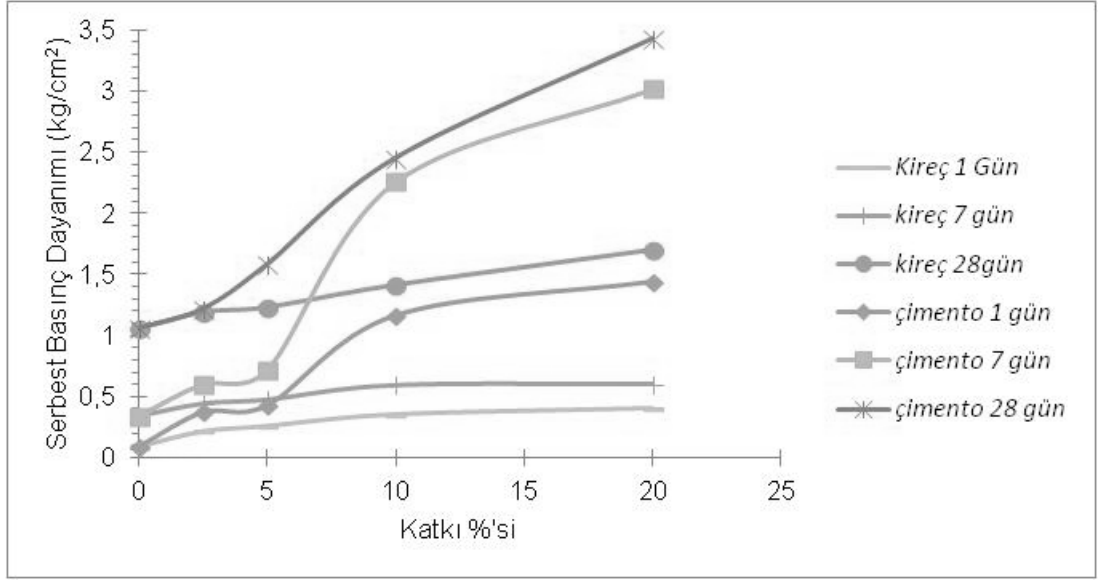


Şekil 4.20. Kireç içeriğinin ve kür süresinin serbest basınç dayanımı üzerindeki etkisi



Şekil 4.21. Çimento içeriğinin ve kür süresinin serbest basınç dayanımı üzerindeki etkisi

Kireç ve çimento katkı malzemelerinin serbest basınç deneyleri karşılaştırıldığında eşit kür süreleri için çimento katkı malzemesi 4.22.'de görüldüğü gibi serbest basınç dayanımını kireç katkı malzemesine oranla bir miktar daha fazla artırdığı gözlenmektedir.



Şekil 4.22. Katkı oranı ve kür süresine bağlı serbest basınç dayanımı değişimi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Denizel ortamda çökelmiş zeminlerin özelliklerinin iyileştirilmesi amacı ile %2.5, %5, %7.5 %10, %15 ve %20 oranlarında çimento ve sönmemiş kireç katkı malzemeleri kullanılarak yapılan deneysel çalışma sonucunda

- Körfez bölgesi tarama malzemesinin plastik limit, likit limit su içerikleri ve plastisite indisleri, kireç içeriğindeki artış ile birlikte düşmüştür. Su içeriklerindeki bu düşüş ağırlıkça %10 kireç içeriğine kadar devam etmiş daha sonra bu düşüş durmuştur.
- Çimento katkı malzemesi likit limit ve plastik limit değerlerinde düşüşe neden olmuş ancak likit limitte sebep olduğu düşüş plastik limitte sebep olduğu düşüşten daha fazla gerçekleşmiştir. Bunun sonucunda malzemenin plastisite indisinde artış gözlenmiştir.
- Körfez bölgesi tarama malzemesinin yüksek plastisiteli kil olan zemin tanımının, düşük plastisiteli silt (ML) olarak değişmesi için %5 oranındaki kireç miktarı yeterli olmuştur. Benzer şekilde %2.5 oranındaki çimento miktarı malzemenin tanımını yüksek plastisiteli silt olarak değiştirmeye yeterli olmuştur. %20 oranında çimento içeren körfez bölgesi tarama malzemesinin zemin sınıfı düşük plastisiteli silt (ML) olarak gerçekleşmiştir.
- Kireç ve çimento katkı malzemelerinin her ikisi de likit limit ve plastik limit su içeriklerinde düşüşe neden olmuş ancak çimento katkı malzemesi kirece nazaran daha fazla düşüş sağlamıştır.
- Sönmemiş kireç katkılı numuneler üzerinde yapılan kompaksiyon deneyleri neticesinde kireç içeriğindeki artış optimum su içeriğinde artışa, maksimum kuru birim hacim ağırlık değerinde düşüşe neden olmuştur.

- Çimento katkılı körfez tarama malzemesi numuneleri üzerinde yapılan kompaksiyon deneylerinde, çimento içeriği arttıkça başlangıçta optimum su içeriği düşmüş, maksimum kuru birim hacim ağırlık artmıştır. Çimento içeriğinin %10 oranını geçmesinden sonra davranış tersine dönmüştür.
- Çimento ile yapılan kompaksiyon deneylerinde en yüksek kuru birim hacim ağırlık ve en düşük optimum su içeriği değerleri yaklaşık %10 civarındaki çimento oranında elde edilmiştir.
- Kireç ve çimento katkı malzemeleri körfez bölgesi tarama malzemesinin serbest basınç dayanımlarını önemli oranda ve misli ile arttırmıştır.
- Kireç ve çimento katkı malzemelerinin serbest basınç dayanımında sağlamış olduğu iyileştirme kür süresi ile birlikte artmıştır. Kürlenme süresi körfez malzemesinin iyileştirilmesinde olumlu etki göstermiştir.
- Çimento katkı malzemesinin serbest basınç dayanımı üzerinde sağlamış olduğu iyileştirme kireç katkı malzemesine oranla daha yüksek olarak gerçekleşmiştir.

Sönmemiş kirecin suyla girdiği tepkimeden açığa çıkan yüksek miktardaki ısı uygulamada zorluk çıkarabilmektedir. Ayrıca çimento kireç katkı malzemesine nazaran dip malzemesinin özelliklerini nispeten daha iyi seviyelere çıkarmaktadır. Deneysel çalışmaların sonucunda, kireç ve çimento katkı malzemelerinin her ikisi de körfez bölgesi tarama malzemesinin özelliklerinde geoteknik mühendisliği açısından önemli oranda iyileştirme sağlamıştır.

Gelecekteki çalışmalar açısından permeabilite, şişme-büzülme deneyleri, konsolidasyon, CBR ve üç eksenli basınç deneyleri yapılarak sönmemiş kireç ve çimento katkılı tarama malzemesi hakkında daha geniş araştırmalar yapılabilir. Ayrıca, uçucu kül, bitüm, fırın cürufu, mermer kırığı vb. katkı malzemeleri de kullanılarak, tarama malzemesinin iyileşme oranlarında kıyaslama yapılabilir.

KAYNAKÇA

AASHTO ‘‘Standard Specifications for Transportation Materials’’ Part 1,1978

Akman M. S., Yapı Malzemeleri, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1987, 161 s.

ASTM D2487 Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

B. Baradan, Yapı Malzemesi II, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 2009, 219 s.

Das M. B., Principles of Geotechnical Engineering (5th. Edition), Thomson-Engineering, Canada, 2006, 589 s.

Demiröz A., Karaduman M., Zemin İyileştirme Metotları, Selçuk Üniversitesi Teknik Online Dergi Cilt 8, Sayı: 3-2009, 176-192

Holtz R. D., Kovacs W. D., Geoteknik Mühendisliğine Giriş, (Çeviri: Kamil Kayabalı), Gazi Kitabevi, 2010, 619 s.

Kılıç G., Çimento ile Zemin Stabilizasyonu, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2008, 102s., Yüksek Lisans Tezi

Önalp A.-Arel E., Geoteknik Bilgisi I Zeminler ve Mekaniği, Birsan Yayınevi, 2013, 457 s.

Özaydın K., Zeminlerin İyileştirilmesi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 14. Ulusal Kongresi 4-5 Ekim 2012, 55 s.

T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü ‘‘Geoteknik Tasarım Esasları’’, Ankara, 2007, 168 s.

TS 1500/2000 İnşaat Mühendisliğinde Zemin Sınıflandırma Sistemi

Uzuner B. A., Temel Mühendisliğine Giriş, Derya Kitabevi, 2006, 299 s.

Zorluer İ., Usta M., Zeminlerin Atık Mermer Tozu ile İyileştirilmesi, Türkiye IV.Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı 18-19 Aralık 2003, 305-311

EKLER**EK1 - HİDROMETRE DENEYİ**

$P = [(100000/W) * G / (G - G_1)] (R - G_1)$					$D = K * \text{SQRT}(L/T)$		
Zaman (sn)	Hidrometre Okuması	R	Düz. Hid.Okum ası	P	L	K	D
0.25	1.0275	0.003	1.03099	104.4	8.101	0.015	0.085
0.5	1.027	0.003	1.03049	102.7	8.233	0.015	0.061
1	1.0255	0.003	1.02899	97.73	8.630	0.015	0.044
2	1.0234	0.003	1.02689	90.65	9.186	0.015	0.032
5	1.0218	0.003	1.02529	85.26	9.609	0.015	0.020
10	1.0203	0.003	1.02379	80.20	10.00	0.015	0.015
15	1.02	0.003	1.02346	79.09	10.09	0.015	0.012
30	1.0185	0.003	1.0219	73.83	10.50	0.014	0.008
60	1.0172	0.003	1.02057	69.35	10.85	0.014	0.006
120	1.0153	0.003	1.01861	62.742	11.376	0.0149	0.0046
180	1.015	0.003	1.01831	61.73	11.456	0.0149	0.0037
240	1.0147	0.003	1.01804	60.82	11.52	0.014	0.003
300	1.0133	0.003	1.0167	56.302	11.882	0.0149	0.0029
1440	1.0038	0.003	1.00705	23.768	14.434	0.0149	0.0014

EK2 - ORGANİK MADDE TAYİNİ

	105 °C Etüvde		440 °C Etüvde		
Kap Ağırlığı(gr.)	Kap+Yaş (gr.)	Kap+Kuru (gr.)	Kap+Kuru (gr.)	Organik Madde Ağırlığı	Organik Madde %' si
378	996,4	725,94	696,06	29,88	8,58

EK3 – Serbest Basınç Deneyleri

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	Katkısız Numune/1 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5243,5	0	0	11,34115	0	0
50	5239	0,5	0,006579	11,41626	0,7515	0,065827
100	5238	1	0,013158	11,49236	0,9185	0,079923
150	5237	1,5	0,019737	11,56949	1,0855	0,093824
200	5237	2	0,026316	11,64767	1,0855	0,093195
250	5240	2,5	0,032895	11,7269	0,5845	0,049843
350	5243	3,5	0,046053	11,88865	0,0835	0,007024

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%2.5 Çimento/1 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5350	0	0	11,34115	0	0
10	5347	0,1	0,131579	11,35609	0,501	0,044117
20	5345	0,2	0,263158	11,37107	0,835	0,073432
30	5340	0,3	0,394737	11,38609	1,67	0,14667
40	5338	0,4	0,526316	11,40116	2,004	0,175772
50	5335	0,5	0,657895	11,41626	2,505	0,219424
60	5333	0,6	0,789474	11,4314	2,839	0,248351
70	5331,5	0,7	0,921053	11,44658	3,0895	0,269906
80	5330	0,8	1,052632	11,4618	3,34	0,291403
90	5328	0,9	1,184211	11,47706	3,674	0,320117
100	5327	1	1,315789	11,49236	3,841	0,334222
110	5326	1,1	1,447368	11,50771	4,008	0,348288
120	5325	1,2	1,578947	11,52309	4,175	0,362316
130	5324,5	1,3	1,710526	11,53852	4,2585	0,369068
140	5324	1,4	1,842105	11,55399	4,342	0,375801
150	5324	1,5	1,973684	11,56949	4,342	0,375297
160	5324	1,6	2,105263	11,58505	4,342	0,374794
170	5324	1,7	2,236842	11,60064	4,342	0,37429
180	5324	1,8	2,368421	11,61627	4,342	0,373786

190	5325	1,9	2,5	11,63195	4,175	0,358925
200	5326	2	2,631579	11,64767	4,008	0,344103

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%5 Çimento/1 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5255	0	0	11,34115	0	0
10	5247	0,1	0,131579	11,35609	1,336	0,117646
20	5244	0,2	0,263158	11,37107	1,837	0,16155
30	5242	0,3	0,394737	11,38609	2,171	0,190671
40	5240	0,4	0,526316	11,40116	2,505	0,219715
50	5238,5	0,5	0,657895	11,41626	2,7555	0,241366
60	5237	0,6	0,789474	11,4314	3,006	0,26296
70	5235	0,7	0,921053	11,44658	3,34	0,29179
80	5233	0,8	1,052632	11,4618	3,674	0,320543
90	5232	0,9	1,184211	11,47706	3,841	0,334668
100	5231	1	1,315789	11,49236	4,008	0,348753
110	5230	1,1	1,447368	11,50771	4,175	0,3628
120	5229	1,2	1,578947	11,52309	4,342	0,376809
130	5228	1,3	1,710526	11,53852	4,509	0,390778

140	5227	1,4	1,842105	11,55399	4,676	0,404709
150	5227	1,5	1,973684	11,56949	4,676	0,404166
160	5226	1,6	2,105263	11,58505	4,843	0,418039
170	5226	1,7	2,236842	11,60064	4,843	0,417477
180	5225	1,8	2,368421	11,61627	5,01	0,431292
190	5225	1,9	2,5	11,63195	5,01	0,43071
200	5225	2	2,631579	11,64767	5,01	0,430129
210	5225	2,1	2,763158	11,66343	5,01	0,429548
220	5225	2,2	2,894737	11,67923	5,01	0,428967
230	5225	2,3	3,026316	11,69508	5,01	0,428385
240	5225	2,4	3,157895	11,71097	5,01	0,427804
250	5226	2,5	3,289474	11,7269	4,843	0,412982
260	5226	2,6	3,421053	11,74288	4,843	0,41242
270	5227	2,7	3,552632	11,7589	4,676	0,397656
280	5228	2,8	3,684211	11,77496	4,509	0,382931

Deformasyon Diali Katsayısı		0.01 mm		Numune Boyu(mm)		76
Yük Diali Katsayısı		0.167 kg		Numune Çapı(mm)		38
Numune Tipi/Kür Süresi		%10 Çimento/1 Gün		Numune Alanı(cm²)		11.34
Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5257	0	0	11,34115	0	0
10	5244,5	0,1	0,131579	11,35609	2,0875	0,183822
20	5241	0,2	0,263158	11,37107	2,672	0,234982
30	5237	0,3	0,394737	11,38609	3,34	0,29334
40	5233	0,4	0,526316	11,40116	4,008	0,351543
50	5227	0,5	0,657895	11,41626	5,01	0,438848
60	5221	0,6	0,789474	11,4314	6,012	0,52592
70	5214	0,7	0,921053	11,44658	7,181	0,627349
80	5203	0,8	1,052632	11,4618	9,018	0,786787
90	5200	0,9	1,184211	11,47706	9,519	0,829393
100	5193	1	1,315789	11,49236	10,688	0,930009
110	5188	1,1	1,447368	11,50771	11,523	1,001329
120	5184	1,2	1,578947	11,52309	12,191	1,057962
130	5181	1,3	1,710526	11,53852	12,692	1,099968
140	5178	1,4	1,842105	11,55399	13,193	1,141857
150	5176,5	1,5	1,973684	11,56949	13,4435	1,161978
160	5176	1,6	2,105263	11,58505	13,527	1,167626
170	5176	1,7	2,236842	11,60064	13,527	1,166057
180	5177	1,8	2,368421	11,61627	13,36	1,150111
190	5179	1,9	2,5	11,63195	13,026	1,119847

200	5182	2	2,631579	11,64767	12,525	1,075323
210	5196	2,1	2,763158	11,66343	10,187	0,873414

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%20 Çimento/1 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5256	0	0	11,34115	0	0
10	5229,5	0,1	0,131579	11,35609	4,4255	0,389703
20	5215	0,2	0,263158	11,37107	6,847	0,602142
30	5200	0,3	0,394737	11,38609	9,352	0,821353
40	5184	0,4	0,526316	11,40116	12,024	1,05463
50	5171	0,5	0,657895	11,41626	14,195	1,243402
60	5163	0,6	0,789474	11,4314	15,531	1,358627
70	5158	0,7	0,921053	11,44658	16,366	1,429772
80	5157	0,8	1,052632	11,4618	16,533	1,442444
90	5158	0,9	1,184211	11,47706	16,366	1,425975
100	5164	1	1,315789	11,49236	15,364	1,336888

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%2,5 Kireç/1 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5350	0	0	11,34115	0	0
10	5348,5	0,1	0,131579	11,35609	0,2505	0,022059
20	5346	0,2	0,263158	11,37107	0,668	0,058746
30	5344,5	0,3	0,394737	11,38609	0,9185	0,080669
40	5343	0,4	0,526316	11,40116	1,169	0,102533
50	5341,5	0,5	0,657895	11,41626	1,4195	0,12434
60	5340,5	0,6	0,789474	11,4314	1,5865	0,138784
70	5339	0,7	0,921053	11,44658	1,837	0,160485
80	5338	0,8	1,052632	11,4618	2,004	0,174842
90	5338	0,9	1,184211	11,47706	2,004	0,174609
100	5337	1	1,315789	11,49236	2,171	0,188908
110	5336	1,1	1,447368	11,50771	2,338	0,203168
120	5335	1,2	1,578947	11,52309	2,505	0,21739
130	5335	1,3	1,710526	11,53852	2,505	0,217099
140	5335	1,4	1,842105	11,55399	2,505	0,216808
150	5335	1,5	1,973684	11,56949	2,505	0,216518
160	5335	1,6	2,105263	11,58505	2,505	0,216227
170	5335	1,7	2,236842	11,60064	2,505	0,215936
180	5335	1,8	2,368421	11,61627	2,505	0,215646

190	5336	1,9	2,5	11,63195	2,338	0,200998
200	5336	2	2,631579	11,64767	2,338	0,200727
210	5337	2,1	2,763158	11,66343	2,171	0,186137
220	5338	2,2	2,894737	11,67923	2,004	0,171587

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%5 Kireç/1 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5355	0	0	11,34115	0	0
10	5350	0,1	0,131579	11,35609	0,835	0,073529
20	5348	0,2	0,263158	11,37107	1,169	0,102805
30	5346	0,3	0,394737	11,38609	1,503	0,132003
40	5344	0,4	0,526316	11,40116	1,837	0,161124
50	5343	0,5	0,657895	11,41626	2,004	0,175539
60	5342	0,6	0,789474	11,4314	2,171	0,189916
70	5341	0,7	0,921053	11,44658	2,338	0,204253
80	5340	0,8	1,052632	11,4618	2,505	0,218552
90	5339	0,9	1,184211	11,47706	2,672	0,232812
100	5338	1	1,315789	11,49236	2,839	0,247034

110	5338	1,1	1,447368	11,50771	2,839	0,246704
120	5337,5	1,2	1,578947	11,52309	2,9225	0,253621
130	5337	1,3	1,710526	11,53852	3,006	0,260519
140	5337	1,4	1,842105	11,55399	3,006	0,26017
150	5337	1,5	1,973684	11,56949	3,006	0,259821
160	5337	1,6	2,105263	11,58505	3,006	0,259472
170	5337	1,7	2,236842	11,60064	3,006	0,259124
180	5337	1,8	2,368421	11,61627	3,006	0,258775
190	5338	1,9	2,5	11,63195	2,839	0,244069
200	5338	2	2,631579	11,64767	2,839	0,24374
210	5339	2,1	2,763158	11,66343	2,672	0,229092
220	5340	2,2	2,894737	11,67923	2,505	0,214483

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%10 Kireç/1 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5258	0	0	11,34115	0	0
10	5256	0,1	0,131579	11,35609	0,334	0,029412
20	5254	0,2	0,263158	11,37107	0,668	0,058746
30	5253	0,3	0,394737	11,38609	0,835	0,073335
40	5251	0,4	0,526316	11,40116	1,169	0,102533
50	5250	0,5	0,657895	11,41626	1,336	0,117026
60	5248	0,6	0,789474	11,4314	1,67	0,146089
70	5246	0,7	0,921053	11,44658	2,004	0,175074
80	5243	0,8	1,052632	11,4618	2,505	0,218552
90	5242	0,9	1,184211	11,47706	2,672	0,232812
100	5240	1	1,315789	11,49236	3,006	0,261565
110	5238	1,1	1,447368	11,50771	3,34	0,29024
120	5237	1,2	1,578947	11,52309	3,507	0,304345
130	5236	1,3	1,710526	11,53852	3,674	0,318412
140	5235	1,4	1,842105	11,55399	3,841	0,332439
150	5234	1,5	1,973684	11,56949	4,008	0,346428
160	5234	1,6	2,105263	11,58505	4,008	0,345963
170	5234	1,7	2,236842	11,60064	4,008	0,345498
180	5236	1,8	2,368421	11,61627	3,674	0,31628

190	5237	1,9	2,5	11,63195	3,507	0,301497
-----	------	-----	-----	----------	-------	----------

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%20 Kireç/ 1Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5258	0	0	11,34115	0	0
10	5257	0,1	0,131579	11,35609	0,167	0,014706
20	5254	0,2	0,263158	11,37107	0,668	0,058746
30	5252	0,3	0,394737	11,38609	1,002	0,088002
40	5250	0,4	0,526316	11,40116	1,336	0,117181
50	5245	0,5	0,657895	11,41626	2,171	0,190167
60	5243	0,6	0,789474	11,4314	2,505	0,219133
70	5242	0,7	0,921053	11,44658	2,672	0,233432
80	5240	0,8	1,052632	11,4618	3,006	0,262262
90	5239	0,9	1,184211	11,47706	3,173	0,276464
100	5238	1	1,315789	11,49236	3,34	0,290628
110	5237	1,1	1,447368	11,50771	3,507	0,304752
120	5236	1,2	1,578947	11,52309	3,674	0,318838
130	5235	1,3	1,710526	11,53852	3,841	0,332885
140	5234	1,4	1,842105	11,55399	4,008	0,346893

150	5232	1,5	1,973684	11,56949	4,342	0,375297
160	5231,5	1,6	2,105263	11,58505	4,4255	0,382001
170	5231	1,7	2,236842	11,60064	4,509	0,388686
180	5230,5	1,8	2,368421	11,61627	4,5925	0,395351
190	5230	1,9	2,5	11,63195	4,676	0,401996
200	5230	2	2,631579	11,64767	4,676	0,401454
210	5231	2,1	2,763158	11,66343	4,509	0,386593
220	5232	2,2	2,894737	11,67923	4,342	0,371771
230	5233	2,3	3,026316	11,69508	4,175	0,356988

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	Katkısız/7 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5258	0	0	11,34115	0	0
10	5254	0,1	0,131579	11,35609	0,668	0,058823
20	5252	0,2	0,263158	11,37107	1,002	0,088118
30	5246	0,3	0,394737	11,38609	2,004	0,176004
40	5240,5	0,4	0,526316	11,40116	2,9225	0,256334
50	5239	0,5	0,657895	11,41626	3,173	0,277937
60	5236	0,6	0,789474	11,4314	3,674	0,321396
70	5234,5	0,7	0,921053	11,44658	3,9245	0,342854
80	5235	0,8	1,052632	11,4618	3,841	0,335113
90	5235	0,9	1,184211	11,47706	3,841	0,334668
100	5235	1	1,315789	11,49236	3,841	0,334222
110	5235	1,1	1,447368	11,50771	3,841	0,333776
120	5236	1,2	1,578947	11,52309	3,674	0,318838
130	5238	1,3	1,710526	11,53852	3,34	0,289465
140	5240	1,4	1,842105	11,55399	3,006	0,26017

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%2,5 Çimento/ 7 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5344	0	0	11,34115	0	0
10	5340	0,1	0,131579	11,35609	0,668	0,058823
20	5337	0,2	0,263158	11,37107	1,169	0,102805
30	5334	0,3	0,394737	11,38609	1,67	0,14667
40	5330	0,4	0,526316	11,40116	2,338	0,205067
50	5327	0,5	0,657895	11,41626	2,839	0,24868
60	5324	0,6	0,789474	11,4314	3,34	0,292178
70	5319	0,7	0,921053	11,44658	4,175	0,364738
80	5315	0,8	1,052632	11,4618	4,843	0,422534
90	5311	0,9	1,184211	11,47706	5,511	0,480175
100	5308	1	1,315789	11,49236	6,012	0,52313
110	5305	1,1	1,447368	11,50771	6,513	0,565968
120	5301	1,2	1,578947	11,52309	7,181	0,623183
130	5299	1,3	1,710526	11,53852	7,515	0,651297
140	5296	1,4	1,842105	11,55399	8,016	0,693787
150	5295	1,5	1,973684	11,56949	8,183	0,707291
160	5295	1,6	2,105263	11,58505	8,183	0,706342
170	5294	1,7	2,236842	11,60064	8,35	0,719788
180	5294	1,8	2,368421	11,61627	8,35	0,718819

190	5294	1,9	2,5	11,63195	8,35	0,717851
200	5296	2	2,631579	11,64767	8,016	0,688206
210	5298	2,1	2,763158	11,66343	7,682	0,65864
220	5301	2,2	2,894737	11,67923	7,181	0,614852
230	5310	2,3	3,026316	11,69508	5,678	0,485503

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%5 Çimento / 7 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5354	0	0	11,34115	0	0
10	5346	0,1	0,131579	11,35609	1,336	0,117646
20	5341	0,2	0,263158	11,37107	2,171	0,190923
30	5338	0,3	0,394737	11,38609	2,672	0,234672
40	5335	0,4	0,526316	11,40116	3,173	0,278305
50	5332	0,5	0,657895	11,41626	3,674	0,321822
60	5329,5	0,6	0,789474	11,4314	4,0915	0,357918

70	5327	0,7	0,921053	11,44658	4,509	0,393917
80	5326	0,8	1,052632	11,4618	4,676	0,407964
90	5323	0,9	1,184211	11,47706	5,177	0,451074
100	5321	1	1,315789	11,49236	5,511	0,479536
110	5319	1,1	1,447368	11,50771	5,845	0,50792
120	5317	1,2	1,578947	11,52309	6,179	0,536228
130	5316	1,3	1,710526	11,53852	6,346	0,549984
140	5315	1,4	1,842105	11,55399	6,513	0,563702
150	5313	1,5	1,973684	11,56949	6,847	0,591815
160	5312,5	1,6	2,105263	11,58505	6,9305	0,598228
170	5312	1,7	2,236842	11,60064	7,014	0,604622
180	5312	1,8	2,368421	11,61627	7,014	0,603808
190	5312	1,9	2,5	11,63195	7,014	0,602994
200	5312	2	2,631579	11,64767	7,014	0,602181
210	5312,5	2,1	2,763158	11,66343	6,9305	0,594208
220	5314	2,2	2,894737	11,67923	6,68	0,571955
230	5316	2,3	3,026316	11,69508	6,346	0,542621
240	5318	2,4	3,157895	11,71097	6,012	0,513365

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%10 Çimento / 7 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5355	0	0	11,34115	0	0
10	5334	0,1	0,131579	11,35609	3,507	0,308821
20	5312	0,2	0,263158	11,37107	7,181	0,631515
30	5295	0,3	0,394737	11,38609	10,02	0,880021
40	5275	0,4	0,526316	11,40116	13,36	1,171811
50	5254	0,5	0,657895	11,41626	16,867	1,477455
60	5238	0,6	0,789474	11,4314	19,539	1,70924
70	5221	0,7	0,921053	11,44658	22,378	1,954995
80	5206	0,8	1,052632	11,4618	24,883	2,17095
90	5200	0,9	1,184211	11,47706	25,885	2,255368
100	5200	1	1,315789	11,49236	25,885	2,252365

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%20 Çimento / 7 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5258	0	0	11,34115	0	0
10	5242	0,1	0,131579	11,35609	18,036	1,588222
20	5228	0,2	0,263158	11,37107	20,374	1,791739
30	5215	0,3	0,394737	11,38609	22,545	1,980047
40	5205	0,4	0,526316	11,40116	24,215	2,123908
50	5192	0,5	0,657895	11,41626	26,386	2,311266
60	5182	0,6	0,789474	11,4314	28,056	2,454293
70	5170	0,7	0,921053	11,44658	30,06	2,626112
80	5161	0,8	1,052632	11,4618	31,563	2,753756
90	5154	0,9	1,184211	11,47706	32,732	2,851949
100	5149	1	1,315789	11,49236	33,567	2,920809
110	5145	1,1	1,447368	11,50771	34,235	2,974962
120	5142	1,2	1,578947	11,52309	34,736	3,014468
130	5142	1,3	1,710526	11,53852	34,736	3,010438
140	5142	1,4	1,842105	11,55399	34,736	3,006408
150	5144	1,5	1,973684	11,56949	34,402	2,973509
160	5147	1,6	2,105263	11,58505	33,901	2,926273
170	5157	1,7	2,236842	11,60064	32,231	2,778382

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%2,5 Kireç/7 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5355	0	0	11,34115	0	0
10	5349	0,1	0,131579	11,35609	1,002	0,088235
20	5346	0,2	0,263158	11,37107	1,503	0,132177
30	5344	0,3	0,394737	11,38609	1,837	0,161337
40	5343	0,4	0,526316	11,40116	2,004	0,175772
50	5341	0,5	0,657895	11,41626	2,338	0,204796
60	5340	0,6	0,789474	11,4314	2,505	0,219133
70	5339	0,7	0,921053	11,44658	2,672	0,233432
80	5337	0,8	1,052632	11,4618	3,006	0,262262
90	5335	0,9	1,184211	11,47706	3,34	0,291015
100	5334	1	1,315789	11,49236	3,507	0,305159
110	5332	1,1	1,447368	11,50771	3,841	0,333776
120	5330	1,2	1,578947	11,52309	4,175	0,362316
130	5329	1,3	1,710526	11,53852	4,342	0,376305
140	5328	1,4	1,842105	11,55399	4,509	0,390255
150	5327	1,5	1,973684	11,56949	4,676	0,404166
160	5326	1,6	2,105263	11,58505	4,843	0,418039
170	5326	1,7	2,236842	11,60064	4,843	0,417477

180	5325	1,8	2,368421	11,61627	5,01	0,431292
190	5324	1,9	2,5	11,63195	5,177	0,445067
200	5324	2	2,631579	11,64767	5,177	0,444467
210	5324	2,1	2,763158	11,66343	5,177	0,443866
220	5324	2,2	2,894737	11,67923	5,177	0,443265
230	5324	2,3	3,026316	11,69508	5,177	0,442665
240	5324	2,4	3,157895	11,71097	5,177	0,442064
250	5325	2,5	3,289474	11,7269	5,01	0,427223
260	5325	2,6	3,421053	11,74288	5,01	0,426642
270	5326	2,7	3,552632	11,7589	4,843	0,411858
280	5330	2,8	3,684211	11,77496	4,175	0,354566

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%5 Kireç / 7 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5358	0	0	11,34115	0	0
10	5350	0,1	0,131579	11,35609	1,336	0,117646
20	5347	0,2	0,263158	11,37107	1,837	0,16155
30	5343	0,3	0,394737	11,38609	2,505	0,220005
40	5341	0,4	0,526316	11,40116	2,839	0,24901
50	5339	0,5	0,657895	11,41626	3,173	0,277937
60	5337	0,6	0,789474	11,4314	3,507	0,306787
70	5335	0,7	0,921053	11,44658	3,841	0,335559
80	5333	0,8	1,052632	11,4618	4,175	0,364253
90	5331	0,9	1,184211	11,47706	4,509	0,392871
100	5329	1	1,315789	11,49236	4,843	0,42141
110	5328	1,1	1,447368	11,50771	5,01	0,43536
120	5327	1,2	1,578947	11,52309	5,177	0,449272
130	5326	1,3	1,710526	11,53852	5,344	0,463144
140	5326	1,4	1,842105	11,55399	5,344	0,462524
150	5325	1,5	1,973684	11,56949	5,511	0,476339
160	5325	1,6	2,105263	11,58505	5,511	0,475699
170	5325	1,7	2,236842	11,60064	5,511	0,47506
180	5325	1,8	2,368421	11,61627	5,511	0,474421

190	5325	1,9	2,5	11,63195	5,511	0,473781
200	5326	2	2,631579	11,64767	5,344	0,458804

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%10 Kireç / 7 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5350	0	0	11,34115	0	0
10	5347	0,1	0,131579	11,35609	0,501	0,044117
20	5342	0,2	0,263158	11,37107	1,336	0,117491
30	5338	0,3	0,394737	11,38609	2,004	0,176004
40	5334	0,4	0,526316	11,40116	2,672	0,234362
50	5331	0,5	0,657895	11,41626	3,173	0,277937
60	5327	0,6	0,789474	11,4314	3,841	0,336004
70	5322	0,7	0,921053	11,44658	4,676	0,408506
80	5319	0,8	1,052632	11,4618	5,177	0,451674
90	5316	0,9	1,184211	11,47706	5,678	0,494726
100	5314	1	1,315789	11,49236	6,012	0,52313
110	5312	1,1	1,447368	11,50771	6,346	0,551456
120	5310	1,2	1,578947	11,52309	6,68	0,579705
130	5309	1,3	1,710526	11,53852	6,847	0,593404

140	5309	1,4	1,842105	11,55399	6,847	0,592609
150	5309	1,5	1,973684	11,56949	6,847	0,591815
160	5309	1,6	2,105263	11,58505	6,847	0,591021
170	5309	1,7	2,236842	11,60064	6,847	0,590226
180	5310	1,8	2,368421	11,61627	6,68	0,575055
190	5310	1,9	2,5	11,63195	6,68	0,57428
200	5312	2	2,631579	11,64767	6,346	0,54483
210	5313	2,1	2,763158	11,66343	6,179	0,529776

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%20 Kireç / 7 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5350	0	0	11,34115	0	0
10	5347	0,1	0,131579	11,35609	0,501	0,044117
20	5345	0,2	0,263158	11,37107	0,835	0,073432
30	5343	0,3	0,394737	11,38609	1,169	0,102669
40	5341	0,4	0,526316	11,40116	1,503	0,131829
50	5338	0,5	0,657895	11,41626	2,004	0,175539
60	5335	0,6	0,789474	11,4314	2,505	0,219133
70	5332	0,7	0,921053	11,44658	3,006	0,262611
80	5328	0,8	1,052632	11,4618	3,674	0,320543
90	5327	0,9	1,184211	11,47706	3,841	0,334668
100	5322	1	1,315789	11,49236	4,676	0,406879
110	5318	1,1	1,447368	11,50771	5,344	0,464384
120	5316	1,2	1,578947	11,52309	5,678	0,49275
130	5314	1,3	1,710526	11,53852	6,012	0,521037
140	5313	1,4	1,842105	11,55399	6,179	0,534794
150	5311	1,5	1,973684	11,56949	6,513	0,562946
160	5310	1,6	2,105263	11,58505	6,68	0,576605
170	5309	1,7	2,236842	11,60064	6,847	0,590226
180	5308	1,8	2,368421	11,61627	7,014	0,603808

190	5308	1,9	2,5	11,63195	7,014	0,602994
200	5309	2	2,631579	11,64767	6,847	0,587843
210	5310	2,1	2,763158	11,66343	6,68	0,57273
220	5314	2,2	2,894737	11,67923	6,012	0,51476

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	Katkısız / 28 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5342	0	0	11,34115	0	0
10	5338	0,1	0,131579	11,35609	0,668	0,058823
20	5331	0,2	0,263158	11,37107	1,837	0,16155
30	5325	0,3	0,394737	11,38609	2,839	0,249339
40	5315	0,4	0,526316	11,40116	4,509	0,395486
50	5308	0,5	0,657895	11,41626	5,678	0,497361
60	5300	0,6	0,789474	11,4314	7,014	0,613573
70	5294	0,7	0,921053	11,44658	8,016	0,700297
80	5288	0,8	1,052632	11,4618	9,018	0,786787
90	5282	0,9	1,184211	11,47706	10,02	0,873046
100	5278	1	1,315789	11,49236	10,688	0,930009
110	5274	1,1	1,447368	11,50771	11,356	0,986817
120	5272	1,2	1,578947	11,52309	11,69	1,014485
130	5270	1,3	1,710526	11,53852	12,024	1,042075
140	5269	1,4	1,842105	11,55399	12,191	1,055134
150	5269	1,5	1,973684	11,56949	12,191	1,053719
160	5269	1,6	2,105263	11,58505	12,191	1,052305
170	5270	1,7	2,236842	11,60064	12,024	1,036495
180	5272	1,8	2,368421	11,61627	11,69	1,006347

190	5282	1,9	2,5	11,63195	10,02	0,861421
200	5285	2	2,631579	11,64767	9,519	0,817245

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%2,5 Çimento / 28 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5352	0	0	11,34115	0	0
10	5342	0,1	0,131579	11,35609	1,67	0,147058
20	5335	0,2	0,263158	11,37107	2,839	0,249669
30	5327	0,3	0,394737	11,38609	4,175	0,366675
40	5324	0,4	0,526316	11,40116	4,676	0,410134
50	5316	0,5	0,657895	11,41626	6,012	0,526617
60	5314	0,6	0,789474	11,4314	6,346	0,555138
70	5310	0,7	0,921053	11,44658	7,014	0,61276
80	5308	0,8	1,052632	11,4618	7,348	0,641086
90	5299	0,9	1,184211	11,47706	8,851	0,77119
100	5285	1	1,315789	11,49236	11,189	0,973603
110	5280	1,1	1,447368	11,50771	12,024	1,044865
120	5270	1,2	1,578947	11,52309	13,694	1,188396

130	5268	1,3	1,710526	11,53852	14,028	1,215754
140	5272	1,4	1,842105	11,55399	13,36	1,156311
150	5278	1,5	1,973684	11,56949	12,358	1,068154
160	5282	1,6	2,105263	11,58505	11,69	1,00906

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%5 Çimento / 28 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5357	0	0	11,34115	0	0
10	5335	0,1	0,131579	11,35609	3,173	0,27941
20	5326	0,2	0,263158	11,37107	4,676	0,411219
30	5316	0,3	0,394737	11,38609	6,346	0,557347
40	5305	0,4	0,526316	11,40116	8,183	0,717734
50	5293	0,5	0,657895	11,41626	10,187	0,892324
60	5281	0,6	0,789474	11,4314	12,191	1,066449
70	5271	0,7	0,921053	11,44658	13,861	1,21093
80	5262	0,8	1,052632	11,4618	15,364	1,340453
90	5255	0,9	1,184211	11,47706	16,533	1,440525
100	5249	1	1,315789	11,49236	17,535	1,525796
110	5246	1,1	1,447368	11,50771	18,036	1,567297

120	5245	1,2	1,578947	11,52309	18,203	1,579697
130	5246	1,3	1,710526	11,53852	18,036	1,563112
140	5252	1,4	1,842105	11,55399	17,034	1,474296
150	5261	1,5	1,973684	11,56949	15,531	1,34241
160	5272	1,6	2,105263	11,58505	13,694	1,182041

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%10 Çimento / 28 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5354	0	0	11,34115	0	0
10	5322	0,1	0,131579	11,35609	5,344	0,470584
20	5295	0,2	0,263158	11,37107	9,853	0,866497
30	5279	0,3	0,394737	11,38609	12,525	1,100026
40	5255	0,4	0,526316	11,40116	16,533	1,450116
50	5236	0,5	0,657895	11,41626	19,706	1,726135
60	5217	0,6	0,789474	11,4314	22,879	2,001418
70	5200	0,7	0,921053	11,44658	25,718	2,246785
80	5200	0,8	1,052632	11,4618	25,718	2,243801
90	5196	0,9	1,184211	11,47706	26,386	2,29902
100	5194	1	1,315789	11,49236	26,72	2,325022
110	5190	1,1	1,447368	11,50771	27,388	2,37997
120	5185	1,2	1,578947	11,52309	28,223	2,449256

130	5198	1,3	1,710526	11,53852	26,052	2,257829
140	5200	1,4	1,842105	11,55399	25,718	2,225898

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%20Çimento / 28 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5355	0	0	11,34115	0	0
10	5310	0,1	0,131579	11,35609	7,515	0,661759
20	5235	0,2	0,263158	11,37107	20,04	1,762367
30	5203	0,3	0,394737	11,38609	25,384	2,229386
40	5192	0,4	0,526316	11,40116	27,221	2,387565
50	5185	0,5	0,657895	11,41626	28,39	2,486805
60	5170	0,6	0,789474	11,4314	30,895	2,702644
70	5162	0,7	0,921053	11,44658	32,231	2,815776
80	5152	0,8	1,052632	11,4618	33,901	2,957738
90	5141	0,9	1,184211	11,47706	35,738	3,113863
100	5138	1	1,315789	11,49236	36,239	3,153311
110	5119	1,1	1,447368	11,50771	39,412	3,424835
120	5125	1,2	1,578947	11,52309	38,41	3,333306

130	5136	1,3	1,710526	11,53852	36,573	3,169644
140	5142	1,4	1,842105	11,55399	35,571	3,078678

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%2,5 Kireç / 28 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5350	0	0	11,34115	0	0
10	5329	0,1	0,131579	11,35609	3,507	0,308821
20	5316	0,2	0,263158	11,37107	5,678	0,499337
30	5309	0,3	0,394737	11,38609	6,847	0,601348
40	5300	0,4	0,526316	11,40116	8,35	0,732382
50	5294	0,5	0,657895	11,41626	9,352	0,819183
60	5286	0,6	0,789474	11,4314	10,688	0,934969
70	5282	0,7	0,921053	11,44658	11,356	0,992087
80	5278	0,8	1,052632	11,4618	12,024	1,04905
90	5275	0,9	1,184211	11,47706	12,525	1,091307
100	5272	1	1,315789	11,49236	13,026	1,133448
110	5270	1,1	1,447368	11,50771	13,36	1,160961
120	5269	1,2	1,578947	11,52309	13,527	1,173904

130	5268	1,3	1,710526	11,53852	13,694	1,186807
140	5268	1,4	1,842105	11,55399	13,694	1,185219
150	5268	1,5	1,973684	11,56949	13,694	1,18363
160	5270	1,6	2,105263	11,58505	13,36	1,153211
170	5272	1,7	2,236842	11,60064	13,026	1,122869
180	5274	1,8	2,368421	11,61627	12,692	1,092605
190	5276	1,9	2,5	11,63195	12,358	1,062419

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%5 Kireç / 28 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5359	0	0	11,34115	0	0
10	5342	0,1	0,131579	11,35609	2,839	0,249998
20	5335	0,2	0,263158	11,37107	4,008	0,352473
30	5329	0,3	0,394737	11,38609	5,01	0,44001
40	5323	0,4	0,526316	11,40116	6,012	0,527315
50	5317	0,5	0,657895	11,41626	7,014	0,614387
60	5313	0,6	0,789474	11,4314	7,682	0,672009
70	5307	0,7	0,921053	11,44658	8,684	0,758655
80	5302	0,8	1,052632	11,4618	9,519	0,830498

90	5298	0,9	1,184211	11,47706	10,187	0,887596
100	5295	1	1,315789	11,49236	10,688	0,930009
110	5293	1,1	1,447368	11,50771	11,022	0,957793
120	5285	1,2	1,578947	11,52309	12,358	1,072455
130	5280	1,3	1,710526	11,53852	13,193	1,143388
140	5274	1,4	1,842105	11,55399	14,195	1,22858
150	5274	1,5	1,973684	11,56949	14,195	1,226933
160	5276	1,6	2,105263	11,58505	13,861	1,196456
170	5278	1,7	2,236842	11,60064	13,527	1,166057
180	5280	1,8	2,368421	11,61627	13,193	1,135734
190	5281	1,9	2,5	11,63195	13,026	1,119847

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%10 Kireç / 28 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5356	0	0	11,34115	0	0
10	5335	0,1	0,131579	11,35609	3,507	0,308821
20	5322	0,2	0,263158	11,37107	5,678	0,499337
30	5314	0,3	0,394737	11,38609	7,014	0,616015
40	5309	0,4	0,526316	11,40116	7,849	0,688439
50	5305	0,5	0,657895	11,41626	8,517	0,746041
60	5301	0,6	0,789474	11,4314	9,185	0,803489
70	5299	0,7	0,921053	11,44658	9,519	0,831602
80	5296	0,8	1,052632	11,4618	10,02	0,874208
90	5294	0,9	1,184211	11,47706	10,354	0,902147
100	5292	1	1,315789	11,49236	10,688	0,930009
110	5290	1,1	1,447368	11,50771	11,022	0,957793
120	5289	1,2	1,578947	11,52309	11,189	0,971007
130	5287	1,3	1,710526	11,53852	11,523	0,998655
140	5275	1,4	1,842105	11,55399	13,527	1,170765
150	5270	1,5	1,973684	11,56949	14,362	1,241368
160	5262	1,6	2,105263	11,58505	15,698	1,355023
170	5258	1,7	2,236842	11,60064	16,366	1,410785
180	5258	1,8	2,368421	11,61627	16,366	1,408886

190	5262	1,9	2,5	11,63195	15,698	1,349559
200	5258	2	2,631579	11,64767	16,366	1,405088
210	5270	2,1	2,763158	11,66343	14,362	1,23137
220	5271	2,2	2,894737	11,67923	14,195	1,215405

Deformasyon Diali Katsayısı	0.01 mm	Numune Boyu(mm)	76
Yük Diali Katsayısı	0.167 kg	Numune Çapı(mm)	38
Numune Tipi/Kür Süresi	%20 Kireç / 28 Gün	Numune Alanı(cm²)	11.34

Deformasyon Okuması	Yük Okuması	Deformasyon (mm)	Birim Deformasyon(%) (ΔL/L)	Düzeltilmiş Alan (cm²)	Eksenel Yük (kg)	Eksenel Gerilme (kg/cm²)
0	5359	0	0	11,34115	0	0
10	5328	0,1	0,131579	11,35609	5,177	0,455879
20	5309	0,2	0,263158	11,37107	8,35	0,734319
30	5291	0,3	0,394737	11,38609	11,356	0,997357
40	5278	0,4	0,526316	11,40116	13,527	1,186459
50	5271	0,5	0,657895	11,41626	14,696	1,287287
60	5266	0,6	0,789474	11,4314	15,531	1,358627
70	5258	0,7	0,921053	11,44658	16,867	1,473541
80	5253	0,8	1,052632	11,4618	17,702	1,544435
90	5247	0,9	1,184211	11,47706	18,704	1,629685
100	5242	1	1,315789	11,49236	19,539	1,700172
110	5242	1,1	1,447368	11,50771	19,539	1,697905

120	5242	1,2	1,578947	11,52309	19,539	1,695638
130	5245	1,3	1,710526	11,53852	19,038	1,649952
140	5248	1,4	1,842105	11,55399	18,537	1,604381
150	5251	1,5	1,973684	11,56949	18,036	1,558927
160	5257	1,6	2,105263	11,58505	17,034	1,470344

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Zafer Gürsoy
Doğum Yeri ve Yılı : İzmir, 1990
Medeni Hali : Bekâr
Yabancı Dili : İngilizce
e-mail : zafer_gursoy35@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Betontaş Lisesi (2008)
Lisans : Celal Bayar Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü (2012)
Yüksek Lisans : Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Geoteknik Bölümü (2013-Devam Ediyor)

İŞ TECRÜBELERİ

İlkay Yapı Denetim Ltd. Şti. (Haziran 2012 – Aralık 2013)
Anadolu Yapı Denetim Tic. Ltd. Şti. (Aralık 2013 – Halen)