



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

NAFTALİN SÜLFONAT ESASLI YAPI
KİMYASALLARININ JET GROUT
KOLONLARIN PERFORMANSI
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DENEYSEL
OLARAK ARAŞTIRILMASI

OSMAN FURUNCU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan -2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Osman FURUNCU tarafından hazırlanan “Naftalin Sülfonat Esaslı Yapı Kimyasallarının Jet Grout Kolonların Performansı Üzerindeki Etkilerinin Deneysel Olarak Araştırılması” adlı tez çalışması 16/04/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Ahmet Şahin ZAIMOĞLU

Üye-Danışman

Prof.Dr. Özcan TAN

Üye

Dr.Öğr. Üyesi Atila DEMİRÖZ

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
LEE Müdürü

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 17201158 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Osman FURUNCU

12.05.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

NAFTALİN SÜLFONAT ESASLI YAPI KİMYASALLARININ JET GROUT KOLONLARIN PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Osman FURUNCU

Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Özcan TAN

2018, 213 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ahmet Şahin ZAIMOĞLU

Prof. Dr. Özcan TAN

Dr. Öğr. Üyesi Atilla DEMİRÖZ

Dünyada ve ülkemizde artan nüfus gelişen endüstri ve sanayi sonucunda, ihtiyaç duyulan yapıları her türlü zemin ortamında inşa etmek zaruri bir durum haline gelmiştir. Bu nedenle yer seçiminde zeminin, yapı inşa etmek için mevcut teknik özellikleri ikinci planda kalırken; taşıma gücü zayıf zeminlerde zemin iyileştirme yöntemleri ön plana çıkmıştır. Zeminin mekanik mukavemet değerlerini, elastisite modülünü, taşıma kapasitesini artırma ve zeminin geçirimliliğini azaltma, sıvılaşmayı önleme gibi mühendislik hizmetleri için geoteknik alanında sürekli bir gelişim gerçekleşmektedir.

Zemin iyileştirme yöntemlerinden jet grout enjeksiyon yöntemi ile zemin iyileştirme yönteminde henüz kabul görmüş bir standart bulunmamaktadır. Bu nedenle naftalin sülfonat esaslı yapı kimyasallarının jet grout kolonları üzerindeki performansı bu tez çalışmasında incelenmiştir.

Farklı su/çimento ve katkı malzemesi ile hazırlanan enjeksiyon harcı ile 16 farklı jet grout kolonu laboratuvar ortamında oluşturulmuştur. Genel olarak su/çimento oranı 1,00 ve 1,50 olan enjeksiyon harcı zemine enjekte edilebilirken, kullanılan naftalin sülfonat esaslı yapı kimyasalının süper akışkanlaştırıcı özelliği ile enjeksiyon harcının işlenebilirliği artırılmış ve su/çimento oranı 0,60 olan yüksek dozajlı enjeksiyon harcı ile enjeksiyon işlemi başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir.

Kolonların imalatından 28 gün sonra kolonlar zemin içerisinden çıkarılmış ve kolonların boyut analizleri yapılmıştır. Boyut analizi yapılan kolonların homojen olan kısımlarından yeterli sayıda karot numuneleri alınarak mukavemet analizleri yapılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde; su/çimento oranı aynı olan ve içerisine katkı maddesi konulan kolonların çap ve yüksekliğinin arttığı görülmüştür. Ancak katkı maddesi kullanımı ile enjeksiyon harcı ile birleşen kum tanelerinin miktarı ve içerisindeki boşluk oranı arttığından, standart basınç deneyi sonucunda kolonların maksimum taşıma kapasitesinin düştüğü görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Enjeksiyon harcı, jet grout yöntemi, jet grout kolonu, naftalin sülfonat esaslı yapı kimyasalı, zemin iyileştirme yöntemi.

ABSTRACT

MS THESIS

EXPERIMENTALLY INVESTIGATION OF EFFECTS ON THE PERFORMANCE OF JET GROUT COLUMNS WITH NAPHTHALENE SULPHONATE BASED CONSTRUCTION CHEMICALS

Osman FURUNCU

The Graduate Education Institute Of Konya Technical University
The Degree Of Master Of Science In Civil Engineering

Advisor: Prof. Dr. Özcan TAN

2019, 213 Pages

Jury

Prof. Dr. Ahmet Şahin ZAIMOĞLU

Prof. Dr. Özcan TAN

Asst. Prof. Üyesi Atilla DEMİRÖZ

As a result of the growing industry and increasing population in the world and in our country, it has become necessary to build the necessary structure in all kinds of ground conditions. Therefore, ground improvement techniques have gained more significance than existing properties of the ground in case of site investigation. The continuous developments in geotechnical have been conducted to enhance strength capacity, elastic modulus and load carrying capacity of the soil as well as decrease permeability and liquidation of the soil.

The code practice covering jet grout injection technique is yet to quantify. Therefore, this study critically investigated the effects of naphthalene-sulphate based chemicals on jet grout columns.

Sixteen jet grout columns with the different water-to-cement ratio as well as different admixtures were cast in the laboratory. Naphthalene-sulphate based admixture instigated the increase in plasticity of the mix and injection process was successfully achieved with a water-to-cement ratio of 0.6, compared with injection process consisting of a water-to-cement ratio of either 1 or 1.5.

Columns were removed from corresponding soil samples 28 days after casting and dimensional analysis was carried out on the columns. The adequate number of samples were taken from homogenous parts of the columns to determine strength values. The experimental results suggested the same water-to-cement ratio with admixture in the specimens caused the increase in column dimensions (diameter and height). However, usage of admixture instigated the increase in injection mortar and amount of sand grains as well as void ratio, and mitigated ultimate load carrying capacity of the columns.

Keywords: Injection mortar, jet grout technique, jet grout column, naphthalene-sulfonate based chemical admixture, ground improvement technique.

ÖNSÖZ

Akademik çalışmamda her türlü desteğini esirgemeyen Danışmanım Sayın Prof. Dr. Özcan TAN'a, ayrıca beni bu günlere getiren değerli anneme, babama ve çalışma hayatımda yeterince ilgilenemediğim biricik eşim ile kızım Miray Naz'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı maddi olarak destekleyen Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne de katkılarından ve desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Osman FURUNCU
KONYA-2019



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı.....	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Literatür Özeti.....	5
2.2. Enjeksiyon Uygulamasının Tarihsel Gelişimi	10
2.3. Enjeksiyon Türleri	10
2.3.1. Tanecikli Enjeksiyonlar	11
2.3.2. Taneciksiz Enjeksiyonlar	11
2.4. Enjeksiyon Uygulamaları	11
2.5. Taneli Zeminlerin Enjeksiyonları	12
2.5.1. Püskürtmeli Enjeksiyon (Jet Grouting) Sistemi.....	12
2.5.1.1. Jet Grout Yönteminin Tarihçesi.....	13
2.5.1.2. Jet Grout Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	16
2.5.1.2.(1). Yöntemin Avantajları.....	16
2.5.1.2.(2) Yöntemin Dezavantajları	16
2.5.1.3. Jet Grout Sistemleri	17
2.5.1.3.(1). Tek Akışkanlı (Jet 1) Sistem	17
2.5.1.3.(2). İki Akışkanlı (Jet 2) Sistem.....	17
2.5.1.3.(3). Üç Akışkanlı (Jet 3) Sistem.....	18
2.5.1.4. Jet Grout Yöntemi İmalat Parametleri	19
2.5.1.4.(1). Enjeksiyon Basıncı.....	22
2.5.1.4.(2). Tij Çekme Hızı ve Döndürme Hızı	23
2.5.1.4.(3). Enjeksiyon Karışımı.....	23
2.5.1.5. Jet Grout Yöntemi İçin Gerekli Ekipmanlar.....	24
2.5.1.5.(1) Delgi Makinesi	24
2.5.1.5.(2)Yüksek Basınç Pompa Ünitesi	25
2.5.1.5.(3) Karıştırma Ünitesi	26
2.5.1.5.(4) Çimento Silosu	27
2.5.1.5.(5) Su Pompası.....	27
2.5.1.6. Uygulamada Kullanılacak Çimento Miktarının Belirlenmesi	27
2.5.1.7. Jet Grout Sisteminin Uygulama Alanları.....	29
2.5.1.8. Jet Grout Sisteminin Uygulanması	37
2.5.1.8.(1). Çalışma Sahasının Hazırlanması.....	37

2.5.1.8.(2). Jet Grout Kolonların Yerleştirilmesi ve İmalat Toleransları.....	37
2.5.1.8.(3). Jet Grout Kolon İmalatı.....	38
2.5.1.9. Raporlar ve Üretim Kaynakları.....	40
2.5.1.10. Saha Uygulamasındaki Dökümanlar	41
2.5.1.10.(1). İnşaat Alanında Mevcut Olan Dökümanlar.....	41
2.5.1.10.(2). Şantiyede Hazırlanacak Dökümanlar	41
2.5.1.11. Kontrol Deney ve Gözlem	44
2.5.1.11.(1). Ön Deneyler	44
2.5.1.11.(2). Gözlem ve Proses (Süreç) Sırasındaki Deneyler	45
2.5.1.11.(3). Geometriyi Belirlemek Üzere Yapılan Deneyler	46
2.5.1.11.(4). Mekanik Deneyler	47
2.5.1.11.(5). Geçirimsizlik Deneyleri	47
2.5.2. Süren (Forepoling) Sistemi	51
2.5.3. Zemin Dondurma Sistemi	52
2.5.3.1. Tek Aşamalı Zemin Dondurma Sistemi	53
2.5.3.2. İki Aşamalı Zemin Dondurma Sistemi	54
2.5.4. Balon Mini Kazık (Pin Pile) Yöntemi	55
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	57
3.1. Giriş	57
3.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemenin Özellikleri.....	58
3.2.1. Deney Kumunun Özellikleri	58
3.2.1.1. Elek Analizi ile Dane Çapı Tespiti	58
3.2.1.2. Rölatif Sıklık Değerinin Tespiti.....	62
3.2.1.2.1. Zemin Danelerinin Bağlı Yoğunluğunun Tayini	62
3.2.1.2.2. Maksimum ve Minimum Boşluk Oranlarının Tayini	63
3.2.2. Naftalin Sülfonat Esaslı Katkı Malzemesinin Özellikleri.....	66
3.2.2.1. Tanımı ve Kimyasal Mekanizması	66
3.2.2.2. Uygulama Alanları.....	66
3.2.2.3. Özellikleri ve Yararları	66
3.2.2.4. Uygulama Yöntemi ve Dozaj	67
3.2.2.5. Uyum	67
3.2.2.6. Ambalaj, Depolama, Raf Ömrü	68
3.2.2.7. Güvenlik Önlemleri ve İletişim Bilgileri	68
3.2.3. Grout İçin Kullanılan Karışım Harcının Özellikleri	68
3.2.3.1. Karışım Harcının Akışkanlık Durumunun (Viskozite) Tespiti.....	68
3.2.4. Laboratuvar Tipi Enjeksiyon Aleti	70
3.2.4.1. Delgi Aleti.....	70
3.2.4.2. Enjeksiyon Haznesi ve Enjeksiyon Pompası	71
3.2.4.3. Kontrol Ünitesi	72
3.2.5. Diğer Kullanılan Alet ve Ekipmanlar	73
3.3. Deney Düzenine Kalibrasyonunun Yapılması.....	74
3.4. Deney Programlamasının Yapılması	74
3.5. Kalıplara Zemin Numunesinin Yerleştirilmesi	74
3.6. Enjeksiyon Uygulamasının Yapılması.....	77
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	79
4.1. Jet Grout Kolonlarının Çıkarılması.....	79
4.2. Jet Grout Kolonlarının Boyut Analizinin Yapılması	81

4.3. Jet Grout Kolonlarının Dayanım Analizinin Yapılması	104
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	155
5.1. Sonuçlar	155
5.2. Öneriler	169
KAYNAKLAR	170
EKLER	174
EK-1 Karot 1/1 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	174
EK-2 Karot 1/2 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	175
EK-3 Karot 2/1 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	176
EK-4 Karot 2/2 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	177
EK-5 Karot 3/2 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	178
EK-6 Karot 4/1 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	179
EK-7 Karot 6/1 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	180
EK-8 Karot 6/2 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	181
EK-9 Karot 7/1 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	182
EK-10 Karot 7/2 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	183
EK-11 Karot 7/3 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	184
EK-12 Karot 8/1 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	185
EK-13 Karot 8/2 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	186
EK-14 Karot 9/1 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	187
EK-15 Karot 9/2 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	188
EK-16 Karot 10/1 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	189
EK-17 Karot 10/2 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	190
EK-18 Karot 11/1 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	191
EK-19 Karot 11/2 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	192
EK-20 Karot 12 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	193
EK-21 Karot 13/1 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	194
EK-22 Karot 13/2 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	195
EK-23 Karot 14/1 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	196
EK-24 Karot 14/2 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	197
EK-25 Karot 15/1 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	198
EK-26 Karot 15/2 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	199
EK-27 Karot 16 Standart Basınç Deney Sonuçları.....	200
ÖZGEÇMİŞ	201

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

m	: metre
cm	: santimetre
mm	: milimetre
sn	: saniye
dk	: dakika
lt	: litre
m ²	: metrekare
cm ²	: santimetrekare
m ³	: metreküp
g	: gram
kg	: kilogram
dev	: devir
kN	: Kilonewton
N	: Newton
Mpa	: Megapascal
kg/cm ²	: Basınç dayanımı
dB	: Desibel
W/C	: Su/çimento oranı
S/Ç	: Su/çimento oranı
rpm	: Dönme hızı
lt/dk	: Pompa kapasitesi
t/m ³	: Birim hacimdeki kütle: yoğunluk
m/sn	: Hız
kg/lt	: Çimento litre kütlesi
l/min	: Enjeksiyon debisi
OC	: Santigrat derece
Cu	: Uniformluluk katsayısı
Cr	: Süreklilik katsayısı
pk	: Kuru yoğunluk
pkmax	: Maksimum yoğunluk
pkmin	: Minimum yoğunluk
ps	: Tane yoğunluğu
M1	: Piknometre kütlesi
M2	: Şişe + kuru zemin kütlesi
M3	: Şişe + kuru zemin + su kütlesi
M4	: Şişe + su kütlesi
Mk1	: Maksimum hacimdeki kuru zemin kütlesi
Mk2	: Minimum hacimdeki kuru zemin kütlesi
Vmax	: Maksimum hacim
Vmin	: Minimum hacim
emax	: Maksimum boşluk oranı
emin	: Minimum boşluk oranı
e	: Boşluk oranı
Dr	: Rölatif sıklık değeri

Kısaltmalar

JG	: Jet grout kolon
Jet 1	: Tek akışkanlı jet sistemi
Jet 2	: İki akışkanlı jet sistemi
Jet 3	: Üç akışkanlı jet sistemi
YASS	: Yer altı su seviyesi
HDI	: Hohe druck injektion
CCP	: Chemical churning plant
JSP	: Jumbo special pile
JGP	: Jet grout pile
CJG	: Column jet grout
SSS-MAN	: Super soil stabilization management method
BAP	: Bilimsel araştırma projeleri
TS EN	: Türk Standartları Avrupa Normu
PIT	: Pile Integrity Test
SW	: İyi derecelenmiş kum
CBR	: Kaliforniya Taşıma Oranı
CPT	: Koni Penetrasyon Deneyi
SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi
İMO	: İnşaat Mühendisleri Odası

1. GİRİŞ

Artan nüfus ile teknolojik ve bilimsel gelişmeler sayesinde kentsel gelişimden dolayı her türlü zemin ortamına yapı inşa etmek zaruri bir durum haline gelmiştir. Bu nedenle yer seçiminde zeminin, yapı inşa etmek için mevcut teknik özellikleri ikinci planda kalırken; kötü zeminlerde zemin iyileştirme yöntemleri ön plana çıkmıştır. Bu nedenle yapının inşa edileceği zeminin mevcut teknik özelliklerinin yetersiz olduğu durumlarda zemin iyileştirme yöntemlerine başvurulmaktadır. Zeminin mekanik mukavemet değerlerini, elastisite modülünü, taşıma kapasitesini artırma ve zeminin geçirimsizliğini azaltma, sıvılaşmayı önleme gibi mühendislik hizmetleri için geoteknik alanında sürekli bir gelişim gerçekleşmektedir.

Zemin iyileştirme yöntemlerini uygulama derinliğine bağlı olarak; derin iyileştirme yöntemleri ve yüzeysel iyileştirme yöntemleri olmak üzere ikiye ayırabiliriz.

Başlıca derin iyileştirme yöntemleri:

-Derin Karıştırma (Deep Mixing): Derin karıştırma, zeminin çimentolu maddelerle yerinde karıştırılmasıdır. Bu amaçla ucunda palet bulunan içi boş bir burgu kullanılır. Derin karıştırma yönteminin amacı zeminin basınç mukavemetinin artırılması, permeabilitesinin azaltılması veya zararlı maddelere karşı dayanıklılığının iyileştirilmesidir.

-Derin Sıkıştırma (Vibroflatasyon): Zemin içerisine yerleştirilen bir vibratörden kaynaklanan yatay titreşimler sonucu granüler zeminlerin sıkıştırılması işlemidir. Bu işlem sonucunda granüler zeminlerin başlangıçtaki boşluk oranları ve sıkışabilirlikleri azalmakta; içsel sürtünme açıları, taşıma gücü ve sıvılaşmaya karşı olan dirençleri de artmaktadır. (Altun, 2010)

-Patlatma ile Sıkıştırma (Blasting): Zemin tabakaları içine yerleştirilen patlayıcılarla şok dalgaları oluşturarak gevşek granüler zemini, başlangıçtaki duruma oranla daha kompakt hale getirme işlemidir.

-Kum Sıkıştırma Kazıkları: Yumuşak zemin içerisinde titreşimli bir muhafaza borusu yardımıyla kum veya benzer bir malzeme kullanarak iyi sıkıştırılmış kum kazıklarının oluşturulması ve zemindeki diğer boşluk oranlarının doldurulması işlemidir. (Altun, 2010)

-Dinamik Kompaksiyon (Dynamic Compaction): 10-200 ton aralığındaki büyük ağırlıkların 40 m'ye varan yüksekliklerden düşürülerek enerji verilmesiyle kohezyonlu-kohezyonsuz zeminlerin boşluk oranlarının azaltılması işlemidir.

-Düşey Drenler (Vertical Drains): Konsolidasyonu hızlandırmak amacıyla, yumuşak kil zeminlere plastik veya kum drenler yerleştirilmesi ve ön yükleme yapılması işlemidir.

-Isıtma-Dondurma (Heating and Freezing): Kil zeminin ısıtılması veya zemin suyunun dondurulması suretiyle geçici olarak zeminin kayma mukavemetini ve deformasyon modülünü arttırma işlemidir.

-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.

-Ön Yükleme (Preloading): Oturmaya sınırlandırmak için yapı yüküne eşdeğer bir dolgu yüküyle yumuşak kil zeminin yüklenecek zeminin konsolide edilmesi işlemidir.

-Enjeksiyon (Grouting): Temel zemininin veya kayanın kayma mukavemetini ve deformasyon modülünü arttırmak ve permeabilitesini azaltmak için çeşitli bileşimdeki karışımların zemin içine basılması işlemidir.

Başlıca yüzeysel iyileştirme yöntemleri:

-Kompaksiyon (Compaction): Statik, vibrasyonlu ve darbeli aletlerle zeminin mekanik olarak sıkıştırılması, zemin boşluklarındaki havanın atılması ve dolayısıyla zeminin kayma mukavemetinin ve borulanmaya karşı direncinin arttırılması, permeabilitesinin ve sıkışabilirliğinin azaltılması, sıvılaşma riskinin düşürülmesi işlemidir.

-Kireçle Stabilizasyon (Lime Stabilization): Killi zeminlerde kireç katkısıyla plastisite indisi düşürülür, kuru birim hacim ağırlık arttırılır.

-Çimento ile Stabilizasyon (Cement Stabilization): Organik zeminler hariç tüm zemin cinslerinde uygulanarak zeminin mekanik özellikleri iyileştirilmektedir.

-Bitümle Stabilizasyon (Bituminous Stabilization): Granüler malzemeye uygulanarak kohezyon özelliği kazandırma işlemidir.

-Her üç Yöntemle Stabilizasyon: Kireç, çimento ve bitüm vb. maddeler zeminle üniform şekilde karıştırılıp sıkıştırılarak yoğrulmuş zeminin mekanik özellikleri iyileştirilmektedir.

Zemin iyileştirme yöntemlerinde yukarıda da anlatılan genel teknik tariflerden de yola çıkarak; zeminin yapısı, üzerine veya altına yapılacak yapının özellikleri, ekonomik olarak hangi yöntemin seçilmesinin daha avantajlı olacağı gibi durumlar göz önüne alınarak bir zemin iyileştirme metodu seçilir. Enjeksiyon yöntemi de son yıllarda

yaygın olarak kullanılmakla beraber sürekli gelişim içerisinde. Teknolojik ve mühendislik alanındaki gelişmeler sayesinde yeni enjeksiyon karışımları, uygulama teknikleri ve ekipmanlar türetilmektedir. Hemen hemen her cins zayıf zemine uygulanabilmesi, ekonomik, hızlı, güvenilir ve mevcut yapılara zarar verilmeden zeminin ıslahının yapılabilmesi açısından da ön plana çıkan jet grout enjeksiyon metodu ülkemizde de son yıllarda tercih edilen metodlardan olmuştur.

1.1. Tezin Amacı

Jet grout yöntemi 1970 li yılların başında Japonya’da denenmiş ve ülkemizdeki ilk uygulaması da 1986 yılında Haliç Kollektörleri Projesi kapsamında Ayvansaray tünel aynasının zemin ıslahında yapılmıştır. Tarihi yeni olan jet grout enjeksiyon metodu ile zemin iyileştirme metodunda kabul görmüş standartlar henüz oluşturulamamıştır. Bu nedenle yöntem her geçen gün farklı tekniklerle gelişim göstermektedir. Bu tez çalışmasında laboratuvar ölçekli jet grout kolon sistemi ile yapılacak model deneylerle farklı oranlarda süper akışkanlaştırıcı yapı kimyasalı kullanmanın JG kolon performansına etkisi araştırılacaktır. Deneysel çalışmalar için naftalin sülfonat esaslı, yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı, katkı maddesi olarak kullanılacaktır. Farklı oranlarda kimyasal katkı ve katkısız durumlar için oluşturulacak JG kolonlar ile ölçülen performans değerleri karşılaştırılacaktır. Yapılacak olan bu tez çalışması ile akışkanlaştırıcı kimyasalların kolon performansı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ile kohezyonsuz zeminlerde daha yüksek dayanımlı, daha büyük çaplı JG kolon tasarımlarına katkı sağlayabilmesi amaçlanmaktadır.

Yapılacak olan çalışmalar aşağıdaki şekilde planlanarak yapılmıştır:

- Deneyde kullanılacak olan laboratuvar tipi enjeksiyon deney düzeneğinin bakımı yaptırılmış, bozulan parçalar ve daha önceki deneylerde karşılaşılan deney düzeneğine bağlı aksaklıklar giderilmiştir.
- Deneyde kullanılacak olan kum belirlenmiş olup, kumun fiziksel özellikleri, maksimum, minimum boşluk oranları, tane birim hacim ağırlığı ve zemin sınıfı tespit edilmiştir.
- Deneyde kullanılacak olan naftalin sülfonat esaslı, yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı katkı malzemesi ile çimento karıştırılarak bu karışımın ve sadece katkı malzemesiz çimento şerbetinin reolojik özelliklerinin tespiti için çökme ve marsh hunisi deneyleri yapılmıştır.

- Deneylere başlamadan önce deney düzeneğinin kalibrasyonu için ön deneyler yapılmıştır.
- Zeminin farklı rölatif sıklık – katkı malzemeli çimento şerbeti – su/çimento oranı değiştirilerek elde edilen çimento şerbetleri kombinasyonları yapılarak 16 adet jet grout kolonu oluşturulmuştur.
- Oluşturulan kolonlar 28 gün bekletilerek çap, yükseklik, süreklilik ve alınan karot numuneleri ile serbest basınç deneyleri yapılarak farklı kombinasyonlardan hangisinin daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Literatür Özeti

Akan vd. (2014) yaptıkları çalışmada jet grout uygulaması ile oluşturulan kolonların serbest basınç dayanımlarının, bu yöntemde kullanılan parametreler ve iyileştirme öncesi zemin durumuyla olan ilişkisini araştırmışlardır. Bulanık mantık ve çoklu regresyon analizi yöntemleri kullanılarak jet grout kolonların serbest basıncının tespitinde bu analizlerin başarısı incelenmiş ve her iki yöntemde de belirlilik katsayısı yaklaşık 0,91 hesaplanmıştır. Analizlerde girdi parametresi olarak; enjeksiyon basıncı, zemin standart penetrasyon sayısı, çekme hızı, nozul çapı ve ince dane oranı kullanılmıştır. Çıktı olarak ise jet grout kolonun serbest basınç dayanımları elde edilmiş ve gerçekte ölçülen basınç dayanım değerleri ile kıyaslanmıştır. Yapılan çoklu regresyon analizinde kullanılan parametreler arasında, çekme hızının en etkili ve standart penetrasyon sayısının en az etkili parametre olduğu belirlenmiştir. Jet grout kolon serbest basınç dayanımının; standart penetrasyon sayısı ve nozul çapının artması ile arttığı, çekme hızı ve ince dane oranının artmasıyla azaldığı gözlemlenmiştir.

Ateş A. vd. (2017) yaptıkları çalışmada Yozgat ili Şefaati ilçesi Adalet Sarayı inşaat alanının deprem etkisi altında olduğundan sıvılaşma riskinin yapıya zarar verebilecek düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Deprem sırasında yanal zemin direncinin çok azalacağı dikkate alınarak, yanal yatak katsayısında da çok ciddi bir azalma olabileceği üzerinde durulmuş olup jet grout yöntemi ile temel zeminin iyileştirilmesi görüşünde bulunulmuştur.

Ayoubian A. ve Nasri V.(2004) yaptıkları çalışmada New York City'nin doğu kısmındaki tünel projesi kapsamında Y.A.S.S.'ni kontrol etmek ve temel zeminini iyileştirmek amacıyla birbiri üstüne binen(kesişen) jet grout kolonların sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan analizleri ve analiz sonuçlarından da kolonlar arasındaki etkileşimi incelemişlerdir.

Berk B. vd. (2008) yaptıkları çalışmada İstanbul Maslak bölgesinde yapılan, Geosentetik Donatılı İstinat duvarı ve bu yapıyı destekleyen Jet-Grout ve Fore Kazık sistemi ile oluşturulan zemin güçlendirme projesini bir vaka analizi olarak sunulmuştur. Jet-Grout sistemiyle VERT sistemine benzer şekilde, dolgu birimin düşey deformasyon ve şev stabilitesi parametreleri iyileştirilirken, 3 boyutlu Fore Kazık iksa sistemi ile de 15 m yüksekliğindeki toprak yükleri herhangi bir yatay iksa elemanı kullanmadan

karşılanmıştır. 3 boyutlu Fore Kazık sistemi içerisinde yer alan kontrolsüz dolgular, Jet-Grout yöntemi ile iyileştirilerek sistemin rijitliği artırılmıştır. Fore Kazık, Jet-Grout ve Geosentetik Donatılı İstinat duvar uygulamalarının aynı sistem içerisinde kombine davranışı, ilgili bilgisayar programları kullanılarak “Gerilme - Deformasyon (Plaxis, Sap2000)” ve “Limit Denge (Stable v.6)” metodlarıyla analiz edilmiştir.

Coulter S. ve Martin C.D.(2006) yaptıkları çalışmada yumuşak zeminde tünellerde destek sağlamak için yatay olarak imal edilen jet grout kolonları, laboratuvar ortamında aynı şartlarda imal edilen jet grout kolonların davranışıyla karşılaştırmışlardır. Bunun için arazide 600mm çapında olan kolonlar laboratuvarda 76mm olarak imal edilmiştir.

Doğu vd. (2005) Mabeynci Arif Paşa Yalısı, Aydın/Tariş Pamuk Tarım Satış Kooperatifleri Birliği, Limak Lara Otel, Concorde Otel ve Alev Vakfı Lisesi sahalarında yapılan jet grout uygulamalarını incelemişlerdir. Mabeynci Arif Paşa Yalısında sıvılaşmanın varlığı tespit edilmiş ve jet grout tekniği ile sıvılaşmaya karşı direncin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca yazarlar jet grout kolonlarının mukavemetine etki eden faktörlerin sadece zeminin ince dane yüzdesi ve sıklığı ile sınırlandırılmaması; kohezyonlu zeminlerin kıvam limitleri, kohezyonsuz zeminler için elek analizinden yola çıkılarak, zeminin %50’sinin geçtiği dane çapının, jet grout kolonunun serbest basınç dayanımına etkisinin de araştırılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Durgunoğlu H.T. vd. (1998) yaptıkları çalışmada Migros/Ankara hipermarket ve alışveriş merkezi inşaat sahasının jet grout yöntemi ile iyileştirilmesini sunmuşlardır. Uygulama yaklaşık 4 katlı olan alışveriş merkezinin temellerindeki oturmalara karşı yapılmıştır. Yaklaşık 25.000 m² lik bir alanda zemin iyileştirmesi yapılmıştır. Ayrıca çalışmada jet grout uygulamasının aşamalarından bahsedilmiş ve imalatın kalite kontrolü de yapılmıştır.

Erdil vd. (2008) yaptıkları çalışmada sayısal analiz kullanarak jet grout kolonun taşıma gücü hesaplamasının doğruluğunu sınamak için, daha önceki yapılmış çalışmalar ve Plaxis geoteknik analiz yazılımından elde edilmiş sonuçlar arazideki yükleme deneyleri ile karşılaştırılmıştır. Plaxis yazılımı kullanılarak hesaplanan jet grout kolonların taşıma gücü ile yükleme deneyi sonuçları arasında büyük bir fark olmadığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte daha önce yapılmış deneysel çalışmalara dayalı amprik hesap yöntemleri ile hesaplanan jet grout kolonlarının taşıma gücü ve yükleme deneyi sonuçlarının birbirini doğrular nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır.

Erkan İ.H. (2013) nın yaptığı çalışmada jet grout kolonların performansını etkileyen tasarım faktörlerinin performans üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, pratik uygulamalar için kullanılabilir pratik bilgi, bağıntı, tablo ve grafiklerin geliştirilmesi sağlanmıştır. Deney tasarımında enjeksiyon basıncı; 20, 30 ve 40 bar olarak, su/çimento oranı; 1.00, 1.25 ve 1.50 olarak, dönme hızı; 5, 10 ve 15 dev/dk olarak, tij çekme hızı ise; 15, 30 ve 45 cm/dk olarak seçilmiştir. Laboratuarda üretilen jet grout kolonların çapları ve yükseklikleri ölçülmüş oluşan kolon yapıları incelenmiştir. Kolonlardan farklı boyutlarda alınan karot numunelerinden serbest basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Parametrelerin kolon çapı ve serbest basınç mukavemeti üzerindeki etkilerini belirlemek için S/N analizleri, çok değişkenli varyans analizleri yapılarak optimum parametre seviyeleri belirlenmiştir. Yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda geliştirilen sistem ile laboratuarda jet grout kolonların başarılı bir şekilde üretilebileceği ve parametrik çalışmaların yapılabileceği gösterilmiştir. Kolon çapı üzerinde en etkili parametre %43 ile enjeksiyon basıncı olup, dönme hızı %36, S/Ç oranı %12 ve çekme hızı %10 oranında etkilidir. Kolonların serbest basınç mukavemeti üzerinde ise en etkili parametre enjeksiyon basıncı (%36) olmuştur. Dayanım üzerinde S/Ç oranının etkisi %27, çekme hızının etkisi %23 ve dönme hızının etkisi %14 olarak belirlenmiştir. Laboratuarda oluşturulan kolonlarda kolon çapının maksimum olması için enjeksiyon basıncı 40 bar, S/Ç oranı 1.5, çekme hızı 15cm/dak ve dönme hızı 5 dev/dak olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde yapılan çalışmalarla laboratuarda oluşturulan kolonlarda basınç mukavemetinin maksimum olması için enjeksiyon basıncı 20 bar, S/Ç oranı %1 ve çekme hızı 15cm/dak ve dönme hızı 10 dev/dk olarak belirlenmiştir.

Fırat vd. (2001) yaptıkları çalışmada jet grout uygulama örneği detaylı incelenmiştir. Kanlıca'daki Yüksel Erimtan yalısında kazı çukurunun oluşturulması, temel zemininin takviye edilmesi, kıyıda kazık imal edilmesi amacıyla jet grout uygulaması, projenin her aşamasında izlenmiştir. Jet grout kolonlarının yan yana uygulanmasıyla 80 cm çaplı, toplam 2140 m boyunda temel altında, bohçalama ile kazı iksası sağlamak amacıyla 436 adet jet grout kolon teşkil edilmiştir. Projede tekli jet sistemi kullanılmış olup enjeksiyon basıncı 350-375 bar, tijin geri çekilme hızı 24 cm/dk, tijin dönme hızı 10 devir/dk, enjeksiyon memesi çapı 2,0 mm, su/çimento oranı=1 ve birim metrede kullanılan çimento miktarı 225 kg olarak kullanılmıştır. Kolonlardan karot numuneleri alınmış ve basınç dayanımı 16,5 kg/cm² olarak bulunmuştur.

Fidan B. (2015) nın yaptığı çalışmada ultra ince taneli çimentonun jet grout (JG) kolonların performans üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, normal çimento ile ince taneli çimentonun JG kolonların performansı üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması, pratik uygulamalar için kullanılabilir bilgi, bağıntı, tablo ve grafiklerin geliştirilmesi, JG kolonların tasarım ve uygulamaları için geliştirilecek standart, yöntem vb çalışmalara katkı sağlaması amaçlanmıştır. Deneysel çalışmalar ultra ince taneli (ultrafin 12) çimento kullanılarak değişik su/çimento oranlarında ve değişik basınç altında ayrı ayrı yapılmıştır. Kolonlardan alınan karot numuneler 28 gün sonunda serbest basınç deneyine tabi tutularak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç itibarıyla ince taneli çimentonun Jet Grout kolonların performansına uygun parametrelerin seçilmesiyle katkıda bulunacağı öngörülmüştür. S/Ç oranının 1.0 ve 1.25 olarak seçildiği durumlarda sistemde tıkanmalar meydana getirdiği, arazi şartlarında yapılacak jet grout uygulamalarında da bu oranların sistemde tıkanmalar ve olumsuz etkiler meydana getireceği ve uygun bir jet grout kolon oluşturulamayacağı saptanmıştır. Normal çimento ile jet grout uygulamalarında kullanılan 1-1.5 arası su/çimento oranlarının, ince taneli çimento ile jet grout uygulamalarında yetersiz olduğu, kolon performansını olumsuz yönde etkilediği, daha yüksek su/çimento oranlarının (% 2-3) kullanılmasının uygun olacağı görülmüştür.

Küsin C. C. vd. (2009) yaptıkları çalışmada yapı temeli altına inşa edilecek jet grout kolonların sayısal olarak analiz edilebilmesi için Omine vd. tarafından önerilen homojenleştirme yönteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu yöntem sayesinde jet kolonların inşa edildiği bölge kompozit bir malzemeye dönüştürüldüğünden ve sonlu elemanlar yöntemi ile daha pratik şekilde analiz edilebildiğinden bahsedilmektedir. Sayısal analizlerde göçme yükü değerleri deneyden elde edilen göçme yüküne çok yakın hesaplanmasına rağmen deformasyonlar açısından sonuçlar arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, homojenleştirme yönteminde zeminin lineer elastik malzeme olarak kabul edilmesidir.

Osmanoğlu vd. (1999) yaptıkları çalışmada yumuşak ve gevşek zeminlerin iyileştirilmesinde yüksek basınçlı enjeksiyon kolonları ve taş kolon tekniğinin yanısıra, Ford-Otosan İzmit Otomobil Fabrikasında yapılan geoteknik mühendisliği uygulamalarını da vaka analizi olarak ele almışlardır. Bu proje çerçevesinde diğer birçok geoteknik mühendisliği uygulamalarının yanısıra sahanın 8 m'ye kadar yumuşak ve gevşek zemin tabakalarından oluşması sebebiyle zemin iyileştirmesi amacıyla jet grout ve taş kolon teknikleri de uygulanmıştır. Yeraltı suyunun da neredeyse yüzeyde

olduğu sahada 80 cm çapında ve 10 m boyunda jet grout kolonlar ve taş kolonlar imal edilmiştir. Bu imalatlar için kalite kontrol, kazılar sonrası gözlemler, bütünlük deneyleri ve arazi yükleme deneyleri yapılmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Jet grout kolonu üzerinde çekme deneyi, taş kolonla iyileştirilen zeminde ise yükleme deneyi yapılmıştır. Bu testlerin sonuçları, jet grout ve taş kolon yöntemler ile yapılan iyileştirmenin oldukça başarılı ve tatminkar olduğu ortaya çıkmıştır.

z M.Y. vd. (2015) yaptıkları çalışmada Aydın Merkez-Işıklı Köyü 1000 Kişilik ğrenci Yurdu İnaaatı zeminin jet grout yöntemi ile iyileştirilmesi üzerinde durulmuştur. Kamu kuruluşunda kontrollüğü yapılmış ve tamamlanmış olan bir iyileştirme metodunun mümkün olan en pratik ve güvenli çözüm yolları sunulmuştur. Dolayısıyla jet grout projelendirme konusunda bazı konulara ışık tutması ve bundan sonra yapılacak olan uygulamalara hem tahkik etme hem de fikir verme amacı taşımaktadır.

zcan E. vd. (2008) yaptıkları çalışmada jet grout kolonlarda ve fore kazıklarda bütünlük deneyinin uygulamasını incelemişlerdir. Problemleri belirlemede ve kalite kontrolünde bütünlük deneyi; karotlu sondaj ve kazı araştırması gibi yöntemlere göre daha az masraflı ve hızlı bir yöntemdir. Bütünlük deneyi sonucunda arızalı kazıkta ve jet grout kolonunda onarım veya yenileme düşünülebilir.

şeflek vd. (2012) Adana ili Ceyhan ilçesinde inşa edilen Ceyhunkent toplu konutlarına yönelik zemin ıslah çalışmasını incelemişlerdir. Arazinin mevcut zeminden ve jet grout yöntemi ile iyileştirilmiş zeminden alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde gerekli zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır. İlk olarak zemin sınıflandırmasında kullanılan Atterberg, zgl ağırlık ve tane boyu analiz deneyleri yapılmış olup sonrasında mühendislik parametrelerinin araştırılması açısından serbest basınç, kesme kutusu, konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Her iki zeminin gösterdiği dayanım ve oturma koşulları, oluşabilecek sıvılaşma riski ve yeraltı suyunun etkisi gözlenerek nasıl bir durum oluşabileceği ortaya konmuştur.

Tunçdemir F. vd. (2004) yaptıkları çalışmada zemin enjeksiyon teknikleri, enjeksiyon parametreleri ve enjeksiyon malzemesi açısından detaya inilmeksizin karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Değişik enjeksiyon tekniklerinde enjeksiyon malzemelerinin zemin içerisine işleyiş mekanizmalarının farklı olduğu vurgulanmış ve uygulanması gereken enjeksiyon tekniği ile tasarım parametrelerinin mevcut zemin koşullarına ve uygulama amacına göre seçilmesi gerektiği belirtilmiştir.

2.2. Enjeksiyon Uygulamasının Tarihsel Gelişimi

Savak onarımı için kil ve akışkan kirecin Fransa'da 1802 yılında Charles Brigny tarafından pompa yardımıyla enjeksiyonu, ilk enjeksiyon uygulaması olarak kabul edilmektedir. Fransa'da 19. yüzyıl boyunca hidrolik yapı çalışmalarında ve diğer önemli yapılarda bu uygulama devam ettirilmiştir. 1856 yılında İngiltere'de Kinippe tarafından çimento enjeksiyonu yapılmış ve uygulama otoyol tünellerinin çevresindeki boşlukların doldurulması için 1864 yılından beri kullanılmıştır (Lenzini ve Bruss, 1975).

Sodyum silikat çözeltisinin zeminlerin enjeksiyon çalışmalarında kullanımına ait patenti Jeziorsky'nin almasıyla kimyasal enjeksiyon uygulamaları 1887 yılında başlamıştır. Belçikalı mühendis Albert Francois 1914 yılında, çimento enjeksiyonundan önce, silikatizasyon adı verilen ve sodyum silikat ve alüminyum sülfat çözeltilerini içeren yöntemi kullanmıştır. Bu teknik, zor yeraltısu koşulları altındaki geniş maden shaftlarında kullanılmıştır. 1934 yılında Charles Langer, sodyum silikat ve metalik tuzların jel haline geçmesi için katılaşma zamanlarının kontrolünde kullanılan tek çözelti (one - solution) yöntemini geliştirmiştir. 1950'lerde etil asetat yardımıyla silikatın jel (pelte) haline getirilmesi sağlanmıştır. Bunun yanında diğer kimyacılar silikat çözeltisinin pH değerlerini değiştirerek hem jel haline geçme zamanlarını kontrol edebilmişler hem de dayanımı yüksek silikat jelleri elde etmişlerdir. 1940 yılı başlarında silikatsiz tek çözelti yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemle lignokromlar (lignosülfat, lignosülfanat gibi) çözeltisinin içine bikromat karıştırılmasıyla jel haline dönüştürülmüştür. (Özkan, 2006)

1950'lerde polimer bilimindeki hızlı gelişmeler, zeminin doyunlaştırılması için kimyasal polimer sistemleri uygulamasının üzerine dikkatleri çekmiştir. Kimyasal akrilit ince taneli kumların ve siltlerin enjeksiyonunda kullanılmıştır. Çünkü, bu kimyasal çözelti düşük viskoziteli ve geniş katılaşma zaman aralığında kontrol edilmektedir (Lenzini ve Bruss, 1975).

2.3. Enjeksiyon Türleri

Enjeksiyonları karışıma giren malzemeler bakımından iki genel grupta toplamak mümkündür. Bunlar çözelti enjeksiyonları da denilen taneciksiz enjeksiyonlar ile çimento enjeksiyonu da denilen tanecikli enjeksiyonlardır.

2.3.1. Tanecikli Enjeksiyonlar

Tanecikli enjeksiyonlarda, genellikle portland çimentonun kullanımı ile karşılaşılır. Düşük fiyat ve yüksek dayanım özelliklerinden dolayı tercih edilmelerine rağmen, çatlaklı kaya, kaba taneli kum ve çakıllara uygulanması, çimento tane boyutları göz önüne alındığında sınırlıdır. Diğer bir dezavantajı ise, katılaşmayı hızlandıran maddelerin şerbete katılmaması durumunda, ortamın permeabilite değerine ve hidrolik eğimin büyük olması durumunda hızlı ve fazla yeraltısuyu akışı ile çimento enjeksiyonu yıkanabilir ve çimento - su oranında su miktarı artarak, enjeksiyonun özelliği yok olabilir.

Diğer bir tanecikli enjeksiyon türü de sadece killeri içeren ve kum - çakıl depozitlerinin permeabilite değerlerinin azaltılması için kullanılan kil enjeksiyonlarıdır. Basınca dayanım özelliğinin olmaması, enjeksiyon bölgesini zayıflatması ve yeraltısuyu tarafından kolayca yıkanabilmesi gibi özelliklerinden dolayı, sadece kil enjeksiyonu nadiren kullanılır (Özkan Hasan, 2006).

2.3.2. Taneciksiz Enjeksiyonlar

Kullanım alanlarındaki çeşitliliğe göre birçok değişik özelliklere sahip taneciksiz enjeksiyonlar genellikle kimyasal çözeltilerden oluşmaktadır. Bunların sık kullanılanları akrilit, sodyum silikat, odun özü, üretan ve reçinelerdir. Çimento enjeksiyonlarına göre pahalı olmalarının yanında birçok türü doğaya zararlıdır. Buna rağmen çimentodan daha fazla özelliklere sahiptir. Geniş viskozite aralığında buldukları gibi, çok küçük açıklıklara sokulumu için inceltmiş sıvı haline getirilebilir. Kimyasal enjeksiyonlarda, karışımına sonradan eklenen çeşitli çözeltiler ile katılaşma zamanının kontrolü yapılabilir ve amacına göre çok yüksek basınç dayanımları elde edilebilir (Özkan Hasan, 2006).

2.4. Enjeksiyon Uygulamaları

Değişik türdeki enjeksiyon uygulamalarının temel amacı sağlamlaştırma ve/veya geçirimsizliğin sağlanmasıdır. Bu amaçlar doğrultusunda enjeksiyon uygulamaları;

- Taneli zemin enjeksiyonları,
- Yarıklı – çatlaklı ve kırıklı kayaların enjeksiyonları,

- Boşlukların doldurulması için yapılan enjeksiyonlar olarak sınıflandırılabilir.

Bunlardan taneli zemin enjeksiyonları ve kaya ortamlarında uygulanan kırık-çatlak-yarık enjeksiyonları geçirimsizlik ve sağlamlaştırma amacına yönelik olarak yapılır. Boşluk enjeksiyonları ise mağara veya eski maden ocaklarının, göçüklerin vb. doldurulmasında uygulanır. Sağlamlaştırma enjeksiyonları yapı temellerinden tünellere kadar geniş uygulama alanlarında, pekişmemiş toprak zeminlerin sıkıştırılmasında yüksek basınç altında uygulanır. Enjeksiyonların uygulandığı alanlar ve enjeksiyon türleri, zeminin fiziksel özellikleri, enjeksiyonun yapılma amacına ve enjeksiyon gereçlerinin maliyetleri dikkate alınarak belirlenir.

2.5. Taneli Zeminlerin Enjeksiyonları

Bu tür enjeksiyonlar taneli zeminlere (örneğin alüvyona) uygulanır ve çimento şerbeti, birbiriyle bağlantılı olan boşluklar aracılığıyla iletilerek bu gereçlerin boşlukları doldurulur. Çimento şerbeti ile taneli zeminlere uygulanan enjeksiyon, küçük boşluklara ulaşması açısından az yeteneklidir. Çimento şerbeti enjeksiyonu, çakıl ve kaba taneli kumlar arasındaki limitler içerisinde etkili olmaktadır (Çizelge 2.1.).

Çizelge 2.1. Yaklaşık zemin parametre değerleri (CECW-EG, 1995)

Zemin Türü	Tane Boyutu (mm)	Yaklaşık Permeabilite (cm/sn)	Boşluk Oranı ¹	Porozite ²
Çakıl ve Kaba Kum	>0,5	>10 ⁻¹	0,6-0,8	0,375-0,45
Orta ve İnce Kum	0,1-0,5	10 ⁻¹ -10 ⁻³	0,6-0,8	0,375-0,45
Çok İnce Kum ve Kaba Silt	0,05-0,1	10 ⁻³ -10 ⁻⁵	0,6-0,9	0,375-0,5
Kaba ve İnce Silt	<0,05	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁷	>0,6	>0,375

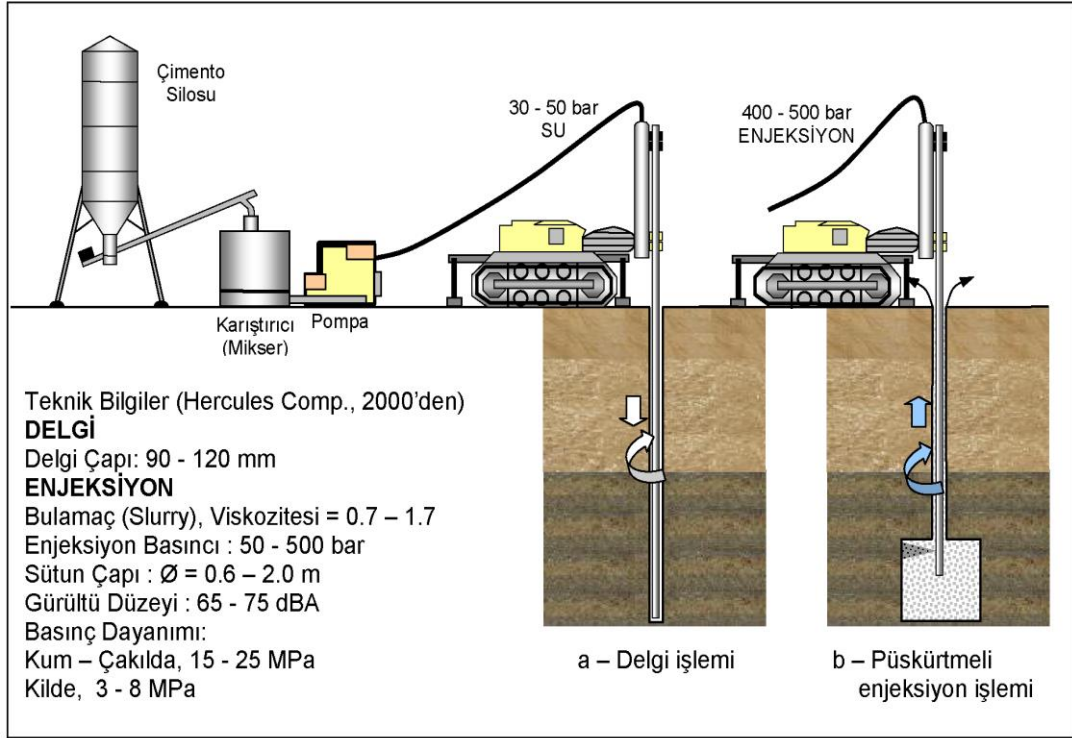
1 Boşluk hacminin dane hacmine oranı

2 Boşluk hacminin toplam hacime oranı

2.5.1. Püskürtmeli Enjeksiyon (Jet Grouting) Sistemi

Genel tarifiyle jet grout yönteminde tasarım derinliğine kadar delgi yapılmakta ve istenilen derinliğe gelindiğinde, 360 derece sürekli döndürülerek aşağıdan yukarıya doğru çekilen ucunda küçük çaplı nozul bulunan bir boru takımı içinden yüksek basınçlarla enjeksiyon karışımı zemine püskürtülmektedir. Enjeksiyon karışımı

nozullardan yüksek basınçla püskürtüldüğü için zeminin doğal yapısı bozulmakta ve belirli bir çapta ve istenilen yükseklikte zemin içinde silindirik bir kolon oluşturulmaktadır. Sistemin şematik gösterimi Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Jet grout enjeksiyon uygulaması (Keller,1992 ve Şekercioğlu,1998)

2.5.1.1. Jet Grout Yönteminin Tarihçesi

Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirmesi yöntemi diğer zemin iyileştirmesi yöntemine göre oldukça yenidir. Günümüzde kullanıldığı şekilde uygulanmaya başlaması 70’li yılların başında Japonya’da denenmiş, ardından özellikle Avrupa’da teknolojinin gelişmesi ile diğer ülkeler tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. Ülkemizdeki ilk uygulaması 1986 yılında Haliç Kollektörleri Projesi kapsamında Ayvansaray tünel aynasının zemin ıslahında yapılmıştır. Yöntem sürekli bir gelişim içerisindedir. Bunun başlıca nedeni günümüzde tüm zemin tiplerinin üzerinde inşaat yapılmasının getirdiği zorunluluk olmakla beraber diğer yöntemlerin yetersiz kalması, ekonomik, hızlı ve güvenilir bir yöntem olmasıdır.

Yöntem ilk olarak çok yüksek basınçlı enjeksiyon, Almanya’da Hohe Druck Injektion (HDI) olarak da bilinen jet enjeksiyon 1950’li yıllarda ilk kez Pakistan’da

“Cementation Co.” adlı firma tarafından uygulanmıştır. 1965’den itibaren Japonya’da “Yamakado Kardeşler” tarafından geliştirilmiştir. 1970’li yıllarda ise iki jet enjeksiyon yöntemi eşzamanlı olarak geliştirilmiştir. Nakanishi N.I.T. tarafından geliştirilen jet grouting yöntemi “Chemical Churning Pile” (CCP) jet grouting olarak adlandırılmıştır. Kimyasal ya da çimento şerbeti 1-2 mm çapındaki nozullardan çok yüksek basınçlarda püskürtülürken nozulun bulunduğu delme çubuğu döndürülerek çekilir ve böylece zemin-çimento enjeksiyonu kolonu elde edilir. Yahiro tarafından bulunan diğer yöntem ise zeminin kesilmesi, yer değiştirmesi ve çimento hamuru ile karıştırılması esasına dayanır. Bu yöntemde eşmerkezli üç çubuk su, hava ve çimento enjeksiyonu sağlamak için kullanılır. (Stoel A. V. D., 2001)

Bu yöntemin öncesinde yüksek basınçlı su ile kesme yapılması, Amerika Birleşik Devletleri’ndeki kömür madenlerinde ve İngiltere’deki bazı araştırmalarda Nicholson (1963) tarafından uygulanmıştı. Zeminin yüksek basınçlı su ile kesilmesine ilave olarak çimento şerbeti ile enjeksiyon yapılması ile ilgili ilk çalışmalar 1965 yılında Japon uzmanlar Yamakado kardeşler tarafından yapılmıştır. (Miki ve Nakanishi, 1984)

1970’lerin başlarında iki farklı jet grout yöntemi öne çıkmıştır. (Xanthakos ve diğ., 1994) “Chemical Churning Plant” (CCP) tekniği Nakanishi ve çalışma arkadaşları tarafından uygulanmıştır. Bu yöntemde enjeksiyon malzemesi olarak kimyasal enjeksiyon kullanılmaktaydı. Enjeksiyon harcı 1,2 ila 2,0 mm çapında ve delme borusunun alt ucunda bulunan püskürtme uçlarından yatay olarak püskürtülüyordu. Enjeksiyon esnasında delme borusu eksenine etrafında döndürülerek yukarı çekiliyordu. Fakat kısa zaman sonra çevreye zarar verilmesini önlemek için çimento bazlı enjeksiyon malzemesi kullanımına geçildi. 1973 yılında CCP yöntemi ilk defa ticari olarak uygulandı. Ayrıca 1970’lerin başlarında jet grout tekniği Avrupa’da da kullanılmaya başlanmıştır (Moseley ve Krisch, 1993).

1972 yılında, CCP grubu “Jumbo Special Pile” (JSP) yöntemini ortaya atmıştır. Bu yöntemde çimento jetinin hızı artırılmış, ayrıca çimento jeti bir hava kılıfı içine alınmıştır. JSP yöntemi ile 80 ila 200 cm çapında kolonlar elde edilebilmektedir. Aynı zamanlarda farklı bir grup “Jet Grout Pile” JGP yöntemini öne sürmüştür. 1980’lerde JSP ve JGP grupları birleşerek “Jumbo Jet Special Grout” (JSG) metodu adını almıştır. Yahiro başkanlığındaki rakip grup 1970’de “Jet Grout” (JG) yöntemini geliştirmiştir. Bu yöntemde delgi esnasında su jeti kullanılarak zemin parçalanıyor daha sonra enjeksiyon malzemesi aşağıdan başlayarak yukarı doğru oluşan boşluğu dolduruyordu. 1975 yılında enjeksiyon rotu yukarı çekilmesi esnasında kendi eksenine etrafında

döndürülmesi ve su jetinin hava kılıfı içerisine alarak etkisinin artırılmasıyla “Column Jet Grout” (CJG) metodu ortaya çıktı.

Kauschinder ve Welsh (1989)’a göre jet grout tekniğinin gelişimindeki son önemli adım 1980 yılında CCP grubu tarafından geçirimsizlik sağlamak için geliştirilen “Super Soil Stabilization Managment Method” (SSS-MAN) yöntemidir. Bu yöntemde ilk önce bir kılavuz delgi yapılmakta ve basınçlı hava ile zarflanmış yüksek hızlı su jeti ile zemin oyulmakta daha sonra oluşan boşluk yüksek basınçta püskürtülen çimento şerbeti ile doldurulmaktadır. Böylece, özellikle kaba daneli zeminlerde büyük çaplı kolonlar oluşturulmaktadır. Su jetinin yayılma açısı büyük olduğu için etkisi çok uzağa taşınmaz. Oysa daha dar bir açı ile yayılan hava jeti kılıfı ile suyun etkisini daha uzağa taşımak mümkün olmaktadır (Yahiro ve Yoshida, 1973).

Jet grout yönteminin Japonya’da ortaya çıkmasından sonra bu teknoloji hızla batı Avrupa’ya, özellikle İtalya, Almanya ve Brezilya’ya yayılmıştır. Kuzey Amerika’da ise 1980’li yıllarda uygulanmaya başlanmıştır.

Günümüzde yöntem hala geliştirilmektedir. Debi, çekme hızı, pompa basıncı ve su/çimento oranı gibi parametreler teknolojinin ilerlemesi ile değişmektedir. Bu gelişmeler ışığında, kullanılan araçların güvenilirliği büyük ölçüde artmış, yapımda insan gücünün gereksinimi azaltılmış, imalatta gerekli yan çalışma azaltılmış ve hazırlıkların daha çabuk yapılabilmesi sağlanmıştır.

Jet grout sisteminin en son uygulaması “X-jet” adı verilen sistemdir. Çok büyük bir doğrulukla büyük çaplı jet grouting kolonları elde edilmesine imkân sağlayan bu yöntem Japonya’da geliştirildi ve Avrupa’da Keller tarafından lisanslandı. Bu sistem, birbirleriyle kesişene kadar yüksek kesme enerjisine sahip iki jetten oluşur.

Lisanslı bir teknoloji olarak X-jet grouting delikten 1 m uzaklıkta kesişecek şekilde konumlanmış bir çift hava-su nozulunun, 2-2,5 m çapındaki ayırık kolonu parçalamak için kullanıldığı bir yöntemdir. Karşılaşma noktasında aşındırma enerjisi dağılarak kesme enerjisini büyük ölçüde azaltır. Çimento hamuru aşındırma nozullarının altında yer değiştirme ve yüksek kalitede soilcrete kolonunu oluşturmak için zemine enjekte edilir. Çok yumuşak, değişken dayanıklılıkta ve oldukça tabakalı zeminlerde, bu durum belirli geometri ve hassas malzeme gereksinimleri açısından önemli bir avantaj sağlar (Stoel A. V. D., 2001).

İnşa yöntemi üç akışkanlı jet grout yöntemininkine benzerdir ancak kaldırma oranı ve döndürme hızı jetin üst kısmının parçalanmasını ve kesişme enerjisine ulaşmasını sağlayacak kadar yavaştır. Nozul ayarı jetlerin karşılaşmasını ve enerjinin dağılmasını

sağlaması açısından kritiktir. Özel donanım bu akışkanları enjekte etmek için şarttır (Welsh ve Burke, 2000).

2.5.1.2. Jet Grout Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

2.5.1.2.(1). Yöntemin Avantajları

- Klasik enjeksiyon yöntemlerine göre daha hızlı, ekonomik ve güvenilirdir.
- Klasik enjeksiyon yöntemlerine göre kontrolü daha kolaydır.
- Kimyasal açıdan zemine hiçbir zararı ve kirletici etkisi yoktur.
- Bütün zemin cinslerinde kullanılabilir.
- Monitör ve püskürtme ağızlarının tasarımındaki esneklik sayesinde farklı geometride elemanlar imal edilebilir. Doğal olarak yatay, eğimli ve düşey duvarlar rahatlıkla yapılabilir.
- Kullanılan ekipmanların boyutları sayesinde kapalı, dar ve sıkışık ortamlarda dahi çalışabilir.
- İmalata istenilen derinlikten başlanabilir ve istenilen derinlikte son verilebilir.
- Vibrasyonsuz bir yöntem olması dolayısıyla çevredeki yapılara zararı yoktur.

2.5.1.2.(2) Yöntemin Dezavantajları

- Yöntem henüz gelişme aşamasında olduğundan dolayı kesinleşmiş bir kurala sahip değildir.
- Teorik bilgi eksikliği ve kesinleşmiş bir kurala sahip olmadığından dolayı tasarım yapılırken benzer koşullarda yapılmış olan tecrübeler ve uygulama sırasında yapılan gözlemler kullanılmaktadır.
- Zemin içinde enjeksiyonun dağılımını ve oluşan geometriyi belirlemek zordur. Bu nedenle kalifiye eleman çalıştırılmalı, dikkatli detaylı gözlem ve kontrol testleri yapılmalıdır.

2.5.1.3. Jet Grout Sistemleri

Jet grout sistemleri zemin koşullarına, istenilen jet grout kolonunun özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Geleneksel anlamda üç tip jet grout sisteminden söz edilebilir. Bunlar zemine enjekte edilen akışkan sayısına göre Jet 1, Jet 2 ve Jet 3 sistemleridir.

2.5.1.3.(1). Tek Akışkanlı (Jet 1) Sistem

Jet Grout sistemleri içerisinde en basit ve yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Tek akışkanlı (Jet 1) sistem Yahiro ve çalışma arkadaşlarının geliştirdiği ve 1970'lerin başında Japonya'da kullanımına başlanıp, günümüze kadar gelişmeye devam eden en yaygın sistemdir.

Tek akışkanlı sistem genellikle çimento ve su karışımı hazırlanarak oluşturulan enjeksiyonun yüksek enerji jeti şeklinde zeminin aşındırılıp ayrıştırılması ve zemin ile enjeksiyonun karıştırılması işlevini yerine getirmek için kullanılan bir yöntemdir. Delme-enjeksiyon takımı tek çeperli bir borudan ibaret olup, grout bu borudan 300-600 bar basınç altında bir veya birkaç püskürtme memesinden enjekte edilir. Sonuçta elde edilen enjeksiyonlu kolonun çapı; zemin türlerine göre değişkenlik göstermekle beraber yaklaşık olarak kohezyonsuz olan kumlu-çakıllı zeminlerde 100 cm, kohezyonlu ve daha ince daneli olan killi zeminlerde ise 60-80 cm arasında oluşmaktadır.

2.5.1.3.(2). İki Akışkanlı (Jet 2) Sistem

Tek akışkanlı sistemde kullanılan zeminlere göre daha ince gereçler içeren zeminlerde ve enjeksiyonlu zemin kolon çapının daha büyük istenildiği durumlarda kullanılmaktadır. Ayrıca sızdırmazlık için ve sıvılaşma riskine sahip zeminlerin ıslah edilmesinde de kullanılır.

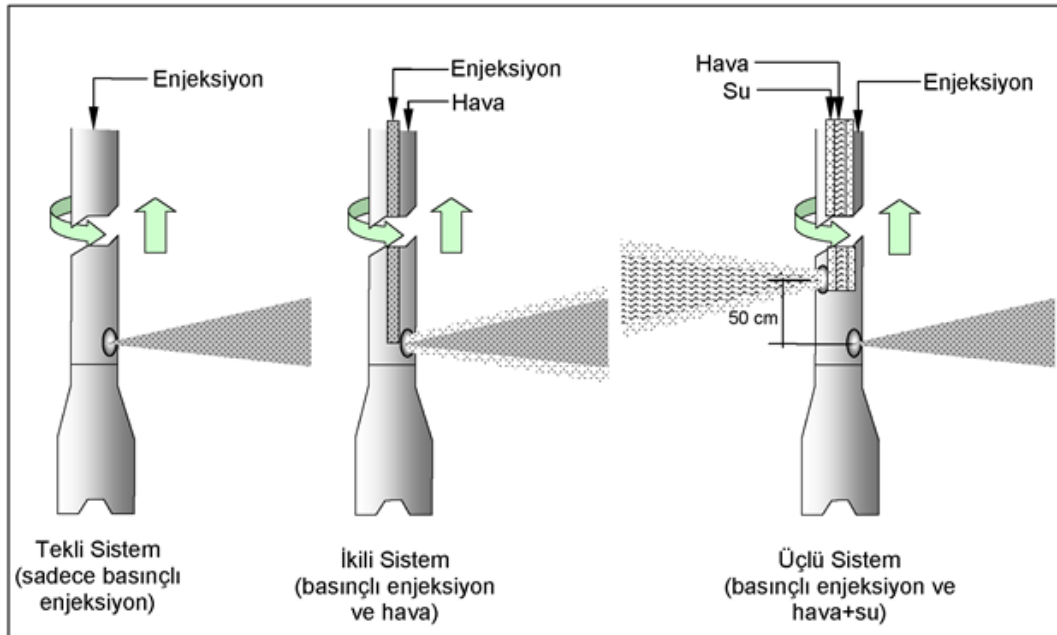
Çift çeperli bir boru takımının delici olarak kullanıldığı çift akışkan kullanılan metottur. Oluşturulan çimento su karışımı orta borudan, basınçlı hava ise dış borudan geçmektedir. Bazı durumlarda dış borudan hava yerine su zemine verilebilir. Bu durumda oluşan sistem jet 2 yönteminin su ile uygulanmasıdır. Zemin parçalanması 2-15 barlık havanın geçtiği dış borudan, zeminin çimentolanması ise içteki grout borusundan olmaktadır. Basınçlı hava ortamdaki kinetik enerji kayıplarını azalttığı için

bu metot sayesinde oluşan kolon çapları tek akışkanlı sistemdeki kolon çapından %60-80 daha büyük olmaktadır.

2.5.1.3.(3). Üç Akışkanlı (Jet 3) Sistem

Üç akışkanlı (Jet 3) sistem, diğer jet grout sistemleri içerisinde en karmaşık sistemdir. Zemin yapısı daha çok katı halde kil silt gibi yüksek kohezyonlu ise mevcut enjeksiyon karışımı ile uygun dayanım değerlerine sahip enjeksiyon kolonu oluşturulamayabilir. Bu durumda grout karışımının yanında hava ve su kullanılır.

Sistemde iç içe geçmiş üç boru takımı bulunmaktadır. Hava-su püskürtme memesi enjeksiyon karışımı püskürtülen memeden yaklaşık 50 cm daha yukarıdadır. Altta bulunan enjeksiyon memesinin çapı 7 mm, yukarıda bulunan hava su püskürtme memesinin çapı 1,8 mm dir. Basınçlı hava-su karışımı, enjeksiyon karışımının zeminle karışmasından önce zemini parçalayarak boşa kalan tanecikler basınçlı hava su karışımı ile kuyu dışına atılır. Bu sistemde hava basıncı 5-6 bar, su basıncı 100-200 bar ve enjeksiyon basıncı 50 bar civarındadır. Üç basınç değeri de istenilen şekilde ayarlanabilir. Oluşturulan kolonların çapı 150-200 cm arasında değişmektedir. Üç sisteminin de şematik gösterimi Şekil 2.2’de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Jet grout sistemleri (Keller,1992’den uyarlanmıştır)

2.5.1.4. Jet Grout Yöntemi İmalat Parametreleri

Jet grout yöntemi imalat parametreleri; zeminin cinsi ve özelliklerine, elde edilmek istenilen kolonun çapına ve taşıma kapasitesine ve uygulanmak istenilen jet grout sistemine göre seçilir. Uygulamaya başlamadan önce deneme kolonları yapılarak ekonomik olan parametreler seçilir.

Tek akışkanlı jet grout uygulaması için karar verilmesi gereken 6 farklı imalat parametresi vardır, bunlar: enjeksiyon basıncı, püskürtme ağızlığının sayısı ve çapları, su/çimento oranı, çekme hızı, tijin dönme hızı. İki akışkanlı jet grout uygulaması için tek akışkanlı jet grout uygulamasındaki parametrelere ilave olarak hava basıncı ve hava akış oranı parametreleri belirlenmelidir. Üç akışkanlı sistemde ise iki akışkanlı sistemde kullanılan parametrelerin yanı sıra su basıncı ve su jeti püskürtme ağızlığı sayısı ve çapı parametreleri de tasarımcı tarafından belirlenmelidir (Xanthakos ve diğ./ 1994).

Çeşitli zemin tiplerinde uygulanan jet grout kolonlarının mukavemet değerlerinin imalat parametreleriyle değişim aralığı aşağıdaki Çizelge 2.2’de verilmiştir (Stoel, 2001).

Çizelge 2.2. Zemin türlerine göre ortalama serbest basınç mukavemetleri

Zemin Tipi	Serbest Basınç Mukavemeti (Mpa)	
	Alt Limit	Üst Limit
Organik Zemin	1	6
Kil	3	7
Silt	5	15
Kum	10	40
Çakıl	10	40

Jet grout imalat parametreleri ve jet grout ile iyileştirilmiş zeminin mukavemet detayları ile ilgili bir özetini Çizelge 2.3’de sunulmuştur (Kauschinder ve Welsh, 1989). Jet grout yönteminde kullanılan imalat parametreleri;

- Enjeksiyon Sistemi (Jet 1, Jet 2, Jet 3)
- Enjeksiyon Basıncı (Bar)
- Nozzle Sayısı ve Çapı
- Tij Dönme Hızı (rpm)
- Tij Çekme Hızı (cm / dak)
- Su / Çimento Oranı
- Pompa Kapasitesi (lt / dak)

Çizelge 2.3. Jet grout tekniğinin temel işletim parametreleri (Xanthakos, 1994)

PARAMETRELER		JETGROUT SİSTEMİ		
		TEK AKIŞKANLI	ÇİFT AKIŞKANLI	ÜÇ AKIŞKANLI
ENJEKSİYON BASINCI				
Su	(Bar)	Ön Yıkama (200 ~ 300)	Ön Yıkama (200 ~ 300)	300 ~ 500
Enjeksiyon Harcı	(Bar)	300 ~ 600	300 ~ 600	40 ~ 60
Sıkıştırılmış Hava	(Bar)	yok	8 ~ 13	8 ~ 13
AKIŞ ORANLARI				
Su	(lt/dk)	Ön Yıkama	Ön Yıkama	70 ~ 100
Enjeksiyon Harcı	(lt/dk)	60 ~ 150	100 ~ 150	150 ~ 250
Sıkıştırılmış Hava	(m ³ /dk)	yok	1 ~ 3	1 ~ 3
PÜSKÜRTME AĞIZLIĞININ BÜYÜKLÜĞÜ				
Su	(mm)	Ön Yıkama (1.6 ~ 2.4)	Ön Yıkama (1.6 ~ 2.4)	1.8 ~ 2.5
Enjeksiyon Harcı	(mm)	1.6 ~ 3.0	2.0 ~ 4.0	3.5 ~ 6.0
PÜSKÜRTME AĞIZLIĞININ SAYISI				
Su		Ön Yıkama (1)	Ön Yıkama (1)	1 ~ 2
Enjeksiyon Harcı		2 ~ 6	1 ~ 2	1
TIJİN DÖNME HIZI				
	(Devir/dk)	10 ~ 30	10 ~ 30	3 ~ 8
TIJİN ÇEKİLME HIZI				
	(sn/m)	200 ~ 375	250 ~ 500	375 ~ 625
KOLON ÇAPI				
Kaba daneli zeminler	(m)	0.6 ~ 1.0	1.0 ~ 2.0	1.5 ~ 2.5
İnce daneli zeminler	(m)	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.0 ~ 2.0
SU/ÇİMENTO ORANI				
	W/C	0.8:1 ~ 2:1		
TÜKETİLEN ÇİMENTO MİKTARI				
	(kg/m)	200 ~ 500	300 ~ 1000	500 ~ 2000
	(kg/m ³)	400 ~ 1000	150 ~ 550	150 ~ 650
ZEMİN ELEMANININ MUKAVEMETİ				
Kaba daneli zeminler	(MPa)	10 ~ 30	7.5 ~ 15	10 ~ 20
İnce daneli zeminler	(MPa)	1.5 ~ 10	1.5 ~ 5	1.5 ~ 7.5

Çizelge 2.4. Jet grout yöntemin imalat parametreleri (Lunardi,1977)

SİSTEM	ENJEKSİYON TİPİ	BASINÇ	NOZZLE ADEDİ ve ÇAPI	ÇEKME HIZI	DÖNME HIZI	SU / ÇİMENTO ORANI	POMPA KAPASİTESİ
		(bar)	(adet, mm)	(cm/dak)	(rpm)	-	(lt / dak)
JET 1	Çimento	400 - 550	1 - 2 x 2 - 5	15 - 100	5 - 15	1,0 - 1,5	70 - 600
JET 2	Çimento	400 - 550	1 - 2 x 2 - 5	10 - 30	4 - 8	1,0 - 1,5	70 - 600
	Hava	10 - 12	-	10 - 30	-	-	4000 - 10000
JET3	Çimento	50 - 100	1 - 2 x 4 - 5	6 - 15	4 - 8	1,2 - 1,5	80 - 200
	Hava	10 - 12	-	6 - 15	-	-	4000 - 10000
	Su	-	-	6 - 15	-	-	40 - 100

Çizelge 2.5. Jet grout parametre aralıkları (TS EN 12716/ Nisan 2002)

Çalışma Parametreleri	Tek Akışkanlı Sistem	Çift Akışkanlı Sistem (Karışım+Hava)	Çift Akışkanlı Sistem (Karışım+Su)	Üçlü Akışkanlı Sistem
Enjeksiyon Basıncı (MPa)	30-50	30-50	>2	>2
Debi (L/min)	50-450	50-450	50-200	50-200
Su Basıncı (MPa)	N/A	N/A	30-60	30-60
Su Debisi (L/min)	N/A	N/A	50-150	50-150
Hava Basıncı (MPa)	N/A	0,2-1,7	N/A	0,2-1,7
Hava Debisi (m ³ /min)	N/A	3-12	N/A	3-12

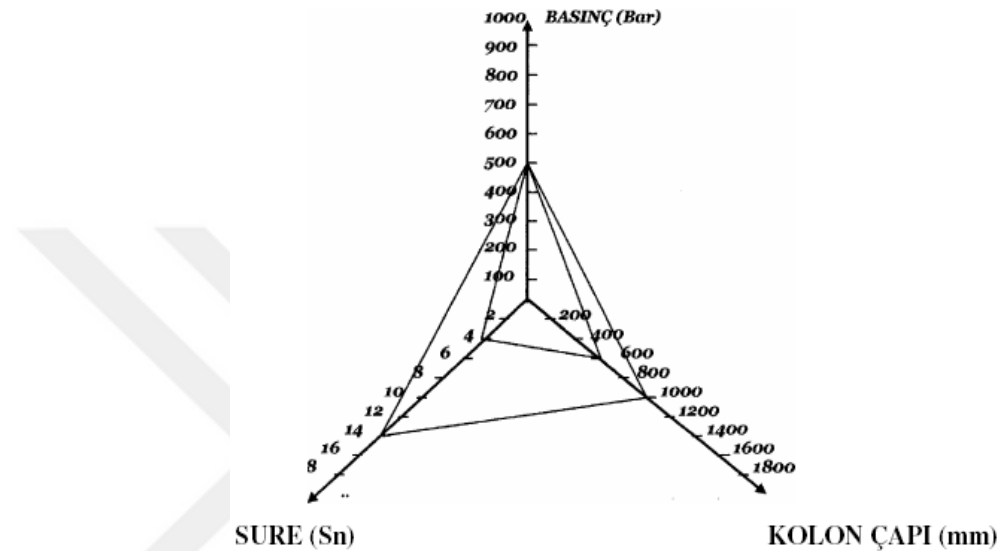
N/A: Uygulanmaz.

Parçalanma etkisi, jetin yüksek hızıyla sağlanır ve büyük oranda kullanılan akışkanın basıncına bağlıdır. Bu tek akışkanlı ve çift (hava) akışkanlı sistemlerde enjeksiyon şerbeti, iki (su) akışkanlı ve üç akışkanlı sistemde sudur.

Çizelge 2.5’de belirtildiği gibi tek ve çift (hava) akışkanlı sistemlerde enjeksiyon basıncı 30 ve 50 MPa arasında değişir. Çok gevşek zeminlerdeki küçük çaplı jet enjeksiyon sütunları gibi bazı özel uygulamalarda 10 MPa gibi düşük değerler de kullanılmıştır (TS EN 12716, 2002).

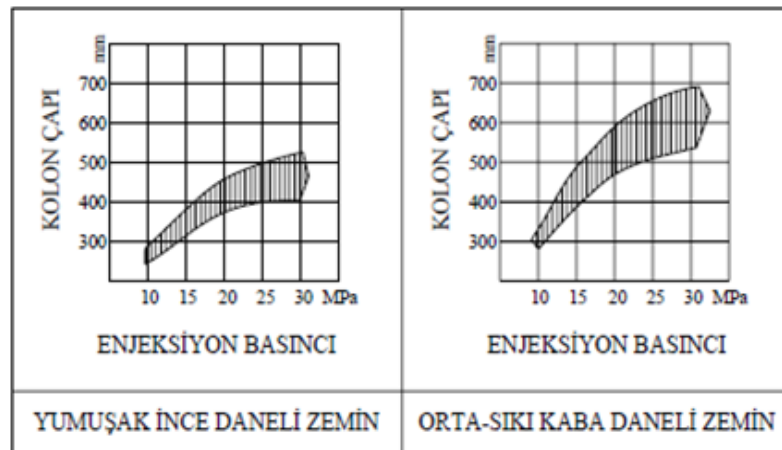
2.5.1.4.(1). Enjeksiyon Basıncı

Enjeksiyon basıncı, elde edilmek istenilen kolonun çapının oluşmasındaki birincil faktördür. Oluşturulmak istenen kolonun çapı, genel olarak enjeksiyon basıncının artmasıyla artmaktadır. Enjeksiyon basıncı, bekleme zamanı ve oluşturulan kolon arasında üçlü bir ilişki söz konusudur. (Şekil 2.3.)



Şekil 2.3. Basınç - Bekleme süresi - Kolon çapı ilişkisi (Melegary ve Garassino, 1997)

Ayrıca enjeksiyon basıncının seçilmesinde dikkat edilecek diğer hususlar, enjeksiyon uygulanacak zeminin cinsi, rölatif sıkılığı ve sistem içerisinde sürtünmeden kaynaklı basınç kayıplarıdır. Farklı zemin ve rölatif sıkılık değerlerinde enjeksiyon basıncının, oluşturulan kolon çapına etkisi Şekil 2.4'de görülmektedir.



Şekil 2.4. Jet grout kolonu ve enjeksiyon basıncı arasındaki ilişki (Xanthakos, 1994)

2.5.1.4.(2). Tij Çekme Hızı ve Döndürme Hızı

Homojen bir kolon oluşturmak için oluşturulan grout karışımının zemine enjeksiyonu için uygun tij çekme ve döndürme hızlarının belirlenmesi gerekmektedir. Çekme ve döndürme hızları optimum şekilde belirlenmezse oluşturulan kolonda ayrışmalar ve heterojen bir durum oluşur. Bu durum da kuşkusuz oluşturulan kolonun taşıma gücünü zayıflatır ve süreklilik sağlanmaz.

Tij çekme ve döndürme hızının uygulanacak zemin cinsine, kullanılan grout karışımının özelliğine, uygulanan jet grout metoduna, enjeksiyon basıncına, nozul adedine ve çapına, oluşturulmak istenilen kolonun tasarım çapına göre ön tasarımlarda ayarlanması gerekmektedir. Saha ve laboratuvar tecrübelerine göre en uygun tij çekme hızı 10-20 rpm ve tij döndürme hızı 5-30 devir/dk arasında aranmalıdır. Çok sıkı olan zeminlerde tije karşı zeminde oluşacak direnci kırmak için tij dönme hızı arttırılabilir.

2.5.1.4.(3). Enjeksiyon Karışımı

Enjeksiyon karışımı olarak genellikle su ve çimento karışımı kullanılmaktadır. Oluşturulacak kolonun dayanımına direkt olarak etki eden bu karışımda kullanılacak malzeme miktarları ön deneylerle belirlenmelidir. İslah edilecek alanın büyüklüğü göz önüne alındığında ekonomik belirleyicilik kullanılacak çimento miktarına bağlı olmaktadır. Genel olarak ıslah edilmiş 1 m³ zemin içerisinde kullanılacak çimento miktarı 350-700 kg arasında değişmektedir.

Enjeksiyon karışımına çimentonun yanında farklı katkı maddeleri de ilave etmek gerekebilir. Bu katkı maddelerinin seçiminde genellikle ıslah edilecek zemin cinsi belirleyici olmaktadır. Enjeksiyon süresince çimento tanecikleri ve kumun askıda tutularak karışım harcının daha duyarlı olmasını sağlayan ve karışımdaki suyun ayrışmasını en aza indiren bentonit karışıma ilave edilebilir.

Enjeksiyonun çabuk katılaşması istenilen yerlerde kimyasal katkı maddeleri, priz hızlandırıcılar kullanılabilir. Bu tür katkı maddeleri, su ile çimento arasında meydana gelen hidratasyon reaksiyonu sonucu açığa çıkan ısıyı daha kısa sürede açığa çıkartarak, enjeksiyon şerbetinin hızlı bir şekilde katılaşmasını ve erken dayanım kazanmasını sağlayacaktır. Priz hızlandırıcılarının enjeksiyon uygulamalarında kullanım alanları olarak, soğuk hava koşullarında yapılacak enjeksiyon işleri, enjeksiyon şerbetinin fazla uzağa gitmemesinin istenildiği durumlar sayılabilir. Hızlandırma etkisi, çimentonun

cinsine - dozajına, çimento - hızlandırıcı etkileşimine, ortam sıcaklığına - nemine, enjeksiyon şerbetinin kıvamına ve eğer akışkanlaştırıcı ile beraber kullanılırsa onun dozajı ve tipine bağlı olarak değişir. Priz hızlandırıcılardan, enjeksiyon şerbetinin priz aldıktan sonra son dayanımlarında düşme yapmaması, bütün akışkanlaştırıcı katkıları ile uyumlu olması, çökme ve jel yapma gibi olumsuzluk yaratmaması istenir. (Özkan, 2006). Kullanılacak priz hızlandırıcı malzemesinin ilgili firmanın ön gördüğü oranlarda kullanılması istenilen verimin alınmasına katkı sağlayacaktır.

Enjeksiyon karışımının zemine daha rahat ve hızlı bir şekilde işlenebilmesi ve yayılması için bazı kimyasal akışkanlaştırıcı katkı malzemeleri de karışıma eklenebilir. Enjeksiyonlarda, akışkanlığın yükseltilmesi, dolayısıyla viskozitenin düşürülmesi için, karışımında yer alan çimentonun ağırlıkça %0,5-1'i kadar genellikle naftalin sülfonat bazlı katkıları eklenir. (Mining Life, 2003).

2.5.1.5. Jet Grout Yöntemi İçin Gerekli Ekipmanlar

2.5.1.5.(1) Delgi Makinesi

Uygulama projesinde istenilen derinliğe kadar inebilen, eğimli kolon yapılması durumlarında istenilen açı verilebilecek özellikte, ucunda zeminin yapacağı dirence ve yüksek basınca dayanıklı özel alaşımlı tij ve üzerinde döndürme ve çekme motor ve tali parçaları bulunan genellikle 90 mm çapında rotary veya darbeli şekilde delgi yapabilen makinedir. Birleşim yerlerindeki keçeler minimum 600 bar basınca dayanıklı olmalıdır.



Şekil 2.5. Delgi makinası (AG Zemin İnşaat)

2.5.1.5.(2)Yüksek Basınç Pompa Ünitesi

Karıştırma ünitesinde hazırlanan enjeksiyon karışımının delgi makinesinde bulunan tijlerin ucundaki nozullardan zemine enjeksiyonunu sağlayan ünedir. Delgi makinesi ile bağlantısı yüksek basınca dayanıklı hortumlardan oluşur. Pompa ünitesinden nozulların ucuna gönderilen karışım harcının basıncı arttıkça oluşturulacak kolon çapı artmaktadır. Jet grout kolonlarının yapımında 60MPa da 150 - 450lt/dk. arasında çimento harcı basabilen ve 8 saate kadar sürekli çalışabilen pompalar kullanılmaktadır (Kauschinger vd., 1992) (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Yüksek basınçlı enjeksiyon pompası (zeminarastirma-url)

2.5.1.5.(3) Karıştırma Ünitesi

Çimento silosundan alınan çimento ve su pompasından basılan su karıştırma ünitesinde karıştırılarak projesinde öngörülen dozajda enjeksiyon şerbeti oluşturulur. Gerekli durumlarda katkı maddeleri ilave edilerek öngörülmeyen çökelme engellenir (Şekil 2.7.).



Şekil 2.7. Çimento karıştırma ünitesi (zeminarastirma-url)

2.5.1.5.(4) Çimento Silosu

Projesinde kullanılacak çimento cinsi belirlendikten sonra sahaya dökme çimento getirilerek çimento silosunda biriktirilir. Olumsuz hava koşullarından çimentonun korunması sağlanır. En az 50 tonluk silo oluşturulur (Şekil 2.8.).



Şekil 2.8. Çimento silosu (geodata-url)

2.5.1.5.(5) Su Pompası

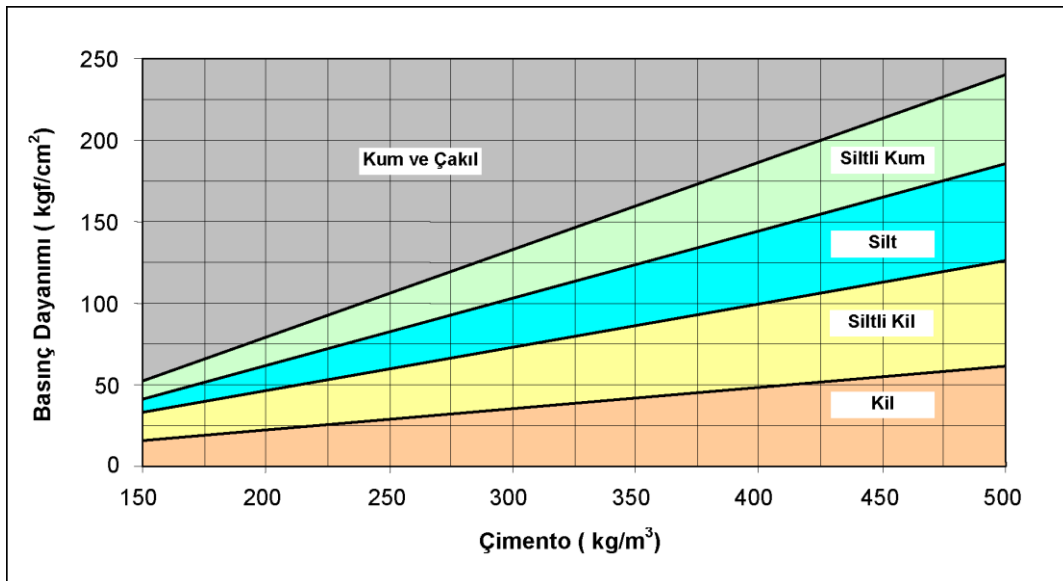
Karışım harcında kullanılan suyun temiz berrak olması ve kimyasal içermemesi gerekmektedir. Dolayısıyla uygulama yapılacak sahada su depolanır. Depolanan su ya kendi cazibesiyle ya da pompa sistemi ile karıştırma ünitesine aktarılır.

2.5.1.6. Uygulamada Kullanılacak Çimento Miktarının Belirlenmesi

Uygulamaya başlamadan önce karar verilmesi gereken ilk parametre, zeminin türüne göre oluşturulacak kolonun basınç dayanımının ne olacağıdır. Bu basınç dayanımını sağlamak için 1 m³ enjeksiyon karışımında kullanılacak olan çimento miktarının bilinmesi gereklidir. Bunun için çeşitli zeminlerin çimento enjeksiyonu

sonrasındaki basınç dayanımları ilişkisini veren Şekil 2.9'daki abak kullanılarak istenilen basınç dayanımını sağlamak için kullanılacak çimento miktarı konusundaki yaklaşım yapılabilir. Enjeksiyon karışım bileşenleri seçildikten sonra karışıma girecek bileşenlerin su ile karışımından sonra, pompalanabilir özellikte olması istenir. Yüksek su/çimento oranlarında, karışımın pompalanma özelliğinin artmasına rağmen basınç dayanımı düşük olur. Bu durumun tam tersinde de düşük su/çimento oranları kullanıldığında ise karışımın pompalanma özelliği azalmasına rağmen basınç dayanımı artar.

Aynı zamanda karışıma girecek bileşenlerin oranları, püskürtmeli enjeksiyon uygulamasının yapılacağı zeminin granülometrik durumu, içerdiği su miktarı ve permeabilite değerlerine göre de değişkenlik gösterir. Kumlu-çakıllı zeminlerde yer alan su ve karışımdan gelen su, zeminin geçirgen özellik oluşturması dolayısıyla içsel akış ile zeminden gidebilir. Bu durum da göz önüne alınarak su/çimento oranının artırılması gerekebilir. Killi-siltli zeminlerde ise kohezyon kuvvetinin fazla olması ve permeabilitesinin düşük olması nedeniyle içsel akış çok yavaş olacaktır. İstenilen basınç dayanımına ulaşmak için su/çimento oranı düşürülür. Ayrıca zeminlerde yeraltı su seviyesi fazla ise bu yeraltı suyu akımının etkilerini azaltmak için bentonit, kullanılacak karışıma ilave edilebilir. Genellikle karışımda bulunması gereken su/çimento oranı 1,0-1,5 arasında değişmektedir. İdeal karışım oranı arazide yapılacak ön tasarım jet grout kolonları ile bulunacaktır.

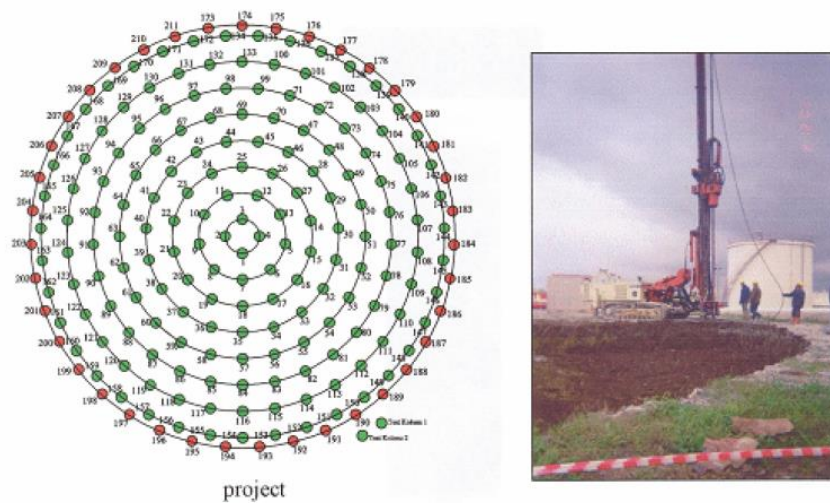


Şekil 2.9. Farklı zeminlerde basınç dayanımı- Çimento miktarı ilişkisi (jetgrouting-ur1)

2.5.1.7. Jet Grout Sisteminin Uygulama Alanları

- Zayıf zeminlerin iyileştirilerek, üzerine yapılacak yapıların emniyetinin sağlanmasında,
- Mevcut temellerin askıya alınmasında,
- Mevcut yapıların oturmalarını önlemede,
- Kazı yüzeylerinin desteklenmesinde,
- Komşu bina temeli desteklenmesinde,
- Yeraltı su seviyesi yüksek olan zeminlerde kazı çukurlarına gelen yeraltı sularının azaltılmasında,
- Geçirimsizlik perdeleri oluşturmada,
- Şev ve heyelan stabilizasyonları yaparak zeminin duyarlı hale getirilmesinde,
- Zayıf zeminlerde inşa edilecek olan yol ve seddelerde oturmayı önlemede,
- Kumlu zeminlerde sıvılaşma sorununu önlemede,
- Büyük yakıt tanklarının yer aldığı zeminlerde oturmanın önüne geçmede,
- Büyük yakıt tanklarının etrafındaki zayıf bölgelerin sağlamlaştırılmasında ve çeşitli inşaat uygulamalarında,
- İstinat veya dayanım yapılarının oluşturulmasında,
- Diğer geoteknik çalışmaların tamamlanmasında kullanılır.

Jet Grout uygulamasının farklı kullanım alanları ile ilgili görüntüler Şekil 2.10 - Şekil 2.36 arasında gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Temel zeminini iyileştirilmesinde kullanımı



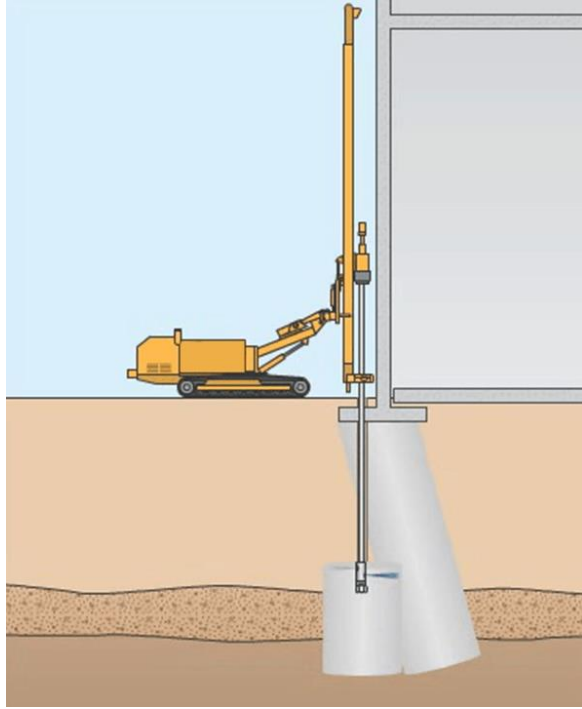
Şekil 2.11. Ereğli Turckel Santral Binası temel zemini iyileştirilmesinde kullanımı (geodata-url)



Şekil 2.12. Kazı yüzeyinin desteklenmesi ve iksa sisteminde kullanılması



Şekil 2.13. Ulukışla-Gümüş Hattı Demiryolu zemin iyileştirilmesinde kullanımı



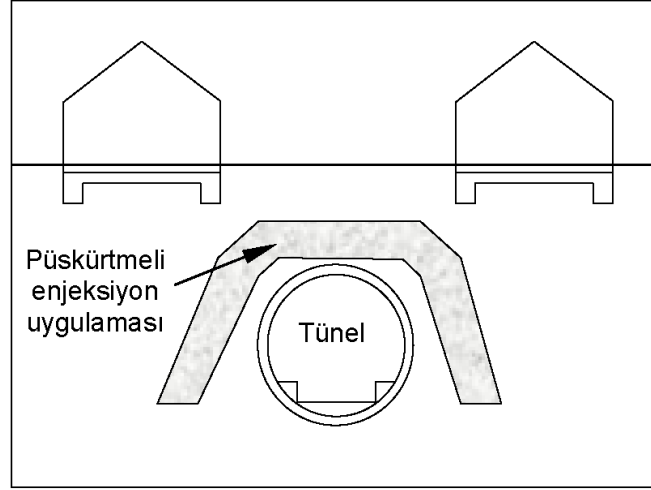
Şekil 2.14. Komşu bina temeli desteklenmesinde kullanımı



Şekil 2.15. Komşu bina temeli desteklenmesinde kullanımı (zakladini-url)



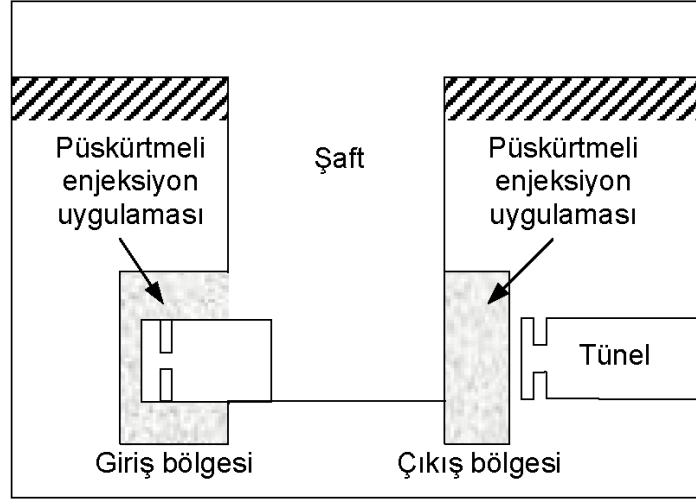
Şekil 2.16. Bogenbay Köprüsü, köprü ayağı iyileştirme (zakladini-url)



Şekil 2.17. Tünel çukurlarında zemin duyarlılığının sağlanması (Keller,1992)



Şekil 2.18. Tünel çukurlarında zemin duyarlılığının sağlanması (zakladini-url)



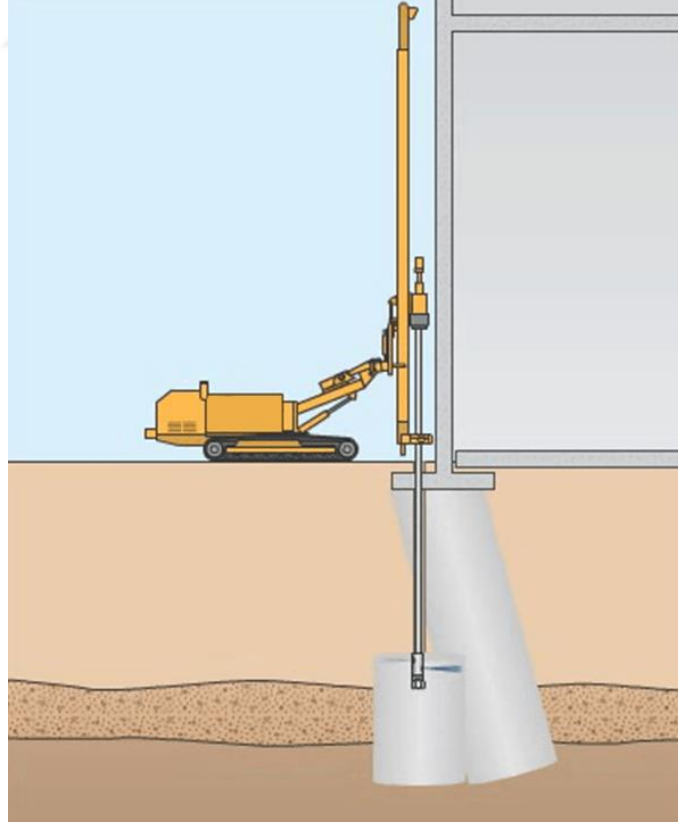
Şekil 2.19. Şaft kazılarında kullanımı (Keller,1992)



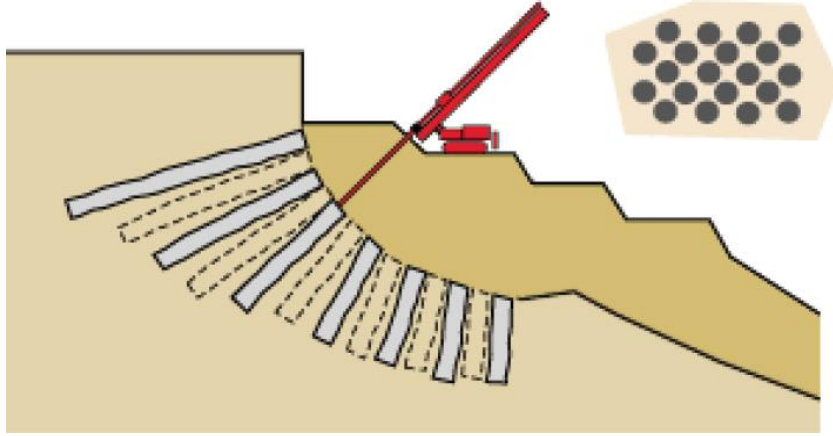
Şekil 2.20. Şaft kazılarında kullanımı (zakladini-url)



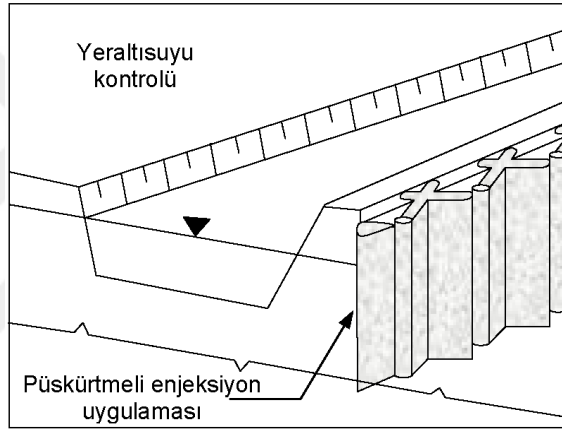
Şekil 2.21. Kedaş Genel Müdürlük Binası İzmit bina içinden temel takviyesinde kullanımı



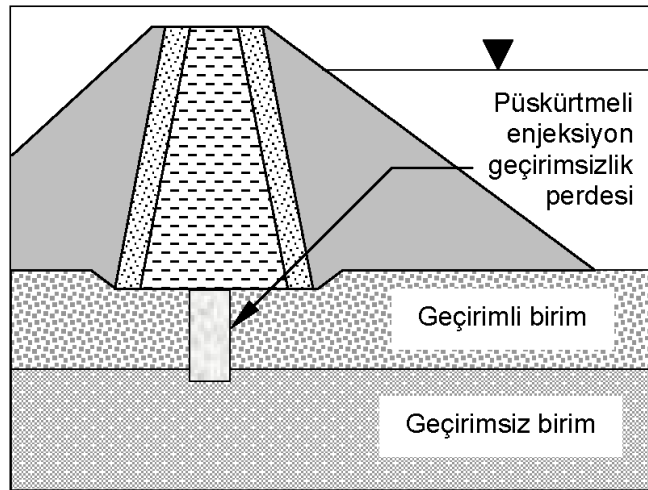
Şekil 2.22. Temel takviyesinde kullanımı



Şekil 2.23. Şev stabilizesinde kullanımı



Şekil 2.24. Nehir seddelerinde olan su sızmalarının önlenmesi (Keller,1992)



Şekil 2.25. Geçirimsizlik perdesi oluşturulması (Keller,1992)

2.5.1.8. Jet Grout Sisteminin Uygulanması

Uygulamada TS EN 12716 Özel Jeoteknik Uygulamalar standardı esas alınır.

2.5.1.8.(1). Çalışma Sahasının Hazırlanması

- İnşaat sahası ve yolları makine ve personelin verimli çalışarak planlanan günlük imalat miktarlarının yapılabilmesi ve imalat kalitesine ulaşabilmesi için düzgün ve kuru tutulmalıdır.
- Delgi makinesi, paletli vinç, beton mikseri, beton pompası ve ağır iş makinelerinin 10 cm'den fazla batmadan çalışmalarına imkan sağlayacak biçimde düzeltilip, sıkıştırılmalıdır. Dolgular, delme işini zorlaştırmayacak uygun malzemelerle yapılmalıdır.
- Çalışma sahasında uygun yüzey drenaj sistemi tesis edilerek platformun kuru kalması sağlanır.
- Foraj malzemesi ve yeraltı suyu sürekli olarak sahadan uzaklaştırılarak çalışma sahasının bozulması önlenmelidir.
- Uygulama projeleri ve yapım yöntemleri zemin raporlarına göre belirlenmelidir.
- Yer altında ve üstündeki delmeyi zorlaştıran beton ve çelik engeller, altyapı kanalları resmi kuruluşlara yazılı tespit yaptırılarak işveren tarafından kaldırılması sağlanmalıdır.

2.5.1.8.(2). Jet Grout Kolonların Yerleştirilmesi ve İmalat Toleransları

- Jet grout kolonların zemine işaretlenmesi uzman ölçüm ekibi tarafından tek tek yapılmalıdır.
- Tüm jet grout kolonlar, uygulama projelerinde gösterilen merkez konumlarından en fazla 75 mm mesafe içinde kalacak şekilde oluşturulacaktır.
- Jet grout kolon deliğinin oluşturulması esnasında, delgi ucu mümkün olduğunca düşey bir konumda tutulacak ve düşeyden sapma 1/50'den daha fazla olmamalıdır.

- Jet grout kolonunun projede istenilen ortalama çapını elde etmek için gerekli imalat parametreleri test kolonları oluşturularak belirlenir. Yakın veya aynı sahada daha önce yapılmış jet grout kolonu varsa parametreleri kullanılabilir.
- Jet groutların yerleştirme sırası daha önce yapılmış olan kazıkları yerlerinden yatay ve düşey doğrultularda minimum derecede hareket ettirecek şekilde olmalıdır.
- Bir jet grout bitiminden en az 24 saat geçmeden 2 çap çevresinde delgi yapılmayıp, imalat atlamalı olarak sürdürülmelidir.

2.5.1.8.(3). Jet Grout Kolon İmalatı

Jet grout kolonu genellikle 300-600 bar basınçla püskürtülen su ve imento (gerekli görüldüğü durumda katkı malzemesi ilave edilen) karışımının zeminin boşluklarını doldurarak sıkıştırması suretiyle elde edilir. Yüksek basınç, sevk edilen enjeksiyonun (grout) nozzle'lerden geçerken yüksek bir kinetik enerji kazanmasını sağlar. Su-imento karışımının hızı 250m/sn değerlerine ulaşarak, enjeksiyon zeminini yırtarak zeminle birleşerek çimentolu zemin yapısı oluşur. Jet groutun özelliklerini belirleyen parametreler; zemin cinsi, jet enjeksiyon tiji içerisindeki akışkan basıncı, jet enjeksiyon tiji içerisindeki akışkan debisi (nozzle çapı), enjeksiyon şerbetinin karışım oranları, tiji çekme ve döndürme hızıdır.

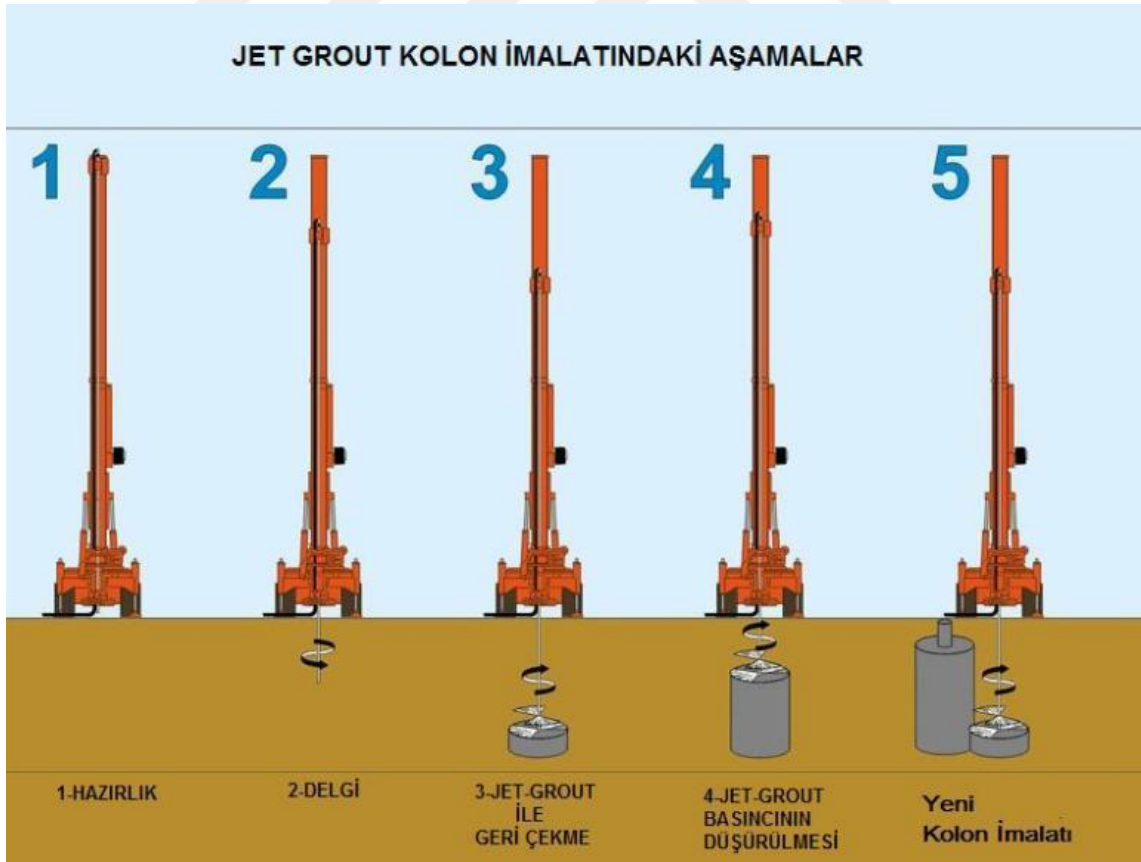
Delgi sırasında kuyu ağzının yeraltı su seviyesinin üzerinde olması çalışabilme açısından tercih edilmektedir. Delme metodu zemin cinsine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Darbeli veya darbesiz delme işlemi gerçekleşebilir. Delme işleminin kolaylaştırılması, u takımının soğutulması ve zeminin enjeksiyona hazırlanması amacıyla delme sırasında değişik akışkanlar kullanılabilir. Bunlar su, hava, bentonit şerbeti veya grout olabilir. Bentonit genellikle yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Bağlantı manşonlarında 600-700 bar basınca dayanıklı sızdırmazlık elemanları (genellikle keçe) ve delgi için 90 mm çapında tijler kullanılmaktadır.

Delme işlemi gerçekleştikten sonra projede istenilen derinliğe ulaşıldığında delme işlemi ve akışkanı basma işlemi durdurulmaktadır. elik bir bilye grout borusuna yollanarak groutun yönü monitör ve delgi ucunun hemen arkasında bulunan 2.0-2.5mm çapındaki 2-4 adet nozzle'ları taşıyan takıma çevrilmektedir. Karışımda kullanılacak

olan suyun çimentoya oranı 0,7 nin altına inmemelidir. Aksi halde groutun basılması esnasında yoğun olan karışım hortumda katılaşabilir ve nozulları tıkayabilir.

Yüksek basınçlı groutun pompalanmaya başlanması ile enjeksiyon olayına geçilir. Yaklaşık 250m/sn hızlı grout delici takımın dönme hareketi ile dairesel kesitli bir tabaka halini almaktadır. Delici takımın önceden belirlenen dönme hareketi ile sabit bir hızla yapılan çekme hareketi birleşerek düşey kolon şeklinde yapı ortaya çıkar. Zemine, çimento enjeksiyonu yapma işlemi, projesinde belirtilen/istenen jet grout üst kotuna kadar olur. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus da jet grout enjeksiyonun kinetik enerjisinden zarar görmemek için oluşacak kolonun üst kotunun yüzeyden 30 cm aşağıda bırakılmasıdır.

Enjeksiyon esnasında delici takımın kenarlarından dışarıya bir miktar zemin materyali taşması beklenebilir. Bu durum uygun olmakla beraber, oluşturulan grout harcı ile karışan zemin içinde aşırı basınç oluşmadığı yönünde yorumlanabilir. Aşırı basınç oluşması durumunda zeminde kırılmalar ve oluşturulan kolonlarda süreksizlik gibi sorunlar meydana gelebilir (etizemin-ur1).



Şekil 2.26. Jet grout kolon imalatındaki aşamalar (collidrill-ur1)

2.5.1.9. Raporlar ve Üretim Kaynakları

Jet enjeksiyonu metedounun uygulanmasında “TS EN 12716 Özel Jeoteknik Uygulamalar-Jet Enjeksiyon” standardı kullanılmaktadır. Jet enjeksiyon çalışmalarına başlamadan önce bir metot raporu sunulmalıdır. Bu metot raporu en azından aşağıdaki bilgileri ihtiva etmelidir (TS EN/12716).

- Jet enjeksiyon tanımı, amacı ve kapsamı,
- Zeminin tanımlanması,
- Gerekli jet enjeksiyon elemanının şekli,
- Jet enjeksiyon sistemi,
- Jet enjeksiyon işinin tasarımı,
- Çalışma işlemi (sondaj, jet enjeksiyon, uygulama sırası),
- Jet enjeksiyon parametreleri,
- Kullanılan malzemeler (sondaj ve jet enjeksiyon için),
- Özellikle siltli veya killi zeminlerde, kabul edilemeyecek oturma ve şişmelerden sakınmak için yöntemin korunma tedbirleri,
- Saha yerleşimi ve çalışma alanı,
- Tesis ve teçhizat,
- Atık işleme,
- İhale şartlarına uygun kalite kontrol ölçümü,
- Delme doğruluğunun sağlanması için alınması gereken önlemler,
- Enjeksiyon işlemi esnasında olası iş duraksamaları ile ilgili işlemler;
- Enjeksiyonlanmış malzemenin ilk prizi sırasında istenen seviyede enjeksiyonun sağlanması için alınması gereken önlemler,
- İş sırasında jet enjeksiyon parametrelerindeki muhtelif değişiklikler,
- Deney yöntemleri,
- İşe ait dökümanlar (çizimler, raporlar).

2.5.1.10. Saha Uygulamasındaki Dökümanlar

2.5.1.10.(1). İnşaat Alanında Mevcut Olan Dökümanlar

Aşağıdaki dökümanlar ana jet enjeksiyonu işleri başlamadan önce inşaat alanında bulunmalıdır:

- Teknik şartnameler,
- Uygulama çizimleri,
- Varsa metot raporu,
- Zemin şartlarını belirten bir jeoteknik rapor,
- Jet enjeksiyonu tesisinin teknik şartnamesi,
- Kullanılan malzemelerin karakteristiklerinin tanımları,
- Yapılmışsa ön deneyler hakkında bir rapor.

Jet enjeksiyon çizimlerinde aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır:

- Zemin profili,
- Elemanların şekilleri,
- Eleman numaraları,
- Her elemanın yeri, yönü konum ve toleransları,
- Muhtemel yer altı engellerinin konumları, drenaj ve diğer alt yapı tesislerinin yerleri,
- Gerekli olduğu yerlerde uygulama sırası.

2.5.1.10.(2). Şantiyede Hazırlanacak Dökümanlar

- İleride referans olarak kullanılmak üzere jet enjeksiyon uygulaması kaydedilir.
Her eleman şunları kapsamalıdır:
 - ✓ Jet enjeksiyonu parametreleri,
 - ✓ Kirlenmiş akışkan hakkında yorum ve açıklamalar,
 - ✓ Beklenilmeyen durumlar,
 - ✓ Uygulamanın tarihi ve zamanı,
- Ek Çizelge 2.6 ve 2.7'de verilen şantiye kayıt örnekleri.

- Yerinde ön denemelerin uygulandığı inşaat alanları için, geçerli zemin şartlarına bağlı olarak elde edilen sonuçları ve inşa edilecek jet enjeksiyonlu yapıların boyutlarını da ihtiva eden ayrıntılı bir rapor hazırlanmalıdır.
- Jet enjeksiyonu uygulama planı ve bütün kayıtlar işin tamamlanmasından sonra da muhafaza edilmelidir.

Çizelge 2.6. Jet Tesisi Günlük Raporu (TS EN 12716, Nisan 2002)

Jet Tesisi Günlük Raporu										
ŞANTIYE:			BÖLGE			Pompa Tipi:				
TARİH:						Kontrolör:				
VARDIYA						İmza:				
Kontrolör Talimatları										
			Değer		Enjeksiyoncu			Enjeksiyon kontrolü		
Su Basıncı (bar)								Zaman		Yoğunluk (kg/L)
Su Debisi (L/min)										
Enjeksiyon Basıncı (bar)										
Enjeksiyon debisi (L/min)										
			Enjeksiyon A		Enjeksiyon B					
Çimento/harman (kg)										
Su/ harman (kg)										
Harman kütlesi (kg)										
Harman hacmi (L)										
Enjeksiyon yoğunluğu (kg/L)										
Enjeksiyoncu Denetimi										
Sütun No	Sondaja başlama	Sondaj bitişi	Ön jet enjeksiyona başlama	Ön jet enjeksiyon bitişi	Jet enjeksiyona başlama	Jet enjeksiyon bitişi	Jet enjeksiyonu başlama zamanı	Jet enjeksiyonu bitiş zamanı	Su basıncı	Enjeksiyon basıncı
Duraklamalar								Hazırlanan karışım (harman) sayısı		
Başlangıç Zamanı	Bitiş Zamanı		Kesinti türü				Diğer Gözlemler			
							Enjeksiyoncu:			
							İmza:			

Çizelge 2.7. Jet Tesisi Günlük Raporu 2 (TS EN 12716, Nisan 2002)

ŞANTIYE:		BÖLGE		Pompa Tipi:						
TARİH:				Kontrolör:						
VARDİYA				İmza:						
Kontrolör Talimatları										
		Değer	Enjeksiyoncu							
Su Basıncı (bar)					Enjeksiyon kontrolü					
Su Debisi (L/min)					Zaman					
Enjeksiyon Basıncı (bar)					Yoğunluk (kg/L)					
Enjeksiyon debisi (L/min)										
		Enjeksiyon A	Enjeksiyon B							
Çimento/harman (kg)										
Su/ harman (kg)										
Harman kütlesi (kg)										
Harman hacmi (L)										
Enjeksiyon yoğunluğu (kg/L)										
Enjeksiyoncu Denetimi										
Sütun No	Sondaja başlama	Sondaj bitişi	Ön jet enjeksiyona başlama	Ön jet enjeksiyon bitişi	Jet enjeksiyona başlama	Jet enjeksiyon bitişi	Jet enjeksiyonu başlama zamanı	Jet enjeksiyonu bitiş zamanı	Su basıncı	Enjeksiyon basıncı
Duraklamalar						Hazırlanan karışım (harman) sayısı				
Başlangıç Zamanı	Bitiş Zamanı		Kesinti türü			Diğer Gözlemler				
						Enjeksiyoncu:				
						İmza:				

2.5.1.11. Kontrol Deney ve Gözlem

Jet enjeksiyon yapılmış elemanların geometri ve uygun olduğu yerlerde mukavemet, deformasyon özellikleri, geçirgenlik ya da jet enjeksiyonlu elemanın yoğunluğu gibi özellikleri kontrol amacıyla gözlemlenmelidir.

2.5.1.11.(1). Ön Deneyler

- Yeterli incelemenin bulunmadığı durumlarda, uygun ön arazi deneyleri tasarlanmalı ve uygulanmalıdır. Bu deneyler sahada karşı karşıya gelinebilecek şartları kapsayarak aşağıdakilere imkan sağlamalıdır:
 - ✓ En etkin sistem ve jet enjeksiyon parametrelerinin tayini,
 - ✓ Seçilen sistem ve jet enjeksiyon parametreleri kullanılarak sonuçların tasarım şartlarını sağladığının doğrulanması.
- İşe başlamadan önce ön deneyler uygulanıyorsa ve bir kazı mümkün ise, jet enjeksiyonlu elemanların geometrik ve mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi açığındaki jet enjeksiyonlu elemanların gözle muayenesi, kazı karot elemanları üzerinde yapılan deneyler yapılmalıdır.
- Ön deneylerin yapıldığı durumlarda, jet enjeksiyonlu elemanlar kazı yoluyla ortaya çıkarılamıyorsa, sonuçlar (özellikle eleman boyutları hakkında) karot numuneleri üzerinde ya da priz öncesi doğrudan veya dolaylı yöntemlerle belirlenmelidir.
- Karot alma ve yukarıda belirtilen dolaylı deneyler asıl işlerin “yapıldığı haldeki” geometrilerini belirlemek için kullanılıyorsa ve ön elemanların gözle muayenesi mümkünse, aynı yöntem ilk elemanlara da uygulanarak yöntemin güvenilirliği denetlenmelidir.
- Dolaylı deneyler ve karot numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri, sonuçların doğruluk dereceleri göz önünde tutularak dikkatle seçilmelidir.
- Uygulanabilecek bazı dolaylı deneyler aşağıdaki gibidir:
 - ✓ Seri halde üst üste bindirilmiş jet enjeksiyonlu elemanın sürekliliğini denetlemek için jeofiziksel karşılıklı kuyu (cross-hole) deneyi kullanılabilir.

- ✓ Yüksek geometrik doğruluk talep edilirse, jeofizik deneyleri veya karot almak için kuyuların düzeni kuyu sapma ölçümleri ile belirlenir.
- ✓ Karşılıklı kuyu deneyi, P dalgalarının ve S dalgalarının hızını ölçmelidir.
- ✓ Karşılıklı kuyu deneylerindeki hız ölçümlerinden E ve G modüllerinin mikrodeformasyonun şekil değiştirme alanı içindeki değerleri belirlenebilir.
- ✓ Jet enjeksiyonlu elemanın geometrisi prizden önce yapılacak CPT ile de belirlenebilir. Bu metot, esas olarak zeminde yüksek penetrasyon dayanımına sahip olarak oluşturulmuş jet enjeksiyonlu elemanların yeni enjeksiyonlanmış elemanların düşük dayanımıyla karşılaştırılmasına dayanır.
- ✓ Çeşitli durumlarda başka deney yöntemleri de kullanılabilir; örneğin SPT, dinamik koni veya presiyometre gibi.

2.5.1.11.(2). Gözlem ve Proses Sırasındaki Deneyler

- Jet enjeksiyon parametrelerinin ölçümleri için kullanılan ölçü aletleri ve manometreler, işe başlamadan önce kalibrasyonu denetleyerek kontrol edilmelidir.
- Akışkanların basınçları genellikle pompa basıncı cinsinden ölçülür. Uzun hatların ya da çok derin işlemlerin bulunduğu durumlarda enerji kayıpları da göz önüne alınmalıdır.
- Uzun süreli işlerde, cihazların düzenli kontrolü sağlanmalıdır.
- Planlamada başka şekilde tespit edilmemişse, jet enjeksiyonlu elemanların sapsmaları, enjeksiyon öncesi ve sonrasında jet enjeksiyon tijinin yüzeydeki sapsması ölçülerek belirlenir.
- Kirlenmiş akışkanın, debisi ve özellikleri gözlemlenir, gözlem not edilir.
- Kirlenmiş akışkanın, yoğunluğu düzenli olarak ölçülmeli ve kaydedilmelidir. Beklenmeyen sonuçların muhtemel sebepleri araştırılmalıdır.
- Geri akış numuneleri alınmalı ve basınç deneylerine tabi tutulmalıdır.
- Enjeksiyon karışımı üzerinde şu deneyler uygulanmalıdır:
 - ✓ Ön deneyler,
 - ✓ Yoğunluk,

- ✓ Terleme (1000 cm^3 , 60 mm çapında silindir üzerinde 3 saat),
- ✓ Marsh viskozite,
- ✓ Priz zamanı,
- ✓ Silindir numuneler üzerinde (yükseklik/çap oranı 2,0) 3, 7 ve 28. günlerde ve geç priz alan karışım kullanılıyorsa 56. günde serbest basınç deneyleri,
- ✓ Çalışma sırasındaki deneyler,
- ✓ Yoğunluk (en az vardiya başına 2 adet; Marsh viskozitesi günlük),
- ✓ Terleme (günlük).

2.5.1.11.(3). Geometriyi Belirlemek Üzere Yapılan Deneyler

- Boyutları belirlemenin en etkili yolları gözle yapılan muayene ve doğrudan ölçmedir. Bu tercihen elemanın tüm derinliği boyunca büyük kazılar gerektirir ve bu yüzden de kullanılacak yapılarda çok uygulanabilir değildir.
- Gözle muayenenin mümkün olmadığı durumlarda, bir elemanın kesit boyutları hakkında bilgi, eleman eksenine eğik olarak yapılan karot ve sondajlar sayesinde delme hızı ölçülerek elde edilebilir.
- Bir elemanın uzunluğu, eksenine paralel olarak yapılan karot, delme ya da penetrasyon deneyleri ile belirlenebilir. Bu özellikle elemanlar için uygulaması oldukça zor olan bir yöntem olup, uzunluğun çapa oranı 15'i geçtiği elemanlarda kullanılmaz.
- Delme işlemi yapılırken, delme ekseninin eğimi ölçülmeli ve jet enjeksiyonlu elemanın konum ve eğimi önceden belirlenmiş olmalıdır.
- Delme işlemi, belirli bir priz alma zamanı geçtikten sonra yapılmalıdır.
- Karotlu delme işleminin metodu, kullanılan donanım ve karot boyutları tipik numunelerin elde edilmesini sağlayacak şekilde seçilmelidir. Jet enjeksiyonlu elemanlar killi/siltli ya da heterojen zeminlerde (örneğin çakıl ve iri bloklar içeren) oluşturulduğunda veya jet enjeksiyonlu eleman düşük mukavemetli olduğunda özel önlemler gereklidir.

2.5.1.11.(4). Mekanik Deneyler

- Jet enjeksiyonlu malzemenin mekanik özelliklerini belirlemek için saha deneyleri kullanıldığında (penetrometre, presiyometre ya da delmeyi gerektiren herhangi bir deney) ölçü yapan aletin konumu, eleman geometrisi ve yerleşimine göre tanımlanmalıdır.
- Basınç deneyleri, yükseklik/çap oranı 2,0'a eşit olan numuneler uygulanır.
- Tasarımda aksi belirtilmedikçe, jet enjeksiyonlu elemanın basınç mukavemeti her 1000 m³ lük hacimden alınan dört numune üzerinde yapılan deneyler ile belirlenmelidir.
- Mekanik özellikler karotlar yardımıyla belirleniyorsa, deney yöntemlerinin, numune alma ve kesme şeklinin sonuçlara etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.
- Mukavemet ve elastikiyet modülünün zamanla artma eğilimi zemin cinsine kuvvetli şekilde bağlı olup, ince malzeme oranının yüksek olduğu zeminlerde daha uzun sürede gelişim gösterir.
- Dolaylı (Brazilian) çekme deneyi ve kesme deneyleri, gerektiğinde özel uygulamalarla karotlar üzerinde de uygulanabilir.
- Jet enjeksiyonlu elemanlar üzerinde sahada yapılan yükleme deneyleri, derin temeller olarak kullanıldıkları yerlerde de uygun olabilir.
- Mekanik deneyler, enjeksiyonlu malzemenin priz almasından sonra, uygun zamanlarda, yapısal talepler ve zeminin özelliklerinin jet enjeksiyonlu malzemenin sertleşmesine etkisi dikkate alınarak uygulanır.
- Mekanik deneyler için alınan numuneler, kontrollü nem ve sıcaklık koşulları altında depolanmalıdır.

2.5.1.11.(5). Geçirimsizlik Deneyleri

- Jet enjeksiyonlu yapı sızdırmazlığının, pompa deneyleri ve/veya piezometrik ölçümlerle belirlenmesi gerekir.
- Bir kazının çevresindeki ya da altındaki bir jet enjeksiyonlu yapının sızdırmazlığı pompa deneyleri ve piezometrik ölçümlerle belirlenmeden, yer altı su seviyesinin altında herhangi bir kazı faaliyeti yapılmamalıdır.

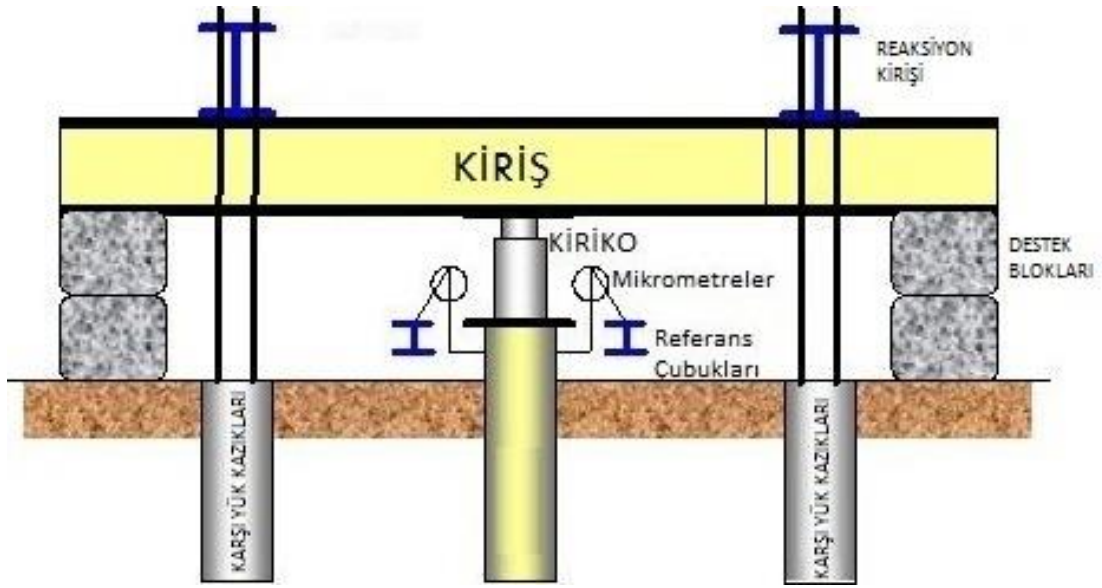
- Elemanların geçirirliği sondaj kuyularındaki pompa deneyleri ile belirlenebilir.



Şekil 2.27. Jet grout kolon kalite kontrolü (geozerezmin-ur1)



Şekil 2.28. Jet grout kolon boyut ölçümü (geozerezmin-ur1)



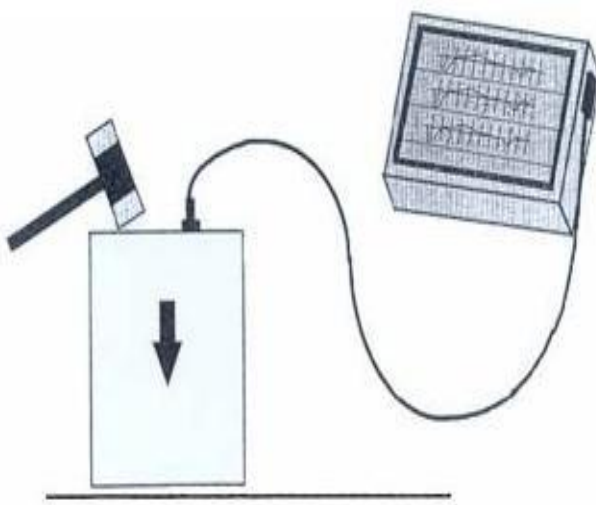
Şekil 2.29. Plaka yükleme şematik gösterimi (zeminarastırma-ur1)



Şekil 2.30. Kazık yükleme deney düzeneği (zeminarastırma-ur1)



Şekil 2.31. Jet grout kolonundan karot alımı (cantem-url)



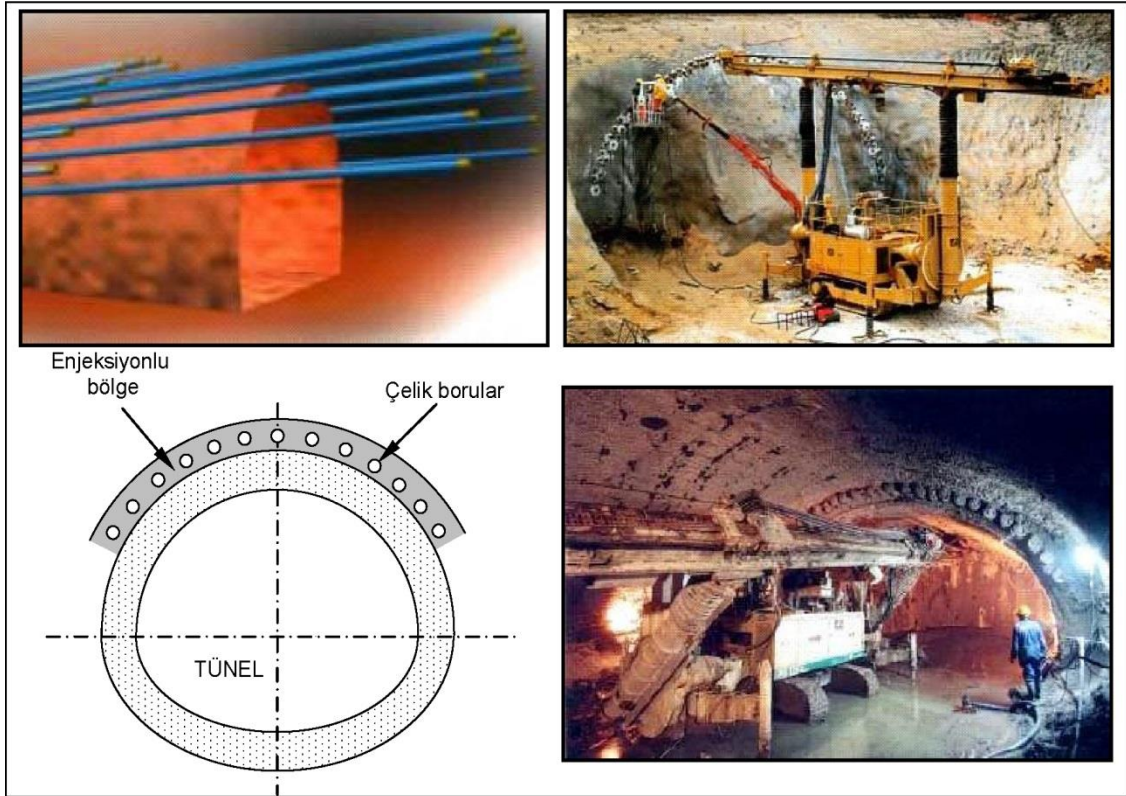
Şekil 2.32. Kazık süreklilik deney aletinin ve uygulamasının gösterimi (zeminteknolojileri-url)

2.5.2. Süren (Forepoling) Sistemi

Kentsel alanlarda zayıf özellik gösteren zeminlerde ve trafik planlamalarında, genellikle yeraltı çalışmalarında (taşıt, metro tüneli gibi) sığ derinliklerde yapılır. Bu tip tüneller, çevrelerinde bulunan bina gibi yapılara en az etkiyi yapacak şekilde inşaa edilmelidir. Kentsel alanların dışında da sık sık zayıf ve güçsüz zeminlerde çeşitli amaçlara hizmet eden tüneller açılmaktadır. Zayıf zemin ve kayada açılan tünellerde güvenlik açısından ve tünel açılımı sırasında olabilecek deformasyonların engellenmesi için destekleme sistemi olarak süren (forepoling) uygulaması kabul görmeye başlamıştır.

Süren (forepoling) yöntemleri, açılacak olan tünelin üstünde az örtü kalınlığı olduğu durumlarda, tünel açılımı nedeniyle yüzeyde olabilecek oturmaların engellenmesi ve zayıf zemin ve kayalarda açılacak tünellerde uygulanır. Uygulamada, tünel açılımına başlamadan önce kazı aynasında ve tavanında yanlara doğru şemsiye gibi açılan geometrik şekilde ve tünel tavanı ile belirli bir açı yapacak şekilde delgiler yapılır. Delgi içlerine çelik borular yerleştirilir ve çevreleri normal enjeksiyon basınçları altında enjeksiyonla doldurulur (Şekil 2.33.). Böylece tünel alt kısımlarında destekleme yapılmış olur. Üç tür süren (forepoling) uygulaması bulunmaktadır (Rotex, 2002). Bunlar:

- Yan yatay püskürtmeli (jet grout) enjeksiyon yöntemleri,
- Delgi ile boru çakma (spiling) yöntemi,
- Borulu çatı (boru sürme) yöntemidir.



Şekil 2.33. Tünelde süren (forepoling) uygulaması (Rotex, 2002)

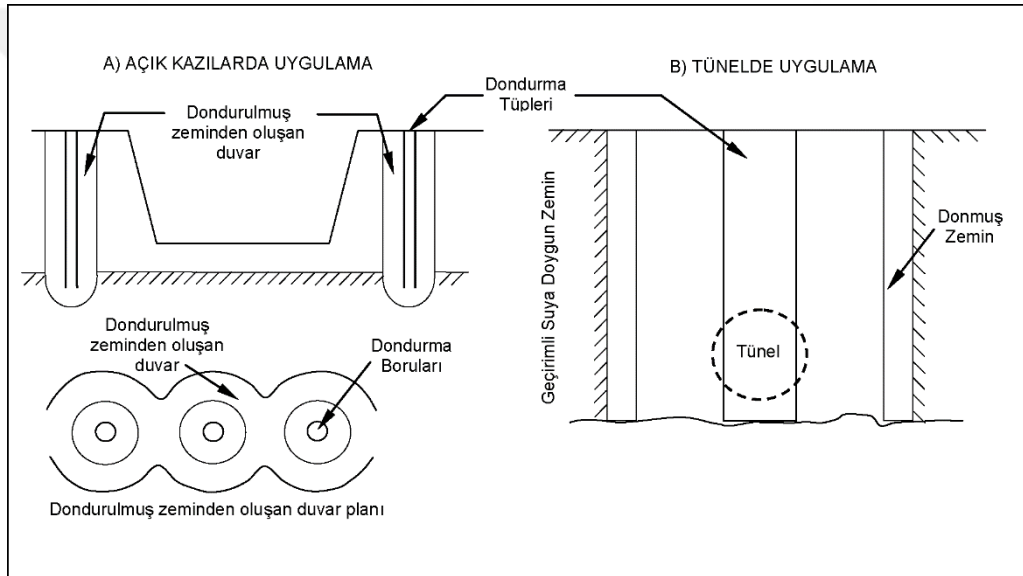
Süren yöntemlerinden olan püskürtmeli enjeksiyon (jet grouting), özellikle kumlu çakıllı zayıf zeminlerde ve sığ derinliklerde açılan tünellerde yüzeyden uygulanır. Borulu çatı veya boru sürme yöntemi olarak bilinen diğer yöntem ise daha çok killi zeminlerde tünel tavanından yanlara doğru açılan şekilde boruların sürülmesi şeklinde uygulanır. Bu yöntemler tünel tavanında kiriş gibi görev yapar. Boru çekme (spiling) yönteminde çelik borularla delgi yapılır ve bu borular kuyu içinde bırakılır. Boruların içi ve dışında bulunan boşluklar enjeksiyonla doldurulur. Daha sonra zeminin veya çatlakların enjeksiyonu yapılarak, tünel açılan ortamın duyarlılığı, dayanımı artırılmış ve ortamın permeabilite değeri düşürülmüş olur (Özkan, 2006).

2.5.3. Zemin Dondurma Sistemi

Suya doymuş zayıf zeminlerde tünel ve diğer yer altı kazılarında ön destekleme sistemi olarak zemin dondurma sisteminin kullanılması çözüm yollarından biridir (Şekil 2.33.). Bu sistemde kazının yer aldığı zemin içindeki su dondurularak, kazı alanına su

akışının önüne geçilmiş ve zayıf zeminin dayanım özellikleri arttırılmış olur. Ancak bu sistemde kullanılan teknik pahalı ve uygulaması yavaştır.

Sistemin temeli, amacına uygun derinlikte suya doymun zemin içinde açılmış olan sondaj kuyusuna indirilen soğutucu sıvı dolaşımli boru sistemi yardımıyla, zeminin delgi boyunca ısınsının alınarak, sonucunda zemin içinde bulunan suyun dondurulmasına dayanır. Bu şekilde zemin içinde Şekil 2.34'deki planda verildiği üzere, donmuş zeminden oluşun sütunlar oluşturulur. Bu sütunlar zeminin taşıma gücünü arttırdığı gibi daha sonra yapılacak kazı alanına yer altı suyunun gelmesi önleyerek duraylılığın artmasına yardımcı olur. Zemin dondurma sisteminde 2 yöntem uygulanır. Bunlar tek aşamalı sistem (Şekil 2.35.) ve iki aşamalı sistemdir (Şekil 2.36.).



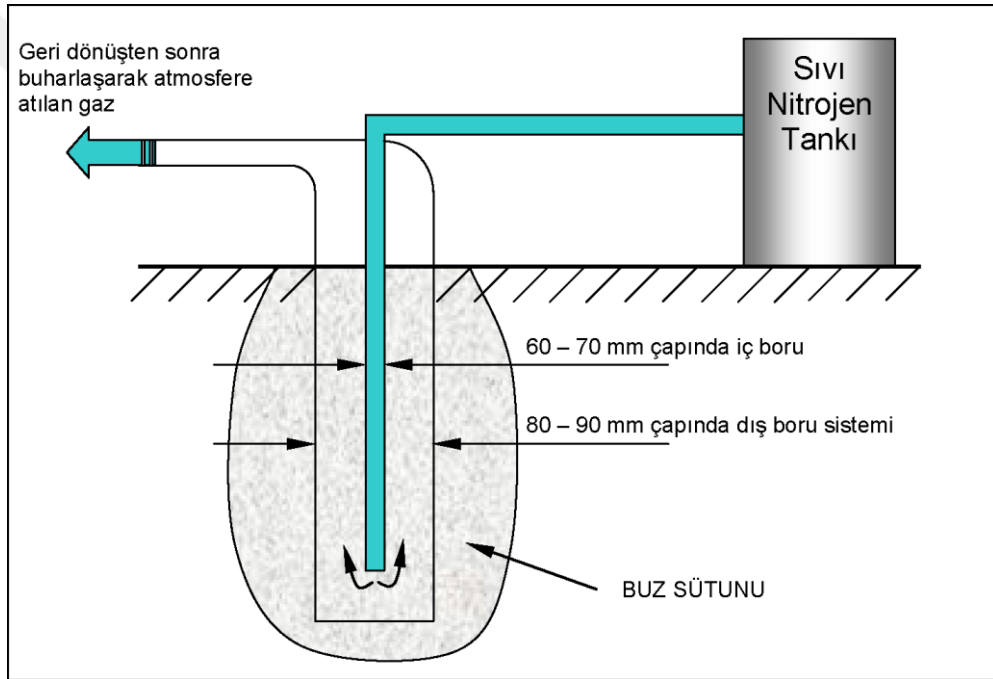
Şekil 2.34. Zemin dondurma (freezing) örnekleri (Harris,1983)

2.5.3.1. Tek Aşamalı Zemin Dondurma Sistemi

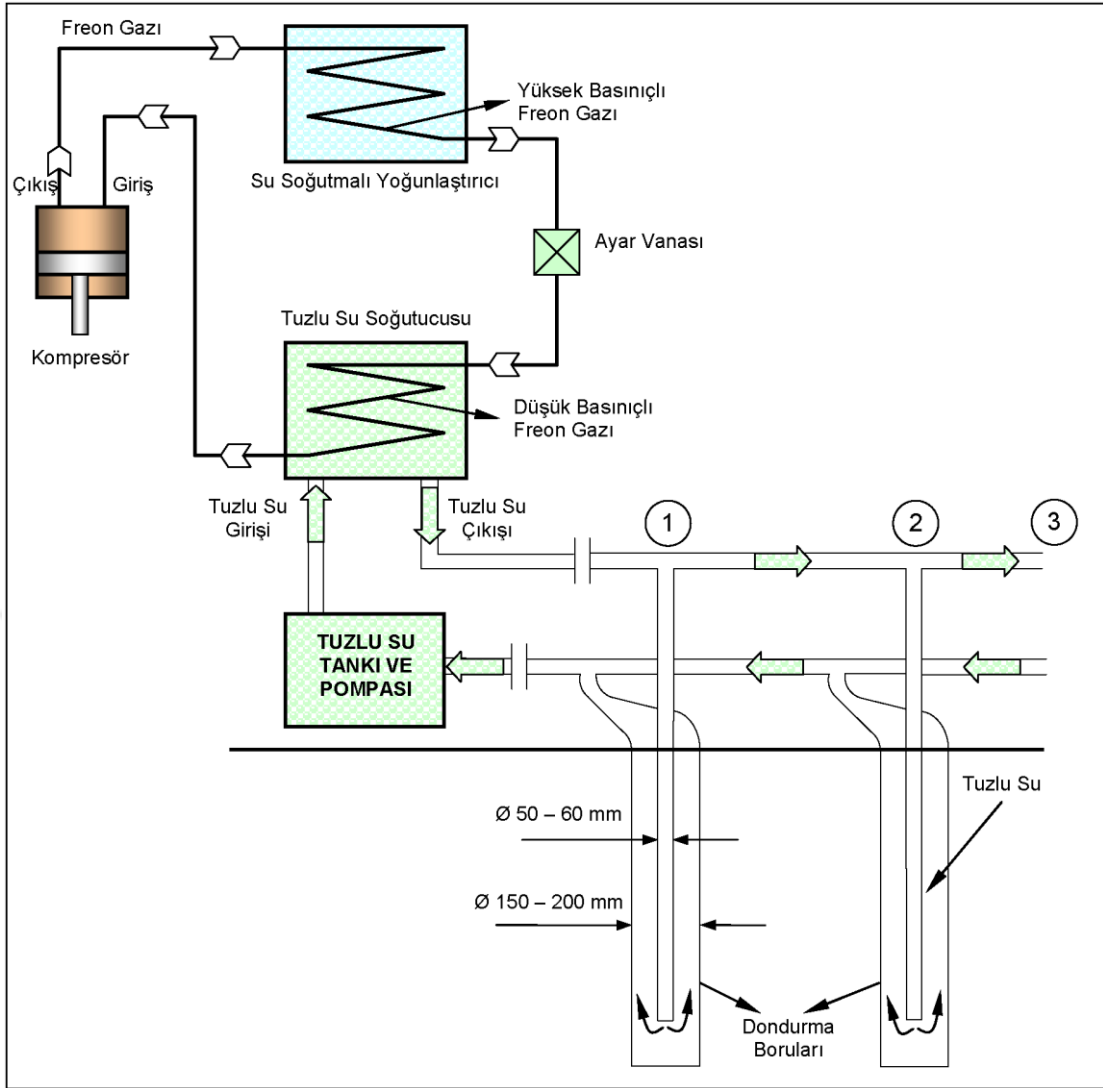
Bu sistemde kaynama noktası -196°C olan nitrojen gazı kullanılır. Dondurma borusundan nitrojen geçirilir ve dondurma borusu boyunca bir süre sonunda zemin dondurularak, sonuç elde edilir. Dondurma borusundan geri dönen nitrojen buharlaşarak atmosfere katılır. Tuzlu su kullanılan iki aşamalı sisteme göre yaklaşık %50 daha pahalı olan sistemde sonuç çabuk alındığı için kullanım alanı bulmaktadır. Ayrıca bu sistem ile oluşturulan dondurulmuş zemin sütununun yaklaşık 1 hafta boyunca etkisini koruduğu gözlemlenmiştir (Harris, 1983).

2.5.3.2. İki Aşamalı Zemin Dondurma Sistemi

Bu sistemde, dondurma işlemini sağlayan glikol veya kalsiyum klorit tuzları içeren su karışımı ve bu karışımı soğutan freon, amonyak veya metanol gazlarının kullanıldığı soğutucu sistem bulunmaktadır. Dondurma işlemi için kullanılan santralin şematik gösterimi Şekil 2.36’da verilmiştir. İç içe geçmiş boru sistemi ile kuyuya 3,5 m/s hızla tuzlu su karışımı pompalanır. Kuyudan geri dönen tuzlu sıvı soğutularak, tuzlu su kayıpları olmadan kuyuya yeniden pompalanır. Dondurulmuş zeminde istenilen dayanım değerlerine ulaşabilmek için ve zemin türüne göre, tuzlu su -40°C 'nin altında soğutularak 3-10 hafta boyunca uygulanır (Harris, 1983).



Şekil 2.35. Zemin dondurma için tek aşama yöntemi (Harris,1983)

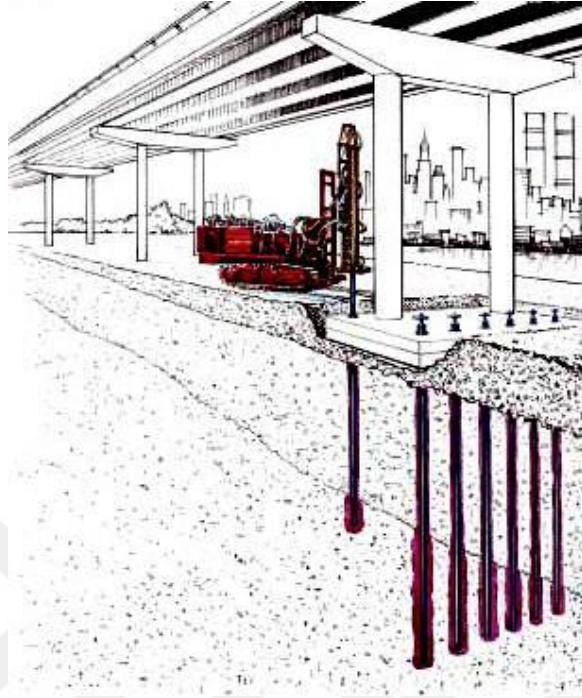


Şekil 2.36. Zemin dondurma için iki aşama yöntemi (Harris,1983)

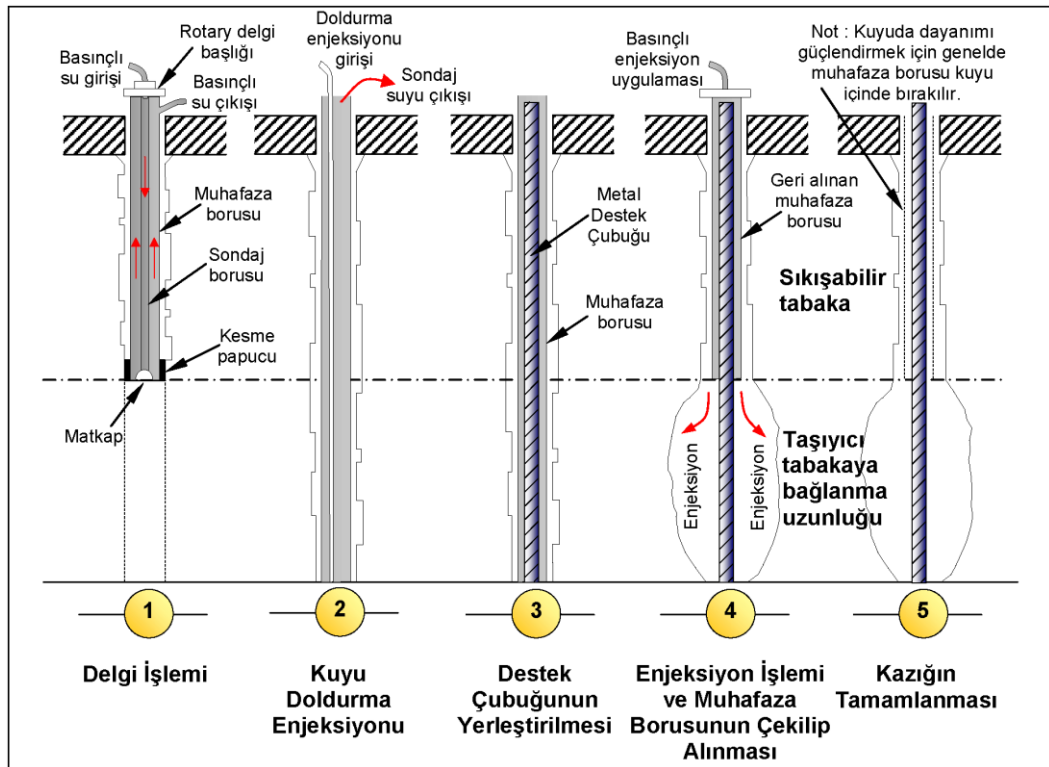
2.5.4. Balon Mini Kazık (Pin Pile) Yöntemi

Balon (alt ucu genişletilmiş) mini kazık yöntemi aynı zamanda mikro-kazık olarak da bilinmektedir. Kazık boyutları ve zemin koşullarına göre yaklaşık 60 m derinliğe kadar, 180 tonun üzerinde yük taşınan yerlerde mini kazık yönteminin kullanıldığı bilinmektedir. Bu kazık yönteminde destek elemanı olarak çevresi enjeksiyon ile doldurulmuş çelik çubuklar veya borular kullanılır. Enjeksiyon işlemleri basınçsız, basınçlı veya derinliğe bağlı olarak kademeli yapılır (N.C.C., 2002). Bu yöntem ile temel altındaki zemine zarar vermeden en az titreşimle zeminde oturmaların önüne geçilerek, zeminin basınç dayanımı, kesme gerilim değerleri ve yanal yüklere karşı direnci artırılır. Yöntemin diğer kolaylığı ise, dar alanlarda uygulanabilmesi ve

yapılı veya yapılacak olan yapıların temellerinin zemine basit ve ekonomik şekilde bağlanabilmesidir (Şekil 2.37.). Şekil 2.38’de yöntemin uygulama aşamaları verilmiştir (Özkan, 2006).



Şekil 2.37. Balon kazık yönteminin köprü ayaklarına uygulanması (N.C.C.,2002)



Şekil 2.38. Balon mini kazık yönteminin uygulanma aşamaları (N.C.C., 2002)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Giriş

İnşaat Mühendisliği Geoteknik Anabilim Dalı Laboratuvarında daha önceden BAP Koordinatörlüğü'nün desteğiyle temin edilen laboratuvar tipi jet grout kolonu imal etmeye yarayan enjeksiyon makinasının aksayan ve arızalı kısımları tekrar BAP Koordinatörlüğü desteğiyle revize ve tamir ettirilmiş olup; çalışmalar arazide kullanılan Jet 1 enjeksiyon makinasına benzer şekilde çalışma prensibi olan bu deney düzeneği ile yapılmıştır. Deney düzeneğinin ve ön çalışmalarda kullanılan laboratuvar aletlerinin yanı sıra 5 ton iyi derecelenmiş (0 – 5 mm) yıkanmış kum, 5 torba (50 kg lık) CEM 1 42,5 R Portland Çimentosu, 30 kg MasterRheobuild® 1000 naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı katkı malzemesi ve 20 adet 120 lt hacimli varil temin edilerek deneylerde kullanılmıştır.

Çalışmanın amacı naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı katkı malzemesinin, oluşturulan jet grout kolonlarının performansına etkisinin araştırılmasına yöneliktir. Doğal arazi ortamının; laboratuvar ortamında oluşturulması için dane çapı değeri ve boşluk oranı ön deneylerle belirlenen iyi derecelenmiş yıkanmış kumun belirli rölatif sıklık değerinde 120 lt hacimli 16 adet varile doldurulması deneyin ilk aşaması olmuştur. İkinci aşamada ise mevcut zemine enjekte edilecek grout karışım harcı çeşitli oranlarda su, çimento, naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi karıştırılmasıyla oluşturulmuş ve standartlara uygun olacak şekilde reolojik özellikleri belirlenmiştir. Reolojik özellikleri bilinen karışım harcına girecek malzemeler tartılarak daha önceden belirlenen oranlar dahilinde karıştırılmış ve varilin içinde bulunan kum zemine enjeksiyon yapma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde enjeksiyonda kullanılmak üzere oluşturulan grout için 14 farklı karışım oranı belirlenmiş olup; 16 farklı parametre ile 16 adet jet grout kolon imalatı gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyon yapımı sırasında deney sistemindeki çekme, dönme ve basınç ise her deneyde aynı değer olarak alınmıştır.

3.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

3.2.1. Deney Kumunun Özellikleri

Deneylerde kullanılacak kum için Konya İli Selçuklu İlçesi Eğribayat Mahallesiinde bulunan kum ocaklarından; arazide doğal olarak karşılaşılabilecek ve deney düzeneğinin düzgün çalışabilmesi için yuvarlak tanesi yoğunlukta olan 0 – 5 mm kalınlıkta yıkanmış kum tercih edilmiştir. Kum ocağından üniversite laboratuvarına getirilen 5 ton kumdan; içinde kumun genel özelliklerini verebilecek bölümünden (homojene yakın) 10 kg numune alınmış olup TS 1900-1 standardına uygun olacak şekilde elek analizi ile dane çapı tespiti ve rölatif sıklık deneyleri yapılmıştır.



Şekil 3.1. Deney kumunun laboratuvara getirilmesi

3.2.1.1. Elek Analizi ile Dane Çapı Tespiti

TS 1900-1 standardına uygun olacak şekilde deney düzeneği kurulmuştur. Deney kuru eleme metoduna göre yapılmıştır. Deneyde kullanılan 10 kg kum ilk önce etüvde 105 °C sıcaklıkta 48 saat bekletilmiş ve kurutulmuştur. Farklı göz açıklıklarına

sahip eleklerle seri eleme işlemi yardımıyla azalan büyüklüğe sahip farklı tane boyutları halinde kumun bölünmesi ve ayrılmasından ibaret olmuştur.

2600 g kum elek takımına dökülmüştür. Elek takımı, yukarıdan aşağıya elek göz açıklıkları düzenli bir biçimde azalacak şekilde birbirine geçirilmiş ve düzenlenmiş elekler, tava ve kapaktan oluşmaktadır. Tava ve kapak kullanılmasının sebebi malzeme kaybına meydan vermeden işlemi gerçekleştirmektir. Sırasıyla büyük göz açıklıklı elekten başlamak üzere altına tava ve üzerine kapak konularak her bir elek takımından ayrılmış ve elle tek tek eleme işlemine devam edilmiştir. Her eleği geçen malzeme elek setinde bulunan bir sonraki elek üzerine konularak işleme devam edilmiştir. Her elekte kalan malzeme kütlesi bulunmuş ve toplam numune kütlesi esas alınarak her elekte kalan malzemenin yüzdesi hesaplanmıştır. Deney sonuçları Çizelge 3.1. ve Şekil 3.4’de gösterilmektedir.



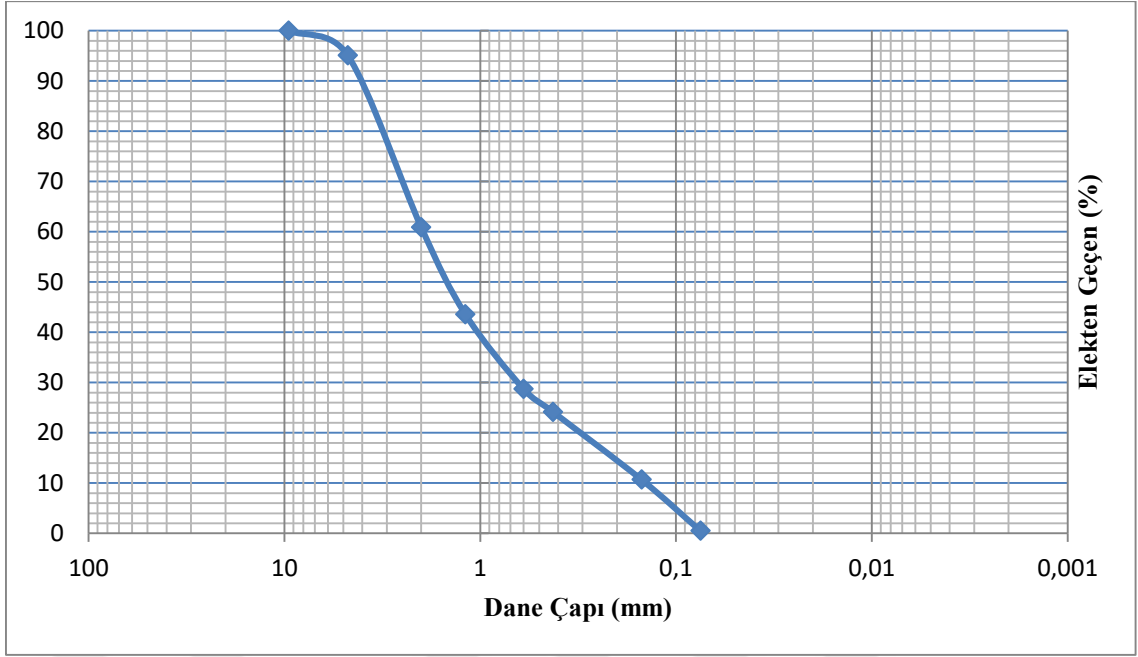
Şekil 3.2. Zemin numunesinin etüvde kurutulması işlemi



Şekil 3.3. Dane çapı dağılım deneyinin yapılması

Çizelge 3.1. Dane çapı dağılımı deney formu

Elek göz açıklığı (mm)	Elekte kalan numune (g)	Kalan (%)	Toplam kalan (%)	Toplam geçen (%)
4,75 mm	126,58	4,87	4,87	95,13
2 mm	889,38	34,21	39,08	60,92
1,19 mm	450,27	17,32	56,39	43,61
600 µm	386,78	14,88	71,27	28,73
425 µm	117,98	4,54	75,81	24,19
150 µm	350,58	13,48	89,29	10,71
75 µm	264,90	10,19	99,48	0,52
Pan	13,53	0,52	100,00	0,00
Toplam	2.600	100,00		



Şekil 3.4. Dane çapı dağılımı grafiği

Dane çapı dağılım eğrisi çizildikten sonra kritik çaplar olan D_{10} , D_{30} ve D_{60} eğrileri okunmuştur. Efektif çap D_{10} , %10 düşey eksen değerinden çıkılan yatay doğrunun dane çapı dağılımı eğrisini kestiği noktanın yatay eksenindeki karşılık değerini vermiştir. Benzer biçimde D_{30} ve D_{60} değerlerini bulmak için de geçen yüzdenin %30 ve % 60 düşey eksen değerlerinden çıkılan yatay doğruları kestiği noktalar bulunduktan sonra dane çapı eksenine çizilen düşey doğrulardan D_{30} ve D_{60} değerleri okunmuştur.

$$D_{10} = 0,15$$

$$D_{30} = 0,60$$

$$D_{60} = 2,00 \text{ olarak ölçülmüş olup;}$$

Buradan dane çapı dağılımı kriterleri aşağıdaki Bağıntı 3.1. ve 3.2. yardımıyla bulunmuştur (TS 1900-1.)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (3.1.)$$

$$C_r = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \quad (3.2.)$$

Burada;

C_u = Uniformluk katsayısı

C_r = Süreklilik katsayısı

3.2.1.2. Rölatif Sıklık Değerinin Tespiti

Rölatif sıklık değerinin tespit edilebilmesi için; zemine ait tane yoğunluğunun, boşluk oranı, maksimum ve minimum boşluk oranlarının öncelikle tayin edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

3.2.1.2.1. Zemin Danelerinin Bağlı Yoğunluğunun Tayini

Deneyin yapılmasında piknometre ve hassas terazi kullanılmıştır. Öncelikle deneyde kullanılacak piknometre kabı kuru olarak 0,01 g hassaslıkla tartılmıştır (M_1). Daha sonra piknometrenin içine zemin doldurularak 0,01 g hassaslıkla tartılmıştır (M_2). İçerisinde zemin numunesi bulunan piknometreye üzerindeki çizgiye kadar su doldurulmuş, dışı iyice kurulanmış, karışım çalkalanmış ve piknometrenin içerisinde bulunan hava, kompresör yardımıyla alınmış böylece tekrar 0,01 g hassaslıkla yeni bir tartım işlemi yapılmıştır (M_3). Zemin ve su bulunan piknometrenin içi temizlenmiş ve içerisine üzerinde bulunan çizgiye kadar su doldurulmuş, dış yüzeyi iyice kurulanmış, su içerisinde hava kalmaması için içerisindeki hava tekrar kompresör yardımıyla alınmış ve 0,01 g hassaslıkla tartılmıştır (M_4).

$$M_1=50,95 \text{ g}$$

$$M_2=163,87 \text{ g}$$

$$M_3= 620,13 \text{ g}$$

$$M_4= 548,86 \text{ g olarak ölçülmüş olup;}$$

Tüm bu bulunan parametreler sonucunda zeminin tane yoğunluğu Bağlantı 3.3. ile hesaplanmıştır.

$$\rho_s = \frac{(M_2 - M_1)}{[(M_4 - M_1) - (M_3 - M_2)]} \quad (3.3)$$

Burada;

ρ_s = Tane yoğunluğu

M_1 = Piknometre kütlesi

M_2 = Şişe + Kuru Zemin

M_3 = Şişe + Kuru Zemin + Su

M_4 = Şişe + Su



Şekil 3.5. Tane yoğunluğunun bulunması

3.2.1.2.2. Maksimum ve Minimum Boşluk Oranlarının Tayini

Maksimum boşluk oranı, zeminin en çok boşluklu yani en gevşek durumundaki halidir. En gevşek durumdaki zemin, maksimum poroziteye ve minimum yoğunluğa sahiptir. Maksimum boşluk oranını bulurken daha önce tarttığımız ve kütlesi 580,13 g gelen zemin numunesi dikkatli bir şekilde 1 litrelik cam silindire konulmuştur. Cam silindirin üstü elimizin içi ile kapatılarak yavaşça 5-6 kez alt-üst edilmiştir. En sonunda cam silindir düz konuma getirilerek kumun hacmi okunmuştur. Bu işlem ile kumun en gevşek duruma geldiği deneysel çalışmalarla bulunmuştur (Kolbuzevski, 1948). Buradan zeminin minimum yoğunluğu hesaplaması Bağıntı 3.4. yardımıyla bulunmuştur.

$$Mk_1 = 580,13 \text{ g}$$

$$V_{\max} = 345 \text{ ml}$$

$$\rho_{k_{\min}} = \frac{Mk_1}{V_{\max}} \quad (3.4.)$$

Burada;

$$\rho_{k_{\min}} = \text{Minimum kuru yoğunluk}$$

M_{k1} = Kuru zemin kütlesi (maksimum hacimde)

V_{max} = Maksimum hacim

Zeminin tane yoğunluğu bilindiğinden dolayı maksimum boşluk oranı tane yoğunluk değerinin kuru yoğunluk değeri oranı ile bulunabilir. Bağntı 3.5. ile maksimum boşluk oranı tayin edilmiştir.

$$e_{max} = \left(\frac{\rho_s}{\rho_{k_{min}}} \right) - 1 \quad (3.5.)$$

Burada;

e_{max} = Maksimum boşluk oranı



Şekil 3.6. Minimum boşluk oranının tayin edilmesi.

Minimum boşluk oranı ise zeminin en az boşluklu yani en sıkı durumdaki halidir. En sıkı durumdaki zemin, minimum poroziteye ve maksimum yoğunluğa sahiptir. Zemin numunesi laboratuvarında bulunan; iç çapı 10,44 cm, yüksekliği 11,54 cm olan yakalı deney kabına 3 tabaka halinde konulmuş ve her tabaka konulurken 25 kez tokmakla sıkıştırılmıştır. Bu sayede kumun en sıkı hali elde edilmeye çalışılmıştır. Daha sonra yaka çıkarılıp kabın üzeri düzlenmiştir. Hacmi ve kütlesi bilinen numunenin maksimum kuru yoğunluğu Bağntı 3.6. ve minimum boşluk oranı Bağntı 3.7. ile bulunmuştur.

$$M_{k2} = 1897,50 \text{ g}$$

$$V_{\min} = 0,988 \text{ dm}^3$$

$$\rho_{k_{\max}} = \frac{M_{k2}}{V_{\min}} \quad (3.6.)$$

Burada;

$\rho_{k_{\max}}$ = Maksimum kuru yoğunluğu

M_{k2} = Kuru zemin kütlesi (minimum hacimde)

V_{\min} = Minimum hacim

$$e_{\min} = \left(\frac{\rho_s}{\rho_{k_{\max}}} \right) - 1 \quad (3.7.)$$

Burada;

e_{\min} = Minimum boşluk oranı

Tane yoğunluğu, maksimum boşluk oranı, minimum boşluk oranı ön deneylerle belirlenen ve bilinen zemin numunesi için deneylerde kullanılacak iki farklı rölatif sıklık değeri belirlenmiştir. Bu sıklık değerleri 0,45 ve 0,55 olup; 0,45 rölatif sıklık değerinde 14 adet, 0,55 rölatif sıklık değerinde 2 adet kolon oluşturulması planlanmıştır. Daha önceden rölatif sıklık değeri tasarlanan numune için 0,45 ve 0,55 değerlerinde boşluk oranları aşağıdaki Bağntı 3.8. yardımı ile bulunmuştur.

$$Dr = \left(\frac{(e_{\max} - e)}{(e_{\max} - e_{\min})} \right) \quad (3.8.)$$

Çizelge 3.2. Deneylerde kullanılan zemin numunesine ait endeksler

Çakıl Oranı	%39,08
Kum Oranı	%60,40
Kil + Silt Oranı	%0,52
Zemin Sınıfı	SW
Uniformluk Katsayısı	3,33
Süreklilik Katsayısı	1,20
ρ_s (t/m ³)	2,71
$\rho_{k_{\min}}$ (t/m ³)	1,68
$\rho_{k_{\max}}$ (t/m ³)	1,92
e_{\max}	0,61
e_{\min}	0,41
e (Dr=0,45 için)	0,52
e (Dr=0,55 için)	0,50
ρ_k (Dr=0,45 için) (t/m ³)	1,78
ρ_k (Dr=0,55 için) (t/m ³)	1,81

3.2.2. Naftalin Sülfonat Esaslı Katkı Malzemesinin Özellikleri

Kullanılacak katkı malzemesi BASF Yapı Kimyasallarından temin edilen ve genellikle geoteknik alanında kullanılan MasterRheobuild® 1000 Yüksek Oranda Su Azaltıcı Süper Akışkanlaştırıcı Beton Katkısı; TS EN - 934 - 2: T3.1/3.2/7 yapı malzemesidir. Malzemenin özellikleri aşağıda gösterilmektedir.

3.2.2.1. Tanımı ve Kimyasal Mekanizması

MasterRheobuild® 1000, betonun erken ve nihai dayanımını geliştiren, naftalin sülfonat esaslı, yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı bir katkı maddesidir.

Katkılar sadece bağlayıcılar ile reaksiyona girerler. Katkı betona eklendiğinde, çimento tanecikleri tarafından absorbe edilir. Çimento tanecikleri birbirine elektriksel itme uygular. Böylece istenen işlenebilirlik az su miktarı ile elde edilir. Karışımın su miktarının azalması ile doğru orantılı mekanik dayanım artar.

3.2.2.2. Uygulama Alanları

- İşlenebilirlik, normal priz süresi ve yüksek dayanım istenen yerlerde,
- Ön gerilimli, prekast ve hazır beton uygulamalarında,
- İnşaat ve madencilik uygulamalarında kullanılır.

3.2.2.3. Özellikleri ve Yararları

MasterRheobuild® 1000 katkısı aşağıdaki faydaları sağlamaktadır:

- Daha düşük yerleştirme enerjisi
- Yüksek verimlilik oranları ve daha düşük maliyet
- Hızlandırılmış imalat yöntemlerine izin veren erken dayanım ile hedef takvimin öncesinde sonuç almak

Taze beton için;

- Kontrollü priz süresi
- Kohezif ve ayrışmayan beton
- Minimum su kuma

Sertleşmiş beton için;

- Geleneksel su kesici katkılara göre daha yüksek erken dayanım
- Yüksek nihai basınç dayanımı
- Yüksek elastisite modülü
- Donatı ile olan aderansın iyileşmesi
- Düşük geçirgenlik
- Yüksek dayanıklılık
- Düşük rötre ve sünme

3.2.2.4. Uygulama Yöntemi ve Dozaj

MasterRheobuild® 1000 ayrı bir bileşen olarak beton karışımına ilave edilen kullanıma hazır bir katkı maddesidir. Karışım suyunun ilk %80'i eklendikten (tüm katı bileşenler ıslandığında) sonra MasterRheobuild® 1000 beton karışımın içine dağıtılır ise en iyi performans elde edilir. Kuru agregalara katkı maddesi eklemekten kaçınılmalıdır.

MasterRheobuild® 1000 katkısı için önerilen dozaj oranı yaklaşık olarak şu şekildedir:

- Kütlece - 100 kg çimento (bağlayıcı) için 1.0 - 2.0 kg arasında kullanılması önerilir.

Yukarıda verilen dozaj oranları normal kullanımlar içindir.

3.2.2.5. Uyum

MasterRheobuild® 1000 katkısı EN 197 standardındaki tüm çimentolarla kullanılabilir. MasterRheobuild® 1000 katkısı diğer katkılarla önceden karıştırılmamalıdır. Eğer diğer katkılar MasterRheobuild® 1000 katkısı içeren bir betonda kullanılıyor ise bunlar ayrı bir şekilde karışıma ilave edilmelidir.

MasterRheobuild® 1000 katkısı aşağıdaki katkılarla uyumludur ve bunlarla birlikte kullanılması önerilir:

- MasterX-Seed - Kristal Hızında Sertleşme ile hızlandırılmış erken dayanım için
- MasterMatrix - KYB viskozitesini değiştirmek için
- MasterFinish - Kolay kalıp çıkarma ve estetik yüzeyler için
- MasterKure - betonun kütleme verimini artırmak için

MasterRheobuild® 1000 katkısı MasterGlenium serisi katkılarıyla uyumlu değildir.

3.2.2.6. Ambalaj, Depolama, Raf Ömrü

MasterRheobuild® 1000 katkısı 1200 kg'lık tanklarda, 250 kg'lık varillerde, 30 kg'lık bidonlarda ve dökme olarak temin edilmektedir.

Orijinal kapalı kaplarda ve 5°C ile 30°C sıcaklıkta saklanmalı, doğrudan güneş ışığına maruz kalmadan, üstü kapalı şekilde saklanıp aşırı sıcaklıklardan korunmalıdır. Önerilen depolama koşullarına uyulmaması ürünün veya ambalajın erken bozulmasına neden olabilir. Açılmayan ambalajlarda üreticinin talimatlarına göre muhafaza edilirse 12 aydır.

3.2.2.7. Güvenlik Önlemleri ve İletişim Bilgileri

Alışılmış kimyasal ürünlerin kullanılması için önleyici tedbirler bu ürün kullanılırken de gözlenmelidir. Çalışmaya ara verildiği zaman veya iş tamamlandığı zaman eller bol suyla yıkanmalı, yiyecek ve içecek tüketilmemeli, sigara içilmemelidir. Bu ürünün kullanılması ve nakliyesi ile ilgili özel güvenlik bilgisi Malzeme Güvenlik Bilgi Sayfasında bulunabilir.

BASF Türk Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti. Yapı Kimyasalları Bölümü Merkez:
İçerenköy Mah. Bahçelerarası Sok. Mete Plaza No.43 34752 Ataşehir/İstanbul
Tel: 0216 570 34 00 Fax: 0216 570 37 79 Mail: info@master-builders-solutions-turkey.com www.master-builders-solutions.basf.com.tr

3.2.3. Grout İçin Kullanılan Karışım Harcının Özellikleri

3.2.3.1. Karışım Harcının Akışkanlık Durumunun (Viskozite) Tespiti

Laboratuvar tipi jet grout enjeksiyon makinasının grout karışımını enjekte edebileceği maksimum basınç değeri yaklaşık 40 bar olup; bu basınç altında iletim hattında herhangi bir tıkanıklık olmaması için oluşturulan grout harcı karışımının akışkanlık durumu ön deneylerle belirlenmiş ve bu ön deneylerde en etkili akışkanlık durumunu belirleme marsh hunisi deneyi yardımıyla olmuştur.

İki kısımdan oluşan marsh hunisi deneyi ile her seferinde yaklaşık 1500 ml'lik karışım hazırlanarak hızlı bir şekilde; üst çapı 152,4 mm, yüksekliği 304,8 mm olan koni biçimindeki akış hunisinin üzerindeki çizgiye kadar dökülmüştür. Akış hunisinin alt kısmındaki akış deliği el ile kapatıldıktan sonra marsh hunisi, akış hunisinin üzerinde dik bir şekilde tutulmuş, akış deliği açılmış ve altta bulunan marsh hunisinin içinde bulunan çizgiye kadar akması kronometre yardımıyla ölçülmüştür. Marsh hunisi deney düzeneğinde suyun akış hızı $26 \pm 0,5$ sn olup; marsh hunisi deney sonuçları Çizelge 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.7. Marsh hunisi deneyi yapılması

Çizelge 3.3. Marsh hunisi deney sonuçları (Akış süresi-saniye)

	Katkı (%)				
Su/Çimento	0	1	2	4	6
1,5	26,46	25,43	25,2	25,12	25,05
1,25	28,03	26,81	26,19	26,15	26,13
1	30,32	29,75	29,14	28,63	27,95
0,75	40,31	30,62	30,46	30,13	29,84
0,5	Katı	73,54	63,09	56,94	51,31

3.2.4. Laboratuvar Tipi Enjeksiyon Aleti

Deneylerde kullanılacak olan deney düzeneği BAP Koordinatörlüğü tarafından Dr. Öğretim Üyesi İbrahim Hakkı Erkan'ın doktora tez çalışması için desteklenen ve Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Geoteknik Laboratuvarında bulunan, arazideki enjeksiyon yapma işleminin özelliklerini üzerinde barındıran bir sistemden oluşmaktadır. Sistemin deforme olan ve aksayan kısımları tekrar BAP Koordinatörlüğü tarafından desteklenerek revize edilmiştir. Enjeksiyon aleti kabaca delgi aleti, enjeksiyon haznesi, enjeksiyon pompası, kontrol panelinden oluşmaktadır (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Enjeksiyon Makinası Deney Düzeneği

3.2.4.1. Delgi Aleti

Delgi aleti, enjeksiyon pompasına yüksek basınca dayanıklı hortumla bağlanan, üzerinde döndürme ve aşağı yukarı çekme işine yarayan 2 adet motor bulunan 90 cm uzunluğundaki sistemden oluşmaktadır. Tijin iç kısmı boşluklu olup; grout karışım harcı pompadan hortum yardımı ile tijin içerisine ve tijin içerisinden üzerinde 1,5 mm çapında nozle bulunan koni şeklindeki tij ucuna basınçla enjekte edilmektedir. Tij

üzerinde bulunan motorlar sayesinde dakikada 2-30 devir dönme hızı, 5-100 cm/dk çekme hızı ile hareket edebilmektedir (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. Delgi aleti

3.2.4.2. Enjeksiyon Haznesi ve Enjeksiyon Pompası

Enjeksiyon karışım harcının zemine enjekte edilebilmesi için öncelikle hazneye dökülmesi ve bu haznede yüksek basınç kazanarak tije ulaşması gerekmektedir. Bu nedenle laboratuvar tipi hazırlanan enjeksiyon haznesi içerisinde piston bulunan ve kompresör ile pompa yardımıyla pistonun çalışmasını sağlayan, yaklaşık 12 lt kapasiteli uzunluğu 90 cm olan çelik sistemden oluşmaktadır.

Enjeksiyon pompası ise pistonun 50 bar basınç oluşturabilmesini sağlayacak kapasitede ve enjeksiyon haznesi ucu ile beraber 2 adet manometreye sahiptir. Grout karışımının istenilen basınçta enjekte edilmesine yarayan ve deney sisteminde kullanılacak basınç değerinin ayarlanması pompa ve kompresör yardımıyla olmaktadır (Şekil 3.10.).



Şekil 3.10. Enjeksiyon haznesi ve enjeksiyon pompası

3.2.4.3. Kontrol Ünitesi

Sistemin basınç ayarı dışında tüm aksamalarını çalıştırmaya ve yönlendirmeye yarayan ünedir. Otomasyon sistemi ile üzerindeki anahtarlar yardımıyla pistonu ve delgi aletinde bulunan motorlara bağlanan kontrol ünitesi pompanın açılma ve kapanmasına, tiji döndürme, yukarı ve aşağı yönde çekmeye, pistonun ileri geri hareket ederek grout karışım harcının hazneye doldurulmasına ve zemine enjekte edilmesine, acil durumda sistemi kilitleyerek durdurmasına yardımcı olmaktadır (Şekil 3.11.).



Şekil 3.11. Kontrol Ünitesi

3.2.5. Diğer Kullanılan Alet ve Ekipmanlar

Karışım harcının belirli oranlarda konulabilmesi için 0,01 g hassaslıkla tartabilen terazi kullanılmıştır. Her karışım için çimento, su ve katkı malzemeleri ayrı ayrı tartılmış, karıştırma kabına dökülmüştür. Yüksek devirde çalışabilen şantiye tipi karıştırıcı ile karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Enjekte edilecek zemin 120 lt hacimli sanayi tipi varillere yerleştirilmiştir. 120 lt hacimli dolu varillerin taşınması için transpalet kullanılmıştır.

3.3. Deney Düzeneginin Kalibrasyonunun Yapılması

Deney düzeneginin kalibrasyonu yapılırken daha önceki çalışmalardan faydalanılmış ve Bekir Fidan'ın tez çalışmasında optimum değer olarak bulduğu çekme hızı 30cm/dk, dönme hızı 10 devir/dk, basınç 40 bar olarak seçilmiş, otomasyonda gerekli kalibreler yapılarak deneme kolonu imal edilmiştir. Diğer kolonlarda da bu değerler sabit tutularak deneysel çalışmalar tamamlanmıştır.

3.4. Deney Programlamasının Yapılması

Çizelge 3.4. Deney parametreleri

Kolon No	Sıklık Değeri	Su/Çimento Oranı	Akışkanlaştırıcı Katkı Oranı(%)	Dönme Hızı (devir/dk)	Çekme Hızı (cm/dk)	Basınç (bar)
JG-1	0,45	1,00	-	10	30	40
JG-2	0,45	1,50	-	10	30	40
JG-3	0,55	1,00	-	10	30	40
JG-4	0,55	1,50	-	10	30	40
JG-5	0,45	0,60	2	10	30	40
JG-6	0,45	0,60	4	10	30	40
JG-7	0,45	0,60	6	10	30	40
JG-8	0,45	0,80	2	10	30	40
JG-9	0,45	0,80	4	10	30	40
JG-10	0,45	0,80	6	10	30	40
JG-11	0,45	1,00	1	10	30	40
JG-12	0,45	1,00	2	10	30	40
JG-13	0,45	1,00	4	10	30	40
JG-14	0,45	1,50	1	10	30	40
JG-15	0,45	1,50	2	10	30	40
JG-16	0,45	1,50	4	10	30	40

3.5. Kalıplara Zemin Numunesinin Yerleştirilmesi

Deney programına göre iki farklı rölatif sıklık değerinde olacak şekilde zemin numunesi 120 lt hacmindeki varillere doldurulmuştur. Doldurma işlemi yapılmadan önce varilin zemin ile doldurulacağı yükseklik belirlenmiş ve işaretlenmiştir. Bu seviyeye kadar varilin hacimsel olarak kaç lt olduğu içerisine konulan su ile

ölçülmüştür. Ölçüm sırasında suyun özgül ağırlığı 1 t/m^3 olarak hesaplamalarda alınmış ve belirlenen seviyeye kadar varilin içerisine konulan su kütleye tartılmıştır. Varilin içerisine konulan suyun kütleye ağırlığı 110 kg gelmiş ve varilimizin 110 lt göstereceği seviye suyun üst yüzeyi olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.12. Varilin belirlenen yüksekliğe kadar hacminin bulunması

Tane yoğunluğu, maksimum yoğunluğu, minimum yoğunluğu, maksimum ve minimum boşluk oranları, rölatif sıklık değeri bilinen zemin numunesi için Bağıntı 3.9. ve 3.10. yardımıyla iki farklı rölatif sıklık değerine göre yoğunlukları hesaplanmıştır.

$$\rho_k = \frac{\rho_s}{(e+1)} \quad (3.9.)$$

$$M_{\text{varil}} = \rho_k \times V_{\text{varil}} \quad (3.10.)$$

$D_r=0,45$ için e değeri;

$$e = 0,522$$

$$\rho_s = 2,71 \text{ t/m}^3 \text{ olup;}$$

$$\rho_k = 1,78 \text{ t/m}^3$$

$V_{\text{varil}} = 110 \text{ lt}$ hacminde ve $0,45$ sıklıkta zemin numunesi ile doldurulduğunda;

$M_{\text{varil}} \cong 196 \text{ kg}$ olarak bulunmuştur.

$D_r=0,55$ için e değeri;

$$e = 0,502$$

$$\rho_s = 2,71 \text{ t/m}^3 \text{ olup;}$$

$$\rho_k = 1,81 \text{ t/m}^3$$

$V_{\text{varil}} = 110 \text{ lt}$ hacminde ve 0,45 sıklıkta zemin numunesi ile doldurulduğunda;

$M_{\text{varil}} \cong 199 \text{ kg}$ olarak bulunmuştur.

Bu durumda iki farklı rölatif sıklık değerini belirleme işi; 110 lt hacminde varili doldurmak için gereken kütle miktarının bulunması ile oldukça kolay hale gelmiştir. Tabaka tabaka doldurulacak olan varile konulan numune her seferinde yaklaşık 40'ar kg lık kovalarda tartılarak varile konulmuş ve her seferinde örselenmiştir. Rölatif sıklık değeri 0,45'i bulmak için varile 196 kg zemin numunesi, rölatif sıklık değeri 0,55'i bulmak için ise varile 199 kg zemin numunesi konulmuştur. Daha önceden varilin üzerinde 110 lt olarak belirlenen konuma gelinceye kadar varil sarsılmıştır. Bu sayede iki farklı rölatif sıklık değeri ile variller doldurulduktan sonra transpalet yardımıyla enjeksiyon tijinin altına getirilerek enjeksiyon işlemine hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.13. Varile konulacak kum miktarının tartılması



Şekil 3.14. Varilin taşınması ve tijn altına getirilmesi

3.6. Enjeksiyon Uygulamasının Yapılması

Deney programına göre 16 adet kolon oluşturmak için 16 adet varil temin edilmiş ve bu varillerin 14 adedi rölatif sıklığı 0,45 olacak şekilde daha önceden belirlenen yüksekliğe kadar 196 kg ağırlıkta zemin numunesi ile; 2 adedi rölatif sıklığı 0,55 olacak şekilde daha önceden belirlenen yüksekliğe kadar 199 kg ağırlıkta zemin numunesi ile doldurulmuştur. Gerekli sarsma ve sıkıştırma işleminden sonra enjeksiyon makinasının yanına getirilmiştir.

Enjeksiyon makinasının gerekli yağlanma ve kalibrasyon işlemleri yapıldıktan sonra enjeksiyon harcının hazırlanması için çimento katkı malzemesi ve suyun ağırlıkça belirlenmesi için hassas teraziden faydalanılmıştır. Hassas terazi yardımıyla deney programına göre belirlenen oranlarda enjeksiyon harcı için çimento, su, katkı malzemeleri her kolon için ayrı ayrı tartılmış ve karıştırma kabına alınmıştır. Karıştırma kabında çökme oluşmaması ve homojen karışım oluşması için su ve çimento karıştırma kabına dışarıya malzeme taşmadan ve yavaş yavaş konulmuştur. Yüksek devirli şantiye tipi karıştırıcı ile çimento şerbetinde homojen bir kıvam oluşana kadar yaklaşık 4 dk karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Enjeksiyon harcı hazır hale geldikten sonra piston kontrol panelinde bulunan geri çekme düğmesine basılarak geri yönde çekilmiş, pistonun üzerindeki tıpa açılarak huni yardımıyla enjeksiyon harcı pistonu doldurulmuştur. Piston enjeksiyon harcı ile

tamamen dolduktan sonra pistonun üzerindeki tıpa kapatılmış, tij pistonun altında duran varile, kontrol panelinde bulunan aşağı yukarı çekme anahtarının yardımıyla varilin içine indirilmiştir. Tijin dönme ve çekme hızları ayarlandıktan sonra enjeksiyon basma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 90 sn süren enjeksiyon işlemi sonucunda zemin numunesi içerisine daha önceden belirlenen oranlarda enjeksiyon harçları enjekte edilmiştir. Tüm enjeksiyon işlemlerinde basınç, tij çekme ve tij döndürme hızları sabit tutulmuştur.

Enjeksiyon harcının enjekte edilmesinden sonra piston her seferinde geri çekilmiş, içine sadece su konulmuş ve su enjekte edilerek piston ve bağlantılarında çimento şerbetinin kalıp tıkanmasına yol açmaması sağlanmıştır. Çizelge 3.4'de jet grout kolonlarının oluşumunda kullanılan çimento, su, katkı malzemesi ve zemin numunesi için kullanılan kumun ağırlığı verilmektedir.

Çizelge 3.5. Deney sırasında kullanılan malzemelerin kütlesi

Kolon No	Su/Çimento Oranı	Akışkanlaştırıcı Katkı Oranı (%)	Rölatif Sıklık Değeri (%)	KÜTLESİ (kg)			
				Su	Çimento	Katkı Maddesi	Kum
JG-1	1,00	-	45	10,00	10,00	-	196,00
JG-2	1,50	-	45	11,00	07,33	-	196,00
JG-3	1,00	-	55	10,00	10,00	-	199,00
JG-4	1,50	-	55	11,00	07,33	-	199,00
JG-5	0,60	2	45	8,00	13,33	0,267	196,00
JG-6	0,60	4	45	8,00	13,33	0,533	196,00
JG-7	0,60	6	45	8,00	13,33	0,800	196,00
JG-8	0,80	2	45	9,00	11,25	0,225	196,00
JG-9	0,80	4	45	9,00	11,25	0,450	196,00
JG-10	0,80	6	45	9,00	11,25	0,675	196,00
JG-11	1,00	1	45	10,00	10,00	0,100	196,00
JG-12	1,00	2	45	10,00	10,00	0,200	196,00
JG-13	1,00	4	45	10,00	10,00	0,400	196,00
JG-14	1,50	1	45	11,00	07,33	0,073	196,00
JG-15	1,50	2	45	11,00	07,33	0,147	196,00
JG-16	1,50	4	45	11,00	07,33	0,293	196,00

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Jet Grout Kolonlarının Çıkarılması

16 adet jet grout kolonumuzun yapımı tamamlandıktan sonra Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Geoteknik Bilim Dalı Laboratuvarında su/çimento ve akışkanlaştırıcı katkı oranına göre numaralandırılarak 28 gün boyunca bekletilmiştir (Şekil 4.1.). Kolonlarımız bekleme süresi boyunca herhangi bir kür işlemine tabii tutulmamıştır. 28 günün sonunda variller yan devrilerek içindeki kumlar el yardımıyla temizlenmiştir. Varil tam ters çevrilebilecek ağırlığa geldiğinde ise tam ters çevrilmiş ve varil yukarı doğru çekilerek kolonun çıkartılması sağlanmış ve çıkarılan kolonlar laboratuvarında istiflenmiştir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.1. Jet grout kolonlarının tamamlandıktan sonraki durumu



Şekil 4.2. Jet grout kolonların çıkarılması ve istiflenmesi

Laboratuvar ortamında uygun çalışma alanı olmadığından çıkartılıp istiflenen kolonlar, karışmaması için kolon numaraları yazıldıktan sonra uygun çuvallara konularak boy, çap bilgilerinin belirlenmesi ve karot alınmak üzere uygun bir alana götürülmüştür (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Jet grout kolonlarının ölçümlerininin yapılacağı alana götürülmesi

4.2. Jet Grout Kolonlarının Boyut Analizinin Yapılması

16 adet jet grout kolonu boyut analizi yapılması ve karot alınması için uygun bir alana getirilmiştir. Getirilen kolonlar yan yana sıralanmış ve boyut analizi işlemine geçilmiştir. Şekil 4.4. ve Şekil 4.5’de gösterildiği üzere kolonların su/çimento oranları, kullanılan katkı maddesi yüzdesi ve rölatif sıkılık değerine göre yan yana olmasına özen gösterilmiştir. Bu sayede kolonların değişen parametrelere göre geometrik değişimleri yorumlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.4. Jet grout kolonlarının görünümü (1-2-3-4-11-12-13 nolu)



Şekil 4.5. Jet grout kolonlarının görünümü (5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16 nolu)

Kolonlar varillerde oluşum şekli ile sıralanmış fakat 12 ve 13 numaralı kolonların alt yüzü düz çıkmadığından dolayı tam ters yönde konularak resimleme işlemi ters şekli ile gerçekleştirilmiştir. Kolonların orta noktaları belirlenmiş olup, orta noktadan çevre ölçümü yapılmıştır. Kolonların dik silindir şeklinde olmamasından kaynaklı olarak kolonların belirlenen orta noktadan yaklaşık 10 cm üstü ve altından tekrar çevre ölçümü yapılmış ve yapılan ölçümlere göre yorum yapılmıştır.



Şekil 4.6. Boyut analizi (1 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 1,00, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi kullanılmayan 1 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.6'da görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 35 cm ölçülmüştür. Kolon çapı tijin varile girdiği en alt noktada düşük değer alırken; tijin yukarı yönlü hareketi ile artan bir eğilim göstermiştir. Enjeksiyonun işleminin bitmesine yakın kolon çapı azalarak en üst noktada sıfırlanmıştır. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 82 cm, üst kısmın çevresi 88 cm, alt kısmın çevresi ise 77 cm gelmiştir. Yukarı doğru yükselen bir çap eğiliminde olan kolonun homojen yapıda olduğu rahatlıkla söylenebilir.



Şekil 4.7. Boyut analizi (2 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 1,50, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi kullanılmayan 2 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.7’de görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 42 cm ölçülmüştür. Kolon çapı tijin varile girdiği en alt noktada düşük değer alırken; tijin yukarı yönlü hareketi ile artan bir eğilim göstermiştir. Fakat bu artış kullanılan kumun sıklığının 1 numaralı kolona göre daha sıkı olmasından kaynaklı 1 numaralı kolon kadar fazla olmamıştır. Enjeksiyonun işleminin bitmesine yakın kolon çapı azalarak en üst noktada sıfırlanmıştır. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 93 cm, üst kısmın çevresi 95 cm, alt kısmın çevresi ise 87 cm gelmiştir. Yukarı doğru yükselen bir çap eğiliminde olan kolonun ortalama çapının 1 numaralı kolona göre daha fazla olduğu ve daha homojen yapıda olduğu rahatlıkla söylenebilir.



Şekil 4.8. Boyut analizi (3 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 1,00, rölatif sıklığı 0,55 ve katkı maddesi kullanılmayan 3 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.8’de görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 39 cm ölçülmüştür. Kolon çapı tijin varile girdiği en alt noktada düşük değer alırken; tijin yukarı yönlü hareketi ile artan bir eğilim göstermiştir. Enjeksiyonun işleminin bitmesine yakın kolon çapı azalarak en üst noktada sıfırlanmıştır. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 94 cm, üst kısmın çevresi 98 cm, alt kısmın çevresi ise 81 cm gelmiştir. Rölatif sıklık değerinin 1 numaralı kolona göre daha fazla olduğu 3 numaralı kolonda ortalama çap daha fazla ölçülmüş olup; üst kısmın çapı ile alt kısmın çapı arasındaki farktan dolayı kolonun daha heterojen yapıda olduğu rahatlıkla söylenebilir.



Şekil 4.9. Boyut analizi (4 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 1,50, rölatif sıklığı 0,55 ve katkı maddesi kullanılmayan 4 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.9’da görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 37 cm ölçülmüştür. Kolon çapı tijin varile girdiği en alt noktada oldukça düşük değer alırken; tijin yukarı yönlü hareketi ile artan bir eğilim göstermiştir. Enjeksiyonun işleminin bitmesine yakın kolon çapı azalarak en üst noktada sıfırlanmıştır. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 97 cm, üst kısmın çevresi 103 cm, alt kısmın çevresi ise 74 cm gelmiştir. Su miktarının 3 numaralı kolona göre daha fazla ve rölatif sıklık değerinin 2 numaralı kolona göre daha sıkı olduğu 4 numaralı kolonda ortalama çap 2 ve 3 numaralı kolonla yakın ölçülmüş olup; üst kısmın çapı ile alt kısmın çapı arasındaki fark ise 2 numaralı kolondan daha sıkı olan 4 numaralı kolonda daha fazla olmuştur.



Şekil 4.10. Boyut analizi (11 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 1,00, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi %1 oranında kullanılan 11 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.10'da görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 33 cm ölçülmüştür. Yükseklik olarak en düşük olan kolon 11 numaralı kolondur. Kolon çapı tijin varile girdiği en alt noktada homojen olmamakla beraber oldukça yüksek bir değer alırken; tijin yukarı yönlü hareketi ile azalan bir eğilim göstermiştir. Fakat bu yükseklik orta noktada artmış, daha sonra azalmıştır. Enjeksiyonun işleminin bitmesine yakın kolon çapı azalarak en üst noktada sıfırlanmıştır. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 58 cm, üst kısmın çevresi 54 cm, alt kısmın çevresi ise 95 cm gelmiştir. Alt kısım ile üst kısım arasında heterojen çap ölçümü gözlenmiştir. Kolonun, katkı maddesi dışındaki tüm parametrelere aynı olan 1 numaralı kolonla kıyaslaması yapıldığında yükseklik olarak benzer yapıda, ortalama çap

olarak daha düşük ve çap dağılımı yönünden daha heterojen yapıda olduğu rahatlıkla söylenebilir.



Şekil 4.11. Boyut analizi (12 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 1,00, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi %2 oranında kullanılan 12 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.11’de görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 48 cm ölçülmüştür. Yükseklik olarak katkı maddesi %1 olan kolona göre yaklaşık 1,5 kat daha fazla kolon oluşumu gözlemlenmiştir. Kolon çapı tijin varile girdiği en alt noktada homojen olmamakla beraber ortalama çapa göre düşük değer alırken; tijin yukarı yönlü hareketi ile artan bir eğilim göstermiştir. Enjeksiyonun işleminin bitmesine yakın kolon çapı azalarak en üst noktada sıfırlanmıştır. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 112 cm, üst kısmın çevresi 118 cm, alt kısmın çevresi ise 95 cm gelmiştir. Alt kısım ile üst kısım arasında heterojen çap

ölçümü gözlenmiştir. Kolonun, katkı maddesi dışındaki tüm parametrelere aynı olan 1 ve 11 numaralı kolonla kıyaslaması yapıldığında yükseklik olarak 1,5 kat daha fazla, ortalama çap olarak 11 numaralı kolona göre oldukça yüksek çapta, 1 numaralı kolona göre ise 11 numaralı kolona nazaran daha az yüksek çapta olduğu ve heterojen yapısının 11 numaralı kolona göre daha düşük olduğu rahatlıkla söylenebilir.



Şekil 4.12. Boyut analizi (13 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 1,00, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi %4 oranında kullanılan 13 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.12’de görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 50 cm ölçülmüştür. Yükseklik olarak katkı maddesi %1 olan kolona göre yaklaşık 1,5 kat; katkı maddesi %2 olan kolonla benzer kolon oluşumu gözlemlenmiştir. Kolon çapı tijn varile girdiği en alt noktada homojen olmamakla beraber ortalama çapa göre düşük değer alırken; tijn yukarı yönlü hareketi ile artan bir eğilim göstermiştir. Enjeksiyon işleminin bitmesine yakın kolon çapı azalarak en üst

noktada sıfırlanmıştır. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 105 cm, üst kısmın çevresi 123 cm, alt kısmın çevresi ise 82 cm gelmiştir. Alt kısım ile üst kısım arasında heterojen çap ölçümü gözlenmiştir. Kolonun, katkı maddesi dışındaki tüm parametrelere aynı olan 11 ve 12 numaralı kolonlarla kıyaslaması yapıldığında yükseklik olarak 11 numaralı kolondan 1,5 kat daha fazla; 12 numaralı kolona benzer yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama çapları incelendiğinde 11 numaralı kolona göre ortalama çap oldukça yüksek çıkmışken, 12 numaralı kolona benzer yapıda olmuştur. Kolonu su/çimento oranı 1,00 ve katkı maddesi hiç konulmayan kolon olan 1 numaralı kolonla kıyaslayacak olursak; yükseklik ve ortalama çap değerlerinin katkı maddesi olmayan kolonun çok daha üzerinde olduğu yorumu kolaylıkla yapılabilir. Bu arada kolonun homojenliği incelendiğinde ise katkı maddesi %1 olan 11 numaralı kolonun homojenliği istisna tutulmak suretiyle 12 numaralı kolona göre daha az homojen yapıda olduğu ve katkı maddesi kullanımının artırılmasının homojenliğinin etkisini azaltıcı yönde ters orantılı olduğu yorumu rahatlıkla söylenebilir.



Şekil 4.13. Boyut analizi (5 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 0,60, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi %2 oranında kullanılan 5 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.13'de görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 50 cm ölçülmüştür. Yükseklik olarak katkı maddesi %2 olan ve su/çimento oranı 1,00 olan 12 numaralı kolona göre benzer yükseklikte ve katkı maddesi olmayan, su/çimento oranı 1,00 olan 1 numaralı kolona göre 1,5 kat yükseklikte ölçüm yapılmıştır. Kolonun orta noktasında çap artışı gözlemlenmiş olup; alt ve üst noktalarındaki çaplarının ölçüsü orta noktadaki ölçü kadar yükselmemiştir. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 126 cm, üst kısmın çevresi 119 cm, alt kısmın çevresi ise 113 cm gelmiştir. 16 adet kolonun içerisinde orta noktasındaki çap ölçümü ve yüksekliği en fazla olan kolon 5 numaralı kolondur. Bu nedenle kolonun çapının ve yüksekliğinin fazla olması içerisinde barındırdığı kum miktarının fazla olduğu şeklinde yorumlanabilir. Kolonda gözlemlenen bir başka durum ise katkı maddesinin kütlice fazla kullanılması sebebiyle kolonun alt kısmında katkı maddesinin biriktiği ve bu nedenle kolonun alt kısmının ıslak olduğu gözlemlenmiştir. Bu ıslaklıktan yola çıkarak 28 günlük süre içerisinde kolonun nihai dayanımını sağlayacak şekilde olmadığı yorumu yapılabilir.



Şekil 4.14. Boyut analizi (6 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 0,60, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi %4 oranında kullanılan 6 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.14'de görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 41 cm ölçülmüştür. Yükseklik olarak tüm parametreleri aynı olan fakat katkı maddesi %2 olan 5 numaralı kolona kıyasla yüzde 18 civarında azalma gözlemlenmiştir. Kolonun 5 numaralı kolona göre daha homojen yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Kolonun orta noktasında çap artışı gözlemlenmiş olup; alt ve üst noktalarındaki çaplarının ölçüsü orta noktadaki ölçü kadar yükselmemiştir. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 109 cm, üst kısmın çevresi 106 cm, alt kısmın çevresi ise 110 cm gelmiştir. Kolonun alt kısmında katkı maddesinin biriktiği ve bu nedenle kolonun alt kısmının 5 numaralı kolon gibi ıslak olduğu gözlemlenmiştir. Bu ıslaklıktan yola çıkarak 28 günlük süre içerisinde kolonun nihai dayanımını sağlayacak şekilde olmadığı yorumu yapılabilir. Ancak çap ve boyut gözlemlerine göre içerisindeki kum miktarının 5 numaralı kolon kadar olmadığı ve mukavemet yönünden 5 numaralı kolondan daha dayanımlı olabileceği çıkarımında bulunulabilmektedir.



Şekil 4.15. Boyut analizi (7 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 0,60, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi %6 oranında kullanılan 7 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.15’de görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 47 cm ölçülmüştür. Yükseklik olarak tüm parametreleri aynı olan fakat katkı maddesi %2 olan 5 numaralı kolona kıyasla yüzde 6 civarında azalma; katkı maddesi %4 olan 6 numaralı kolona kıyasla ise %15 yükseklik artışı gözlemlenmiştir. Kolonun 5 numaralı kolona göre daha homojen yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Kolon tijin girebildiği en alt kısımda en düşük çap seviyesini görmüş, tijin çıkışına doğru en yüksek çap seviyesini görmüştür. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 110 cm, üst kısmın çevresi 115 cm, alt kısmın çevresi ise 104 cm gelmiştir. Kolonun alt kısmında katkı maddesinin biriktiği ve bu nedenle kolonun alt kısmının 5 ve 6 numaralı kolon gibi ıslak olduğu gözlemlenmiştir. Bu ıslaklıktan yola çıkarak 28 günlük süre içerisinde kolonun nihai dayanımını sağlayacak şekilde olmadığı yorumu yapılabilir. Ancak çap ve boyut gözlemlerine göre içerisindeki kum miktarının 5 numaralı kolon kadar olmadığı, 6 numaralı kolona benzer olduğu ve mukavemet yönünden 5 numaralı kolondan daha dayanımlı olduğu ve 6 numaralı kolonla yakın dayanım değerlerinde olabileceği çıkarımında bulunulabilmektedir.



Şekil 4.16. Boyut analizi (8 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 0,80, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi %2 oranında kullanılan 8 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.16'da görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 42 cm ölçülmüştür. Yükseklik olarak tüm parametreleri aynı olan fakat su/çimento oranı 0,60 olan 5 numaralı kolona kıyasla yüzde 18 civarında azalma gözlemlenmiştir. Kolonun 5 numaralı kolona göre daha homojen yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Kolon tijin girebildiği en alt kısımdan orta bölgeye kadar aynı çapta devam etmiş, üst noktaya doğru çapı azalmıştır. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 112 cm, üst kısmın çevresi 106 cm, alt kısmın çevresi ise 112 cm gelmiştir. Kolonun alt kısmında katkı maddesinin biriktiği ve bu nedenle kolonun alt kısmının 5 numaralı kolon gibi ıslak olduğu gözlemlenmiştir. Bu ıslaklıktan yola çıkarak 28 günlük süre içerisinde kolonun nihai dayanımını sağlayacak şekilde olmadığı yorumu yapılabilir. Ancak çap ve boyut gözlemlerine göre içerisindeki kum miktarının 5 numaralı kolon kadar olmadığı, 5 numaralı kolondan daha dayanımlı olduğu çıkarımında bulunulabilmektedir.



Şekil 4.17. Boyut analizi (9 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 0,80, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi %4 oranında kullanılan 9 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.17’de görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 52 cm ölçülmüştür. Yükseklik olarak tüm parametreleri aynı olan fakat su/çimento oranı 0,60 olan 6 numaralı kolona kıyasla benzer yükseklikte; su/çimento oranı 0,80, katkı maddesi oranı %2 olan 8 numaralı kolona göre yüzde 19 civarında artma gözlemlenmiştir. Kolonun diğer tüm kolonlara göre daha homojen yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Kolonun orta bölgesinde hafif şişme ve dolayısıyla çap artışı gözlemlenmiştir. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 114 cm, üst kısmın çevresi 111 cm, alt kısmın çevresi ise 110 cm gelmiştir. Kolonun alt kısmında katkı maddesinin biriktiği ve bu nedenle kolonun alt kısmının 5 numaralı kolon gibi ıslak olduğu gözlemlenmiştir. Bu ıslaklıktan yola çıkarak 28 günlük süre içerisinde kolonun nihai dayanımını sağlayacak şekilde olmadığı yorumu yapılabilir. Kolonun diğer kolonlara oranla daha yüksek uzunlukta olması ve çapının ortalama diğer kolonlarla aynı olduğu gözlemlendiğinde 8 numaralı kolona göre dayanımının daha düşük olduğu çıkarımında bulunulabilmektedir.



Şekil 4.18. Boyut analizi (10 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 0,80, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi %6 oranında kullanılan 10 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.18’de görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 54 cm ölçülmüştür. Yükseklik olarak tüm parametreleri aynı olan fakat su/çimento oranı 0,60 olan 7 numaralı kolona kıyasla yüzde 12 fazla; su/çimento oranı 0,80, katkı maddesi oranı %4 olan 9 numaralı kolona göre benzer yükseklikte olduğu gözlemlenmiştir. Kolonun diğer tüm kolonlara göre 9 numaralı kolonla birlikte daha homojen yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Kolonun orta bölgesinde hafif şişme ve dolayısıyla çap artışı gözlemlenmiştir. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 116 cm, üst kısmın çevresi 110 cm, alt kısmın çevresi ise 114 cm gelmiştir. Kolonun alt kısmında katkı maddesinin biriktiği ve bu nedenle kolonun alt kısmının 5 numaralı kolon gibi ıslak olduğu gözlemlenmiştir. Bu ıslaklıktan yola çıkarak 28 günlük süre içerisinde kolonun nihai dayanımını sağlayacak şekilde olmadığı yorumu yapılabilir. Kolonun diğer kolonlara oranla daha yüksek uzunlukta olması ve çapının ortalama diğer kolonlarla aynı olduğu gözlemlendiğinde 8 ve 9 numaralı kolona göre dayanımının daha düşük olduğu çıkarımında bulunulabilmektedir.



Şekil 4.19. Boyut analizi (14 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 1,50, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi %1 oranında kullanılan 14 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.19’da görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 36 cm ölçülmüştür. Kolon çapı katkı maddesi kullanılmayan fakat diğer tüm parametreleri aynı olan 2 numaralı kolona göre oldukça yüksek çıkmışken, yüksekliği yaklaşık olarak % 9 daha fazla ölçülmüştür. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 116 cm, üst kısmın çevresi 113 cm, alt kısmın çevresi ise 112 cm gelmiştir. Ayrıca kolonun çap dağılımı 2 numaralı kolona göre daha homojen yapıdadır. Kolonun içerisindeki su, çimento miktarı 2 numaralı kolonla aynı olup; sadece katkıdan kaynaklı bu denli çap artışı kolonun içerisindeki kum miktarının daha fazla olduğu yorumunu yapmamızı sağlamaktadır. Bu nedenle 2 numaralı kolona göre mukavemet yönünden daha az dayanımlı olduğu çıkarımında bulunulabilmektedir.



Şekil 4.20. Boyut analizi (15 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 1,50, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi %2 oranında kullanılan 15 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.20’de görüldüğü üzere

yapılmış olup; kolonun yüksekliği 51 cm ölçülmüştür. Kolon yüksekliği, katkı maddesi kullanılmayan fakat diğer tüm parametreleri aynı olan 2 numaralı kolona ve %1 oranında katkı maddesi kullanılan 14 numaralı kolona göre yaklaşık % 45 civarında yüksek ölçülmüştür. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 97 cm, üst kısmın çevresi 87 cm, alt kısmın çevresi ise 99 cm gelmiştir. Kolonun oluşumunda karışıma giren kum miktarı 14 numaralı kolona göre daha az olduğu yönünde yorum kolonun çapının küçük olması nedeniyle yapılabilirken, yüksekliğinin fazla olması karot dayanım sonuçlarında uygun yorum yapmamızı sağlayabilecektir.



Şekil 4.21. Boyut analizi (16 numaralı kolon)

Su/çimento oranı 1,50, rölatif sıklığı 0,45 ve katkı maddesi %4 oranında kullanılan 16 numaralı jet grout kolonunun boyut analizi Şekil 4.21’de görüldüğü üzere yapılmış olup; kolonun yüksekliği 38 cm ölçülmüştür. Kolon yüksekliği, katkı maddesi kullanılmayan fakat diğer tüm parametreleri aynı olan 2 numaralı kolona ve %1

oranında katkı maddesi kullanılan 14 numaralı kolona göre yakın ölçülmüşken; %2 oranında katkı maddesi kullanılan 15 numaralı kolondan yaklaşık %25 civarında düşük ölçülmüştür. Kolonun orta noktasının yaklaşık 10 cm altı ve 10 cm üstünden yapılan ölçümler sonucunda kolonun orta noktasının çevresi 121 cm, üst kısmın çevresi 117 cm, alt kısmın çevresi ise 117 cm gelmiştir. Kolonun oluşumunda karışıma giren kum miktarı 14 numaralı kolona göre benzer yoğunlukta olduğu fakat 15 numaralı kolona göre daha fazla olduğu yönünde yorum kolonun çapının büyük olması nedeniyle yapılabilirken, yüksekliğinin ise 15 numaralı kolondan oldukça düşük olması karot dayanım sonuçlarında uygun yorum yapmamızı sağlayabilecektir. Ayrıca kolonun alt kısmında oluşan ıslaklık çimentonun prizini tam anlamıyla sağlayamadığı ve bu nedenle nihai dayanımının düşük olabileceği yorumunu yapmamızı sağlamaktadır.

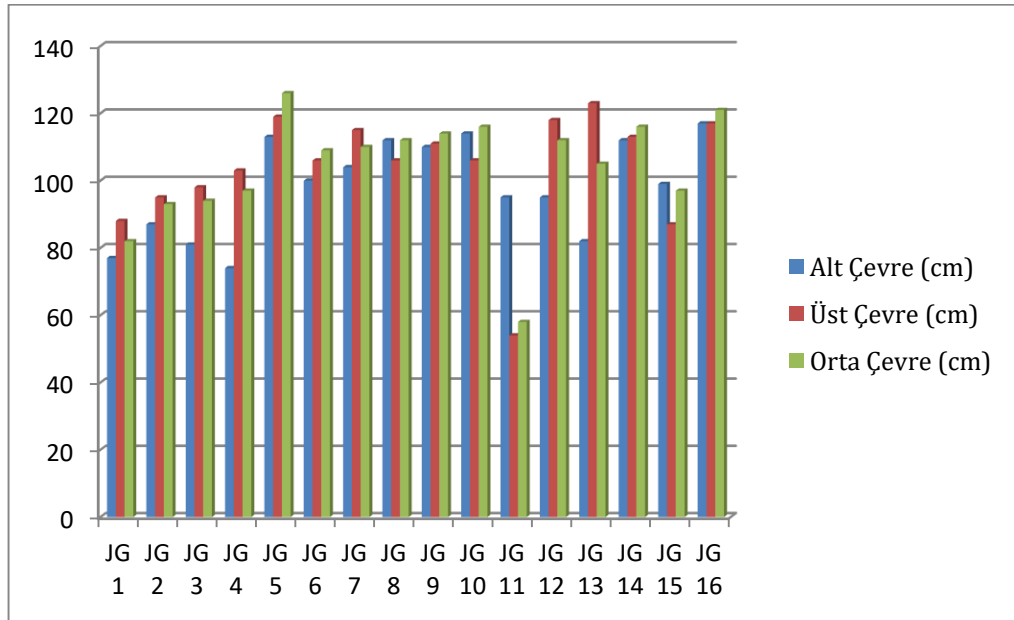
Yukarıdaki şekiller ve açıklamalarında belirtildiği üzere; jet grout yöntemi ile oluşturulan 16 adet kolon su/çimento, rölatif sıklık durumu ve kullanılan katkı maddesi oranlarına göre sıralanmış ve değişen parametrelerine göre sadece boyut, şekil ve kuruluk durumu ile kolonların birbirlerine göre yorumu gözlem yoluyla yapılmaya çalışılmıştır. Nihai yorum kolonlardan alınacak karot sonuçlarının basınç, deformasyon durumlarına göre yapılabilecektir.

Kolonların etkili bölgeleri, oluşan yüksekliğin yaklaşık 5 cm alt ve üstündeki kısım atıldıktan sonra kalan kısım olduğu yorumunda da bulunulabilir. Katkı maddesi kullanılan kolonların alt kısmında oluşan ıslaklık, katkı maddesinin çökelebileceğini akla getirirken; üst kısmında ise tijin çıkarken kumu deldiği noktada çimento şerbeti bırakmasını akla getirmektedir. Bu nedenle kolonların değerlendirilirken bu etkili olmadığı düşünülen alanlar atılarak değerlendirilmesi daha isabetli olacaktır. Kolonların yükseklik ve ortalama çapları bu hususlar göz önünde bulunarak belirlenmiş olup Çizelge 4.1'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Kolonlara ait boyut analizleri

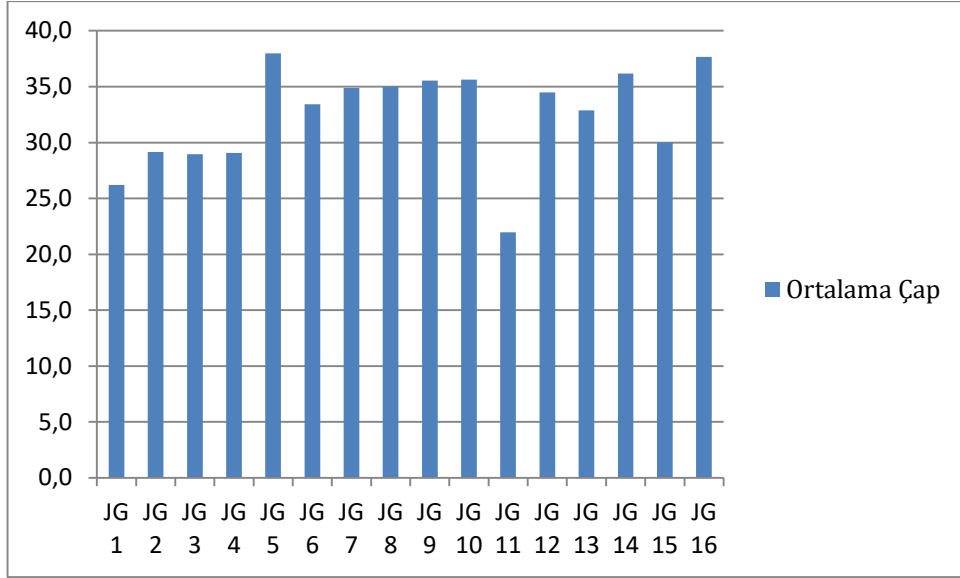
Kolon No	Alt Çevre (cm)	Üst Çevre (cm)	Orta Çevre (cm)	Ortalama Çevre (cm)	Ortalama Çap (cm)	Yükseklik (cm)
JG 1	77	88	82	82,3	26,2	35
JG 2	87	95	93	91,7	29,2	42
JG 3	81	98	94	91,0	29,0	39
JG 4	74	103	97	91,3	29,1	37
JG 5	113	119	126	119,3	38,0	50
JG 6	100	106	109	105,0	33,4	41
JG 7	104	115	110	109,7	34,9	47
JG 8	112	106	112	110,0	35,0	42
JG 9	110	111	114	111,7	35,5	52
JG 10	114	106	116	112,0	35,6	54
JG 11	95	54	58	69,0	22,0	33
JG 12	95	118	112	108,3	34,5	48
JG 13	82	123	105	103,3	32,9	50
JG 14	112	113	116	113,7	36,2	36
JG 15	99	87	97	94,3	30,0	51
JG 16	117	117	121	118,3	37,7	38

Şekil 4.22’de kolonların ortalama çevrelerinin bulunmasında kolonların yükseklik boyunca çap dağılımı gösterilmiştir.



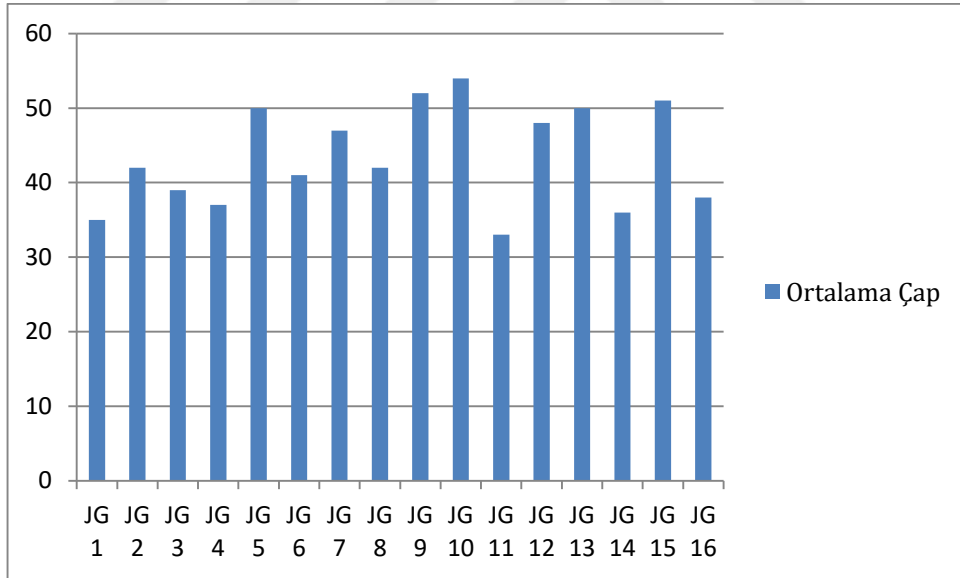
Şekil 4.22. Kolon Çevrelerinin Konuma Göre Dağılımları

Şekil 4.23’de kolonların ayrı ayrı ortalama çaplarının birbirlerine göre yorumlanması amacıyla ortalama çap dağılım eğrisi verilmektedir.



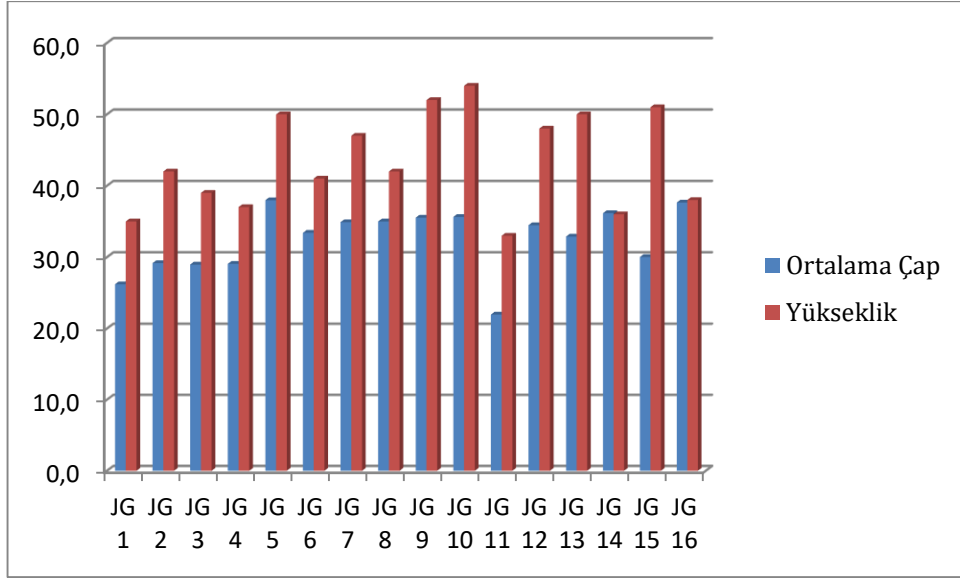
Şekil 4.23. Ortalama Çap Dağılımları

Şekil 4.24’de kolonların ayrı ayrı ortalama yüksekliklerinin birbirlerine göre yorumlanması amacıyla ortalama yüksekliklerinin dağılım eğrisi verilmektedir.



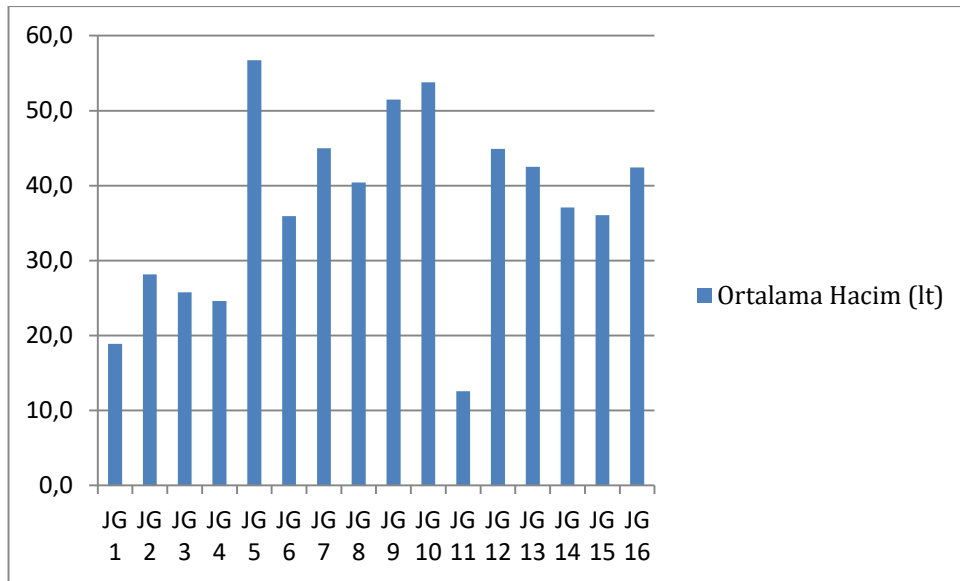
Şekil 4.24. Ortalama Yükseklik Dağılımları

Şekil 4.25’de ise kolonların ortalama çapları ve yüksekliklerinin aynı grafikte gösterilmesi kolonların kullanılan karışım oranlarına göre geometrik oluşumunun yorumlanması açısından ortalama çap ve yükseklik ilişkisi eğrisi verilmektedir.



Şekil 4.25. Ortalama Çap ve Yükseklik Dağılımları

Şekil 4.26’da kolonların ayrı ayrı ortalama hacim değerleri karşılaştırılmıştır. 1 ve 2 numaralı jet grout kolonunun hacmi referans alınmak üzere; 3 numaralı jet grout kolonunun 1 numaralı kolona göre hacminin arttığı ancak 4 numaralı kolonun 2 numaralı kolona göre ise hacminin azaldığı yorumunun yapılmasını sağlamıştır. Rölatif sıklık değerinin 0,45 ve 0,55 olması ve söz konusu sıklık değerlerinin orta sıkı olmasından, arasındaki ayrımın çok net olamamasından dolayı kolonun hacmine etkisi bu nedenle bilinmemektedir.



Şekil 4.26. Hacim Dağılımları

1 ve 2 ile 3 ve 4 numaralı jet grout kolonlarının kendi aralarında kıyaslanması yapıldığında, su/çimento oranının 1 den 1,5'a çıkması dozajı düşürürken enjeksiyon harcının varil içindeki kum ile etkileşime girmesi, viskozitenin düşük olması kum içerisindeki oluşan kolonun hacimsel olarak genişlemesini sağlamıştır. Rölatif sıklık değerinin 0,45 olduğu kolonda hacimsel artış bariz bir şekilde kendinin belli ederken; rölatif sıklık değerinin 0,55 olduğu kolonda ise dozaj artışının hacme etkisi çok aşırı olmamıştır.

Su/çimento oranının aynı ve 1,00, rölatif sıklık değerinin 0,45 olduğu 4 adet jet grout kolonu olan 1, 11, 12, 13 kolonlarının karşılaştırılması yapıldığında; hacim artışının, katkı maddesi sırasıyla %2 ve %4 olan 12 ve 13 numaralı kolonlarda çok belirgin bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Bu artış katkı maddesi olmayan kolona göre yaklaşık %135 civarında olmuştur. 11 numaralı jet grout kolonunun hacminin 1 numaralı kolondan da düşük çıkmasının nedeni deney kumunun homojen olarak varil içerisine yerleştirilememesi veya enjeksiyon işlemi sırasında enjeksiyon basıncının düşmesi yönünde yorumlanması isabetli olacaktır. Katkı maddesinin oranı konusunda ise oluşturulan kolonlara göre yorumlama yapılmak istenirse; kolonların çapında katkı maddesinin artması ile gözle görünür bir artış gözlemlenmemiştir.

Su/çimento oranının aynı ve 1,50, rölatif sıklık değerinin 0,45 olduğu 4 adet jet grout kolonu olan 2, 14, 15, 16 kolonlarının karşılaştırılması yapıldığında; hacim artışının, katkı maddesi sırasıyla %1, %2 ve %4 olan 14,15,16 numaralı kolonlarda bariz bir şekilde yaklaşık olarak %30 civarında arttığı gözlemlenmiştir. Hacim artışının su/çimento oranı 1,00 olan 1 numaralı kolondan daha az olmasının nedeni; dozajdan kaynaklanmıştır. Çünkü zaten viskozitesi düşük olan 2 numaralı kolona akışkanlaştırıcı katkı maddesi eklenmesi, viskoziteyi 1 numaralı kolonda olduğu kadar düşürmemiştir. Bu da zaten rahat bir şekilde enjekte edilen enjeksiyon harcının kum içerisinde akışkanlığını 1 numaralı kolon kadar arttırmadığı yönünde yorum yapılmasını sağlamaktadır.

Su/çimento oranının aynı ve 0,60 olduğu 3 adet jet grout kolonu olan 5, 6, 7 numaralı kolonların kendi içlerinde karşılaştırılması yapıldığında 5 numaralı kolonun hacminin 6 numaralı kolonun hacminden yaklaşık % 55; 7 numaralı kolonun hacminden yaklaşık %25 civarında fazla olduğu gözlemlenmiştir. Deney sonuçlarına bakıldığında hacim olarak yüksek hacimli kolon oluşturulmak istenirse en ideal oran su/çimento 0,60 iken, kullanılacak katkı maddesi oranının %2 olduğudur. Katkı maddesinin artması deney sonuçlarına göre kolonların hacminin düşmesine sebep olmaktadır. Ancak %4

oranında katkı maddesi kullanılarak oluşturulan kolonun % 6 oranında katkı maddesi kullanılarak oluşturulan kolondan daha düşük hacme sahip olması bu tezimizi çürütmektedir.

Su/çimento oranının aynı ve 0,80 olduğu 3 adet jet grout kolonu olan 8, 9,10 numaralı kolonların kendi içlerinde karşılaştırılması yapıldığında katkı maddesi kullanımının hacme etkisi doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu oransal artış 8 ve 9 numaralı kolonlarda %23 seviyesinde iken 9 numaralı kolonla 10 numaralı kolon arasında %4 seviyelerinde kalmıştır. Ancak %4 ve %6 katkı maddesi kullanılan su/çimento oranı sırasıyla 0,60 ve 0,80 olan 6, 7, 9 ve 10 numaralı kolonların kıyaslaması yapıldığında ise bu katkı malzemeleri ile daha düşük dozajlı olan 9 ve 10 numaralı kolonların daha yüksek hacme sahip olduğu söylenebilmektedir.

Su/çimento oranının aynı ve 1,50, rölatif sıklık değerinin 0,45 olduğu 4 adet jet grout kolonu olan 2, 14, 15, 16 kolonlarının karşılaştırılması yapıldığında; hacim artışının, bariz bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Bu artış ortalama olarak %30 civarında olmuştur. Katkı maddesi oranının artması 16 numaralı kolonu en yüksek hacimli kolon yaparken, 15 numaralı kolonun yükseklik artışının çok fazla olmasından dolayı çapının düşmesine ve haliyle kolonun hacminin en düşük olmasına neden olmuştur.

4.3. Jet Grout Kolonlarının Dayanım Analizinin Yapılması

28 gün kumun içerisinde bekletilen jet grout kolonlarının, genel özelliklerini orta bölgede barındırdığı tahmin edildiğinden dolayı, üst ve alt kısımlarında çimentolaşmış enjeksiyon harcı, katkı maddesi veya yoğun miktarda kum bulundurduğundan dolayı alt ve üst kısımları yaklaşık 10 cm yüksekliğinde kesilmiştir (Şekil 4.27.). Karot delgi makinası yatayda hareket etmemesi ve alınacak karot numunelerini parçalamaması için üst ve alt kısmından sabitlenmiştir. Karot alınacak kolonların hareket etmemesi için düzgün bir altlık oluşturulmuş ve toprağa gömülmüştür (Şekil 4.28.). Böylece kolonun ve karot alma cihazının yanal hareketleri kısıtlandırılmıştır.



Şekil 4.27. Kolonların karot alma işlemi için hazırlanması



Şekil 4.28. Karot delgi makinasının sabitlenmesi

Karot alma işlemi gerçekleştirilirken 70 mm çapında ve 50 mm çapında karot uçları kullanılmıştır. 50 mm çapındaki karot ucu kolonları parçaladığından dolayı tüm kolonlarda ideal olduğu düşünülen 70 mm çaplı karot ucu uygulanmıştır. Karot alırken dikkat edilen bir diğer husus ise çok fazla çimentolaşmış veya kum yoğunluğu fazla

görünen kısımlar es geçilerek homojen karışımın olduğu bölgelerden alınmaya özen gösterilmiştir. Karotlar kolonların boy kesitinin görülebilmesi ve yorumlanabilmesi için kolon uzunluğu boyunca alınmaya çalışılmıştır (Şekil 4.29.). Karot alınma işleminden sonra kolonların ve karotların görünümü Şekil 4.30'daki gibi olmuştur.



Şekil 4.29. Kolonlardan karot alma işlemi



Şekil 4.30. Karot alınmış kolonların görüntüsü



Şekil 4.31. 1-2 ve 3 nolu kolonlardan karot alınması

Rölatif sıklık oranı 0,45 ve sırasıyla su/çimento oranı 1,00 ile 1,50 olan 1 ve 2 numaralı kolonlardan karot alınması oldukça kolay olmuştur. Karot alındıktan sonra karotlar boy kesit olarak incelenmiş ve karotların içerisindeki çimento ve kum miktarının homojen olarak dağıldığı görülmüştür. Rölatif sıklık oranı 0,55 ve su/çimento oranı 1,00 olan 3 numaralı kolonda ise karot alınırken zorlanılmış, çimento ve kum miktarının homojen dağılmadığı görülmüştür. Su/çimento oranı 1,00 olan 1 numaralı kolona göre hacim olarak daha geniş olan 3 numaralı kolonun içerisindeki kum miktarı daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Karotların standart basınç deneyine tabi tutulması sonucu bu durumla ilgili net bir açıklama yapılabilecektir (Şekil 4.31.).



Şekil 4.32. 4 ve 5 nolu kolonlardan karot alınması

Rölatif sıklık oranı 0,55 ve su/çimento oranı 1,50 olan 4 numaralı kolondan karot alınırken, diğer tüm parametreleri aynı fakat rölatif sıklık oranı daha düşük olan 2 numaralı jet grout kolonu kadar homojen bir yapı ile karşılaşılmamıştır. Daha düşük su/çimento oranına sahip olan 3 numaralı kolona göre ise daha homojen yapıda bir karot numunesi ile karşılaşılmıştır.

Su/çimento oranının 0,60 gibi oldukça düşük değer olduğu ve içerisinde katkı maddesi %2 olan 5 numaralı kolonun karot alma işlemi başarısızlıkla sonuçlanmıştır. 3 farklı yerden yapılan denemelerde kolon parçalanmıştır. Bu kadar büyük çap ve yüksekliğe sahip olan kolon incelendiğinde kolonun içerisindeki kum oranının çimento oranından çok fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.32.).



Şekil 4.33. 6 ve 7 nolu kolonlardan karot alınması

Su/çimento oranları 0,60 ve içerisindeki katkı maddeleri oranı sırasıyla %4 ve %6 olan 6 ve 7 numaralı jet grout kolonlarının karot alma işlemi sonuçlarında 6 numaralı kolonun 7 numaralı kolona göre daha homojen yapıda olduğu görülmüştür. 7 numaralı kolonun çapının 6 numaralı kolondan çok daha büyük olması kolonun dayanımının 7 numaralı kolondan daha düşük olacağı yönünde yorumlanabilir. Zaten karotların 6 numaralı kolonda bütün ve homojen çıkması, 7 numaralı kolonda içinde bulunan kum miktarının fazla olması ile de bu tezimiz savunulmuş olabilir (Şekil 4.33.).



Şekil 4.34. 8ve 9 nolu kolonlardan karot alınması

Su/çimento oranları 0,80 ve içerisindeki katkı maddeleri oranı sırasıyla %2 ve %4 olan 8 ve 9 numaralı jet grout kolonlarının karot alma işlemi sonucunda daha düşük çapta ve hacimde olan 8 numaralı kolonda, karot alma işlemi 9 numaralı kolona göre daha iyi sonuçlanmıştır. 8 numaralı kolonun içerisindeki çimento karışımı daha homojen olurken; 9 numaralı kolondaki çimento, katkı maddesi ve kum dağılımı homojen olmamıştır. 9 numaralı kolonun alt kısmın ıslak olması, kolondaki katkı maddesinin alt kısımda birleştiği yönünde yorumlanabilir. Bu nedenle karot alma işleminde 9 numaralı kolonun boy kesiti incelendiğinde çimento miktarının üst kısımda kaldığı bölüm daha sağlam alınırken alt kısımlara doğru parçalanma gerçekleşmiştir (Şekil 4.34.).



Şekil 4.35. 10-11 ve 16 nolu kolonlardan karot alınması

Su/çimento oranı 0,80 ve içerisindeki katkı maddesi oranı %6 olan 10 numaralı jet grout kolonundan karot alma işlemi içerisindeki katkı maddesi oranı %4 olan ve yakın hacimde olan 9 numaralı kolona kıyasla üst kısımlarda daha homojen çimento kum karışımından ibaret olduğunu göstermiştir. Karot alma işlemi sırasında alt kısımlara doğru giderken karot numunesinde parçalanmalar gözlemlenmiştir.

Su/çimento oranının 1,00 ve içerisindeki katkı maddesi oranının %1 olduğu 11 numaralı jet grout kolonunun karot alma işlemi, katkı maddesi kullanılmayan fakat su/çimento oranı yine 1,00 olan 1 numaralı kolon kadar iyi olmuştur. Alınan karot numunesinde homojen dağılım olduğu gözlemlenmiştir.

Su/çimento oranı 1,50 ve içerisindeki katkı maddesi oranı %4 olan 16 numaralı jet grout kolonunun karot alınmasında kolon parçalanmış ve karot alma işlemi başarılı

olmamıştır. 16 numaralı kolonla içerisinde katkı maddesi bulunmayan fakat su/çimento oranı 1,50 olan 2 numaralı kolon karşılaştırıldığında 16 numaralı kolonun hacimsel olarak 2 numaralı kolondan yaklaşık %50 civarında fazla olması çimento ile birleşen kum miktarının fazla olduğu yönünde yorumlanabilirken dayanımının düşük olduğu gözle görülebilmektedir (Şekil 4.35.).



Şekil 4.36. 12 ve 13 nolu kolonlardan karot alınması

Su/çimento oranı 1,00 ve içerisindeki katkı maddesi oranı sırasıyla %2 ve %4 olan 12 ve 13 numaralı jet grout kolonundan karot alma işlemi içerisindeki katkı maddesi oranı %1 olan ve kendinden hacimce çok düşük olan 11 numaralı jet grout kolonu kadar iyi olmamıştır. Alınan karotlar boy kesit olarak incelendiğinde üst ve alt kısımlarının parçalandığı görülmüştür. Kolonun çapının 1 ve 11 numaralı kolondan

oldukça büyük olması içerisindeki çimento ile birleşen kum miktarının fazla olduğu yönünde yorumlanırken dayanımının düşük olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.36.).



Şekil 4.37. 14 ve 15 nolu kolonlardan karot alınması

Su/çimento oranı 1,50 ve içerisindeki katkı maddesi oranı sırasıyla %1 ve %2 olan 14 ve 15 numaralı jet grout kolonundan karot alma işlemi içerisinde katkı maddesi oranı %4 olan 13 numaralı jet grout kolonuna göre daha başarılı olmuştur. Alınan karotlar bir bütün olarak çıkmış ve kısmen homojen olduğu gözlemlenmiştir. Karotların homojen olmasının nedeni oluşan kolon çapı ve yüksekliğinin 13 numaralı jet grout kolondan daha düşük olması ve çimento karışımı ile birleşen kum miktarının daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Karot dayanım sonuçlarının daha yüksek çıkacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.37.).

Karot alma işlemi gerçekleştikten sonra her kolon için ikişer tane homojenliği yaklaşık olarak sağlanmış karot numuneleri, tek eksenli basınç deneyine tabi tutulmak üzere seçilmiştir. Tek eksenli basınç deneyinde yükün homojen olarak dağılmasını sağlamak için laboratuvar deneyi öncesinde karotların alt ve üst yüzeyi profesyonel taş kesme aletinde kesilmiştir (Şekil 4.38.).



Şekil 4.38. Karot numunelerinin üst ve alt yüzeyinin düzlenmesi

Üst ve alt yüzeyleri düzlenen karotlar, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Laboratuvarına getirilmiştir. Kolon numaralarına göre sıralanan (Şekil 4.39.). karot numuneleri laboratuvarında bulunan CBR deney aletinde standart basınç deneyine tabi tutulmuştur.



Şekil 4.39. Karot numunelerinin laboratuvarda kolon numaralarına göre sıralanması

Deneylerin yapılacağı olan CBR deney düzeneğine deformasyon okuma saati monte edilerek, kolona yükleme yapılması sonucunda deformasyon okumaları sağlanmıştır. Deformasyon ve yük değerlerinin bilgisayara aktarıldığı deney düzeneğinde kronometre kullanılarak bilgisayar üzerinden 5'er saniye arayla ve gerekli olduğu durumlarda - gerekli olan durumlar karot numunesinin kırılmaya başladığı an, ani yük düşüşleri ve ani deformasyon değişiklikleri - okuma sıklıkları 1'er saniyeye kadar düşmüştür. 1, 2, 6, 8, 9, 10, 11, 13 numaralı kolonlardan 2'şer adet karot numunesi deneylere tabi tutulmuştur. 3 ve 4 numaralı kolondan da 2'şer adet karot deneye tabi tutulmuş fakat teknik bir arızadan dolayı deformasyon ile zaman ölçümü yapılamamıştır. 7 numaralı kolonda 3 adet karot numunesi deneye tabi tutulmuştur. 12 ve 16 numaralı kolonlarda karot alma işlemi zor olduğundan dolayı mevcut elimizde bulunan 1 adet karotla yapılmıştır. 6 numaralı kolondan karot alınmadığı için 6 numaralı kolonla ilgili deney yapılamamıştır. Deneyleri yapılan tüm karotlar 70 mm çapında olup, hesaplamalar 70 mm çapına göre yapılmıştır (Şekil 4.40.).

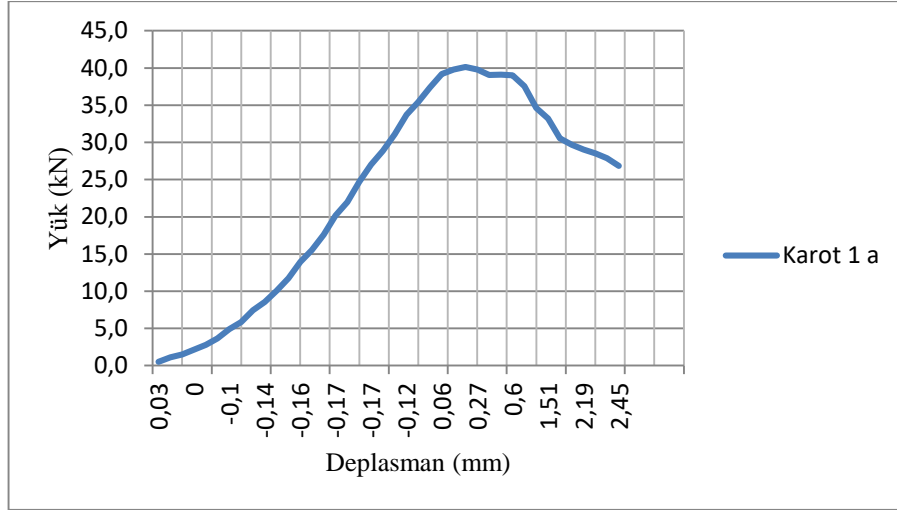


Şekil 4.40. Deney düzeneğinin gerekli ayarlamalarının yapılması

Yüksekliği 12,10 cm ve 12,20 cm olan 1 numaralı kolonun 2 farklı karot numunesi standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karotlar Şekil 4.41’de gösterilmiştir.

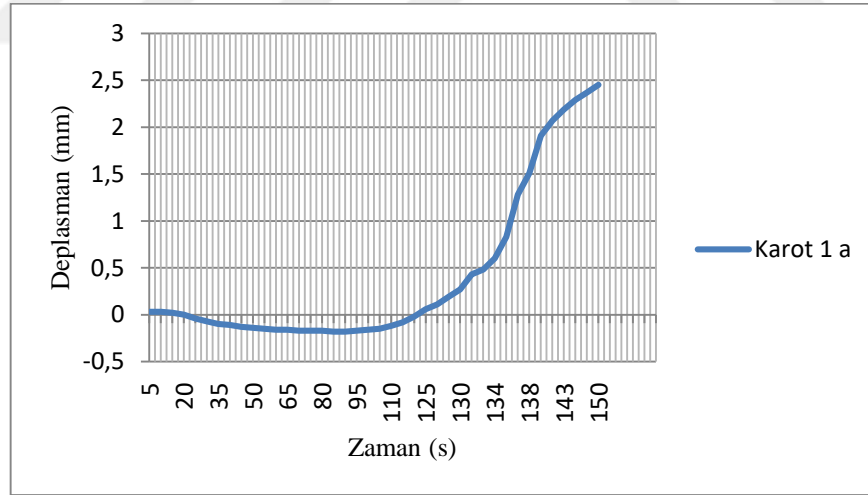


Şekil 4.41. 1 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü



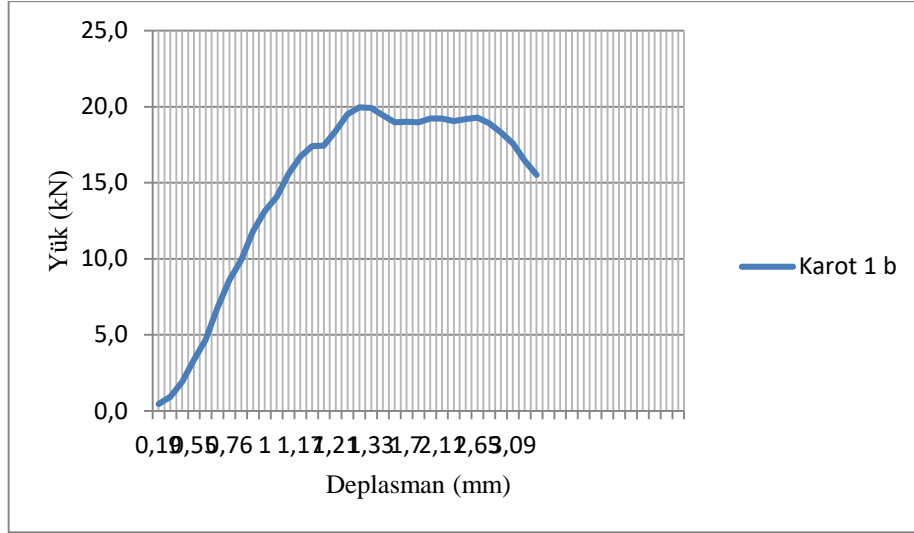
Şekil 4.42. Yük-deplasman eğrisi (1 numaralı kolon karot 1/a)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.42’de verilen kolonun karot yüksekliğinin çapına oranı 2 den düşük olması nedeniyle düzeltme katsayısı kullanılmıştır. Yüksekliğin çapına oranı 1,75 olduğu için yük 0,98 katsayısı ile çarpılmıştır. Karot numunesi yükün yüklenmeye başladığı andan 129 s sonra maksimum 40,94kN yüke dayanabilirken düzeltme katsayısı ile bu değer 40,12kN olmuştur.



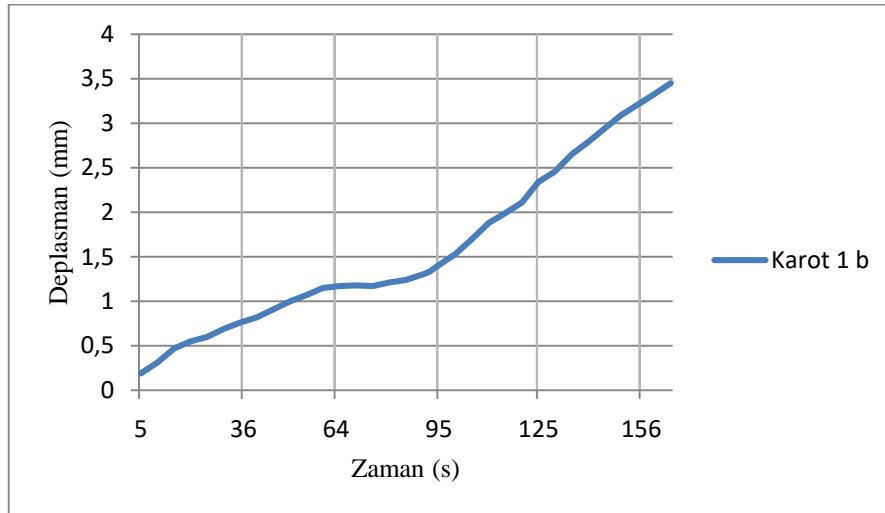
Şekil 4.43. Deplasman-zaman eğrisi (1 numaralı kolon karot 1/a)

Kırılmaya başlamadan önce deplasman değişimi eksi yönde olurken ihmal edilebilecek düzeyde kalmıştır. 129. saniyede karotun kırılma anında yaptığı deplasman 0,19 mm olarak okunmuştur. Daha sonra ani bir kırılma olarak 30 s gibi kısa bir sürede yaklaşık 2,3 mm deplasman ölçümü gerçekleşmiştir. Bu da karot numunesinin rijitliğinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 4.43.).



Şekil 4.44. Yük-deplasman eğrisi (1 numaralı kolon karot 1/b)

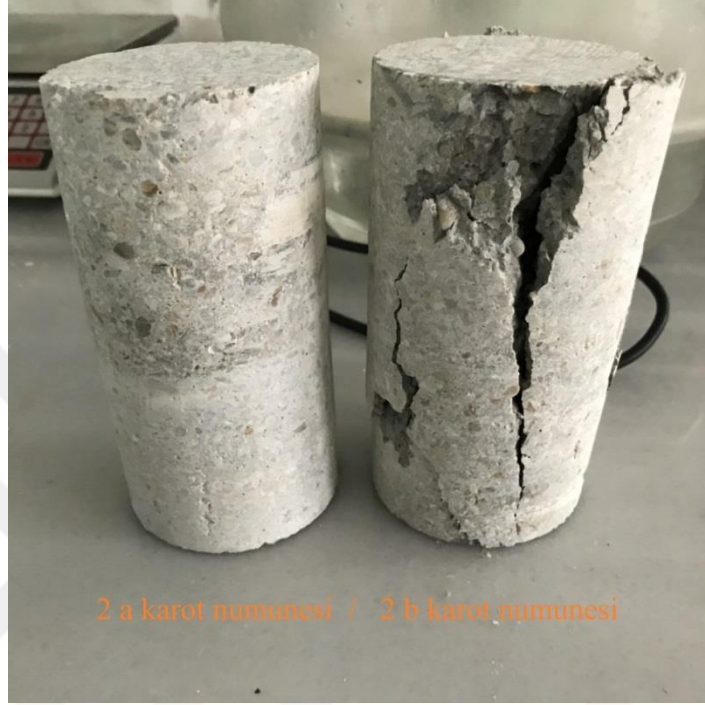
Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.44'de verilen kolonun karot yüksekliğinin çapına oranı 2 den düşük olması nedeniyle düzeltme katsayısı kullanılmıştır. Yüksekliğin çapına oranı 1,75 olduğu için yük 0,98 katsayısı ile çarpılmıştır. Karot numunesi yükün yüklenmeye başladığı andan 90 s sonra maksimum 20,38kN yüke dayanabilirken düzeltme katsayısı ile bu değer 19,97kN olmuştur.



Şekil 4.45. Deplasman-zaman eğrisi (1 numaralı kolon karot 1/b)

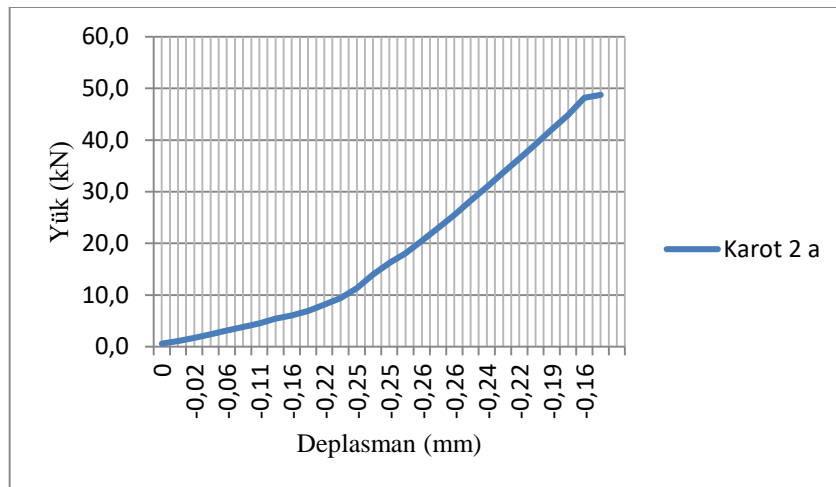
Karot numunesini yüklemeye başladıktan hemen sonra deplasman artışı 64. saniyeye kadar hemen hemen doğru orantılı bir şekilde artma eğiliminde olmuştur. 64. ve 95. saniye arasında deplasman artışı yavaşlarken, 95. saniyeden sonra deplasman hızlı bir şekilde olmuştur (Şekil 4.45.).

Söz konusu kolondaki iki numune karşılaştırıldığında 1 a karot numunesinin oldukça rijit, dayanımlı ve elastisite modülünün yüksek olduğu görülmüştür. 1 a karot numunesinin gerilmesinin 1 b karot numunesinin yaklaşık 2 katı değerinde çıkması, karotların benzer homojenlikte olmamasından kaynaklanmıştır.



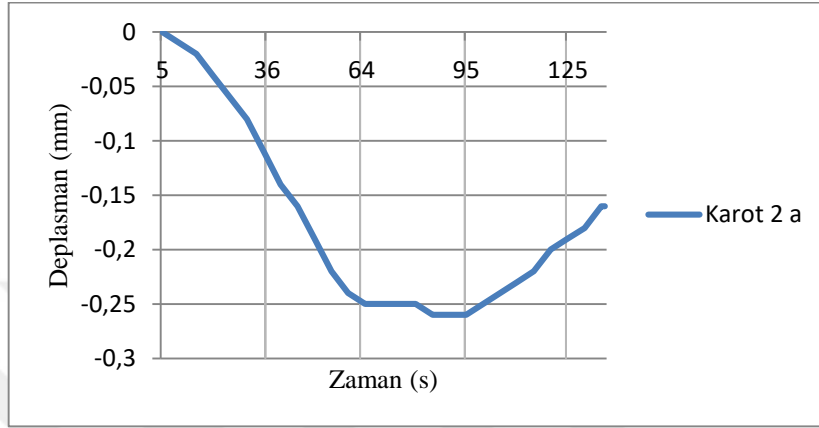
Şekil 4.46. 2 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü

Yüksekliği 14,20 cm olan 2 numaralı kolonun 2 farklı karot numunesi standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karotlar Şekil 4.46’da gösterilmiştir.



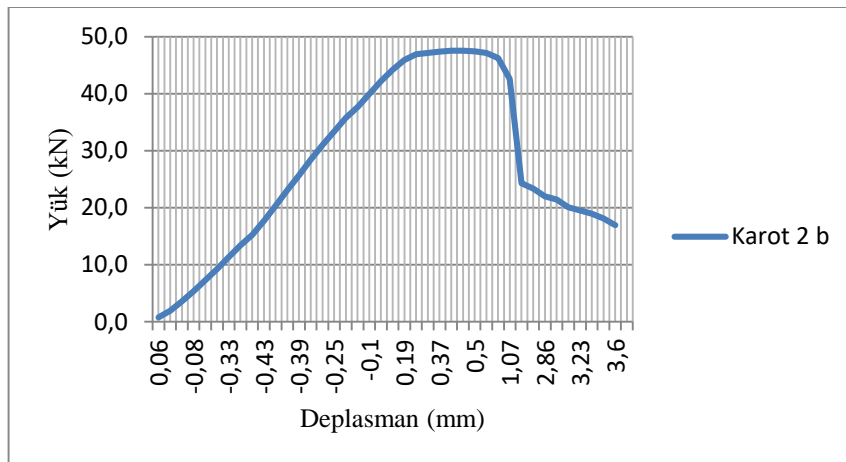
Şekil 4.47. Yük-deplasman eğrisi (2 numaralı kolon karot 2/a)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.47’de verilen kolondan alınan 1. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda yük sürekli olarak artmaya başlamıştır. Yüklemenin sonunda 48,73 kN kadar yüke dayanan karot numunesi kırılmamıştır. Deney aletinin maksimum kırma kapasitesi 50 kN olduğu için deney aletine zarar vermemek için deney bu değerde durdurulmuş ve numune kırılmamıştır.



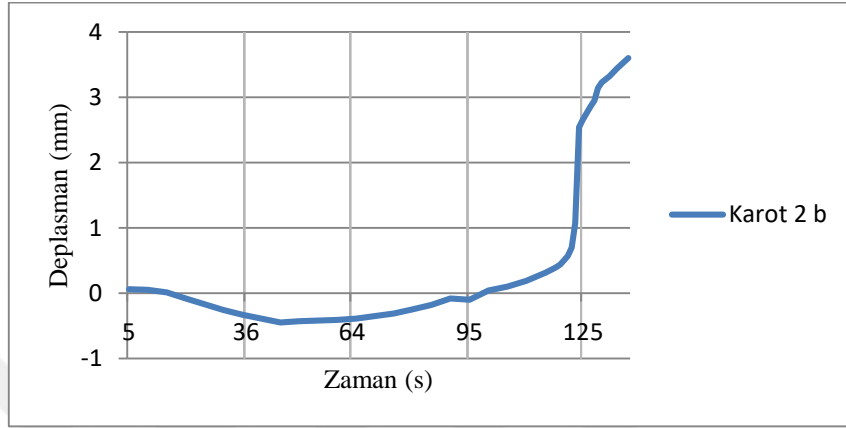
Şekil 4.48. Deplasman-zaman eğrisi (2 numaralı kolon karot 2/a)

Yüklemeye başlama anından itibaren karot numunesi eksi yönde sürekli deplasman yapma eğiliminde bulunmuştur. Deplasman yapma eğiliminde bulunmuştur. Deplasman 64 ve 95. saniyeler arasında sabit değer alırken 95. saniyeden itibaren artı yönde bir artış göstermiştir. Yükleme 136 saniye sürmüştür ve 136. saniye sonunda okunan değer -0,16 mm olmuştur. Deplasman artışının maksimum 0,26 mm olduğu karot numunesi oldukça rijit bir görünüm sergilemiştir (Şekil 4.48.).



Şekil 4.49. Yük-deplasman eğrisi (2 numaralı kolon karot 2/b)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.49’da verilen kolondan alınan 2. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 47,57 kN değerine kadar dayanmıştır. Yaklaşık 10 saniye süreyle yük değeri sabit kaldıktan sonra ani bir kırılma olmuştur. Kırılma anından sonra numunenin taşıyabildiği yük yaklaşık olarak yarı değerine yani 24,31 kN değerine düşmüştür.



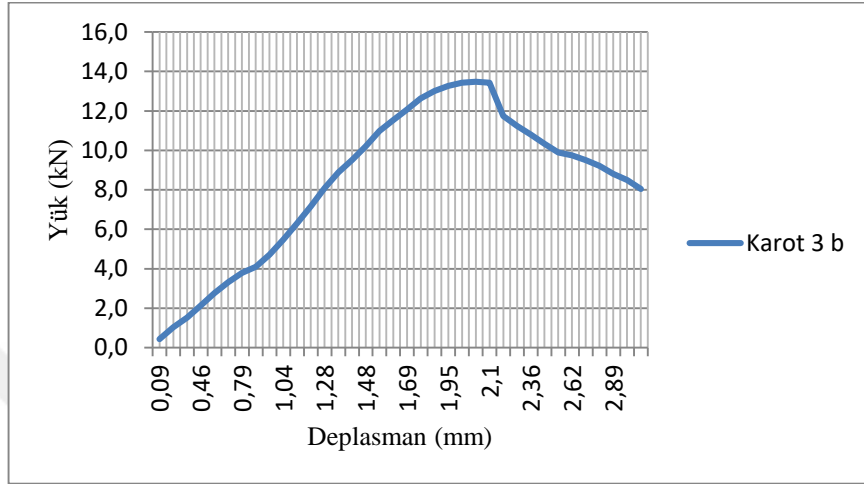
Şekil 4.50. Deplasman-zaman eğrisi (2 numaralı kolon karot 2/b)

Yüklemenin yapılmaya başlamasından itibaren yaklaşık 125. saniyeye kadar deplasman artışı artı ve eksi yönde 0,5 mm civarında olurken, numunenin ani kırılması sonucunda yaklaşık 10 saniyede 3 mm kadar deplasman yapmıştır (Şekil 4.50.).



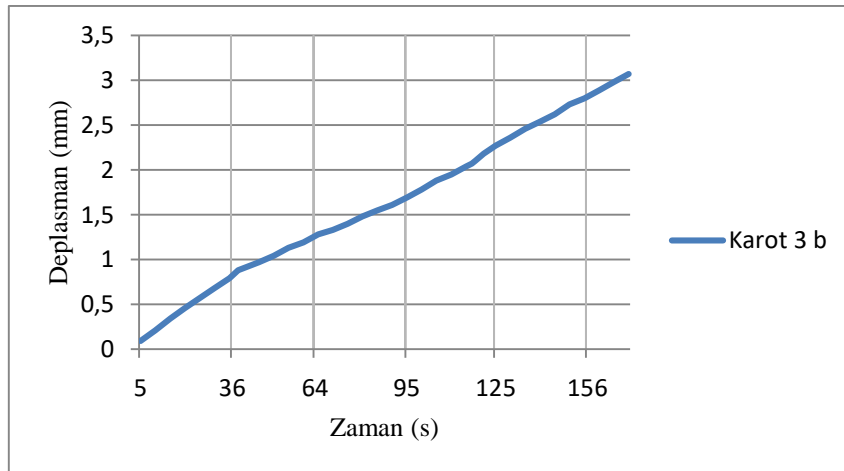
Şekil 4.51. 3 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü

Yüksekliği 13,70 cm ve 14,5 cm olan 3 numaralı kolonun 2 farklı karot numunesi standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karotlar şekil 4.51’de gösterilmiştir. 1 numaralı numunenin kırılması sırasında deplasman saatinde teknik arıza olduğundan dolayı deplasman ölçümü yapılamamıştır. Kırılma anı 9,50 kN olarak okunan karot numunesinin bu andaki deplasman değeri 1,70 mm dir.



Şekil 4.52. Yük-deplasman eğrisi (3 numaralı kolon karot 3/b)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.52’de verilen kolondan alınan 2. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 13,48 kN değerine kadar dayanmıştır. Kırılma anından yaklaşık 50 s süre boyunca üzerinde 8,5 kN kadar yük taşımaya devam etmiştir. Kırılma ani olmamıştır. Bu da numunenin kısmen elastik davranışta olduğu yönünde yorumlanmıştır.



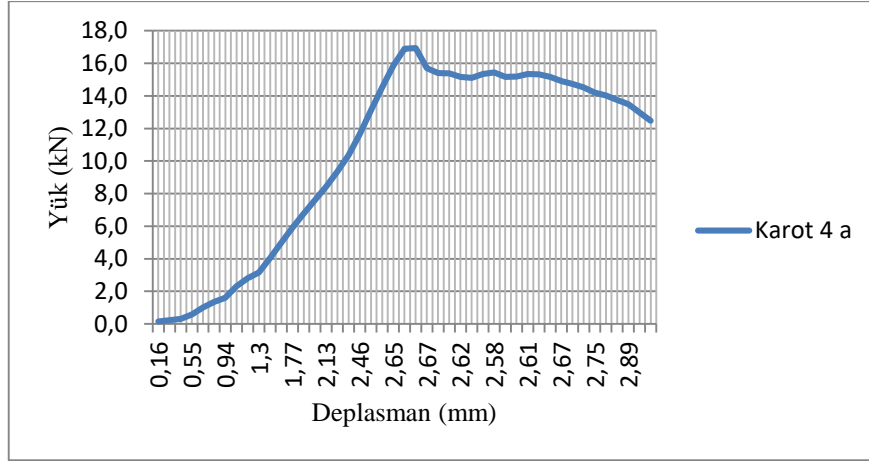
Şekil 4.53. Deplasman-zaman eğrisi (3 numaralı kolon karot 3/b)

Yüklemenin başlamasından itibaren numune deplasman doğrusal olarak artmıştır. Numunenin yük taşımaya kapasitesinin düşmeye başladığı 117. saniyede deplasman artışı 2,07 mm olurken, deneyin sonlandırıldığı 170. saniyede bu değer 3,05 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.53.).



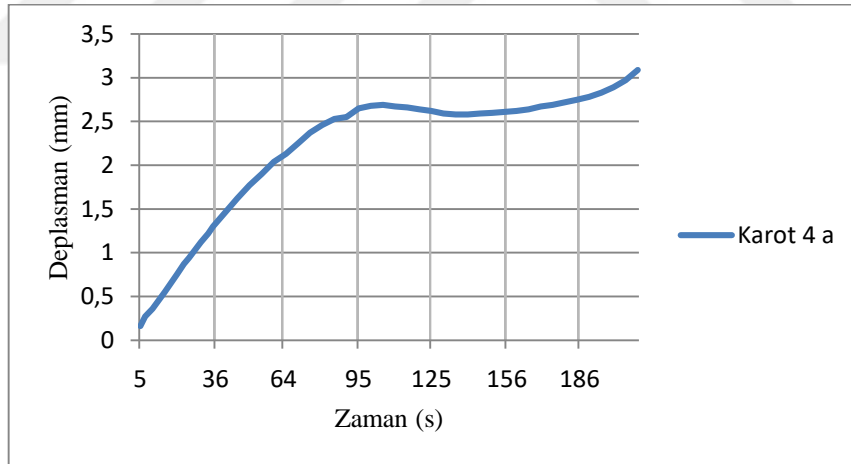
Şekil 4.54. 4 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü

Yükseklikleri sırasıyla 9,70 cm ve 9,00 olan iki karot numunesinin yükseklik/çap oranı yaklaşık 1,30 olduğu için numunelere uygulanan yük değerleri 0,93 düzeltme katsayısı ile çarpılarak yük deplasman eğrileri bu düzeltme katsayıları ile yapılmıştır. Karot numunesi 4 a 18,21 kN değerine kadar yük taşıyabilirken bu değer düzeltme katsayısı ile 16,94 kN olarak; 4 b numunesi ise 15,19 kN değerine kadar yük taşıyabilirken bu değer düzeltme katsayısı ile 14,13 kN olarak alınmıştır. Numunelerin kırım sonuçları Şekil 4.54'de gösterilmektedir.



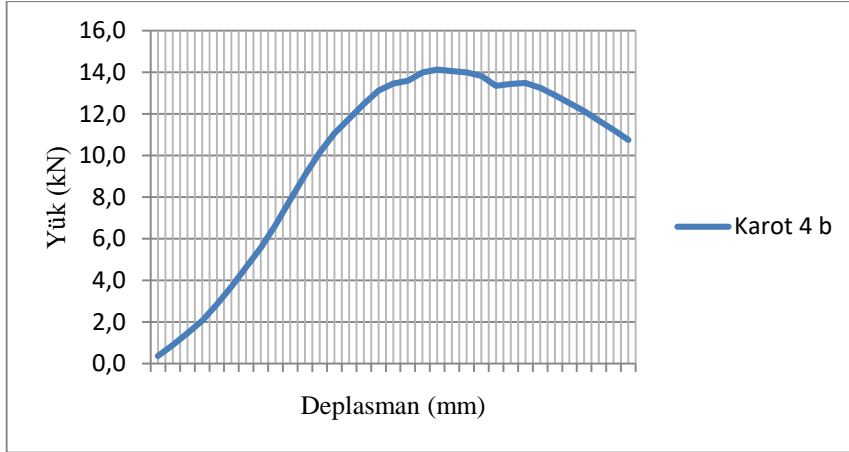
Şekil 4.55. Yük-deplasman eğrisi (4 numaralı kolon karot 4/a)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.55’de verilen kolondan alınan 1. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 18,21 kN değerine kadar dayanmıştır. Kırılma anından yaklaşık 100 s süre boyunca üzerinde 12,5 kN kadar yük taşımaya devam etmiştir. Kırılma ani olmamıştır. Bu da numunenin kısmen elastik davranışta olduğu yönünde yorumlanmıştır.



Şekil 4.56. Deplasman-zaman eğrisi (4 numaralı kolon karot 4/a)

Yüklemeye başlama anından itibaren karot numunesi kırılma anına kadar sürekli artı yönde sürekli deplasman yapma eğiliminde bulunmuştur. Deplasman yük taşıma kapasitesinin azalmaya başladığı 105. saniyede değeri 2,69 mm olup, 175. saniyeye kadar çok fazla değişmemiştir. 175. saniyeden 210. saniyeye kadar artan eğimle artarken, 210. saniyede okunan deplasman değeri 3,09 mm olmuştur (Şekil 4.56.).



Şekil 4.57. Yük-deplasman eğrisi (4 numaralı kolon karot 4/b)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.57'de verilen kolondan alınan 2. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numunenin maksimum taşıma gücü 15,19 kN değeri olmuştur. Yükseklik/çap oranı 2,00 den düşük ve yaklaşık 1,25 olduğundan diğer numunelere benzetmek için 0,93 düzeltme katsayısı sonucunda bu değer 14,12 kN olmuştur. Numunenin bu değere başlaması 100. saniye sonunda olmuştur ve yüklemenin 160. saniyesinde numune halen taşıyabildiği maksimum yükün yaklaşık % 70'ini taşımıştır.

Deplasman saatinin teknik arızadan dolayı okunamaması sonucunda deplasman-zaman eğrisi çizimi gerçekleştirilememiştir.



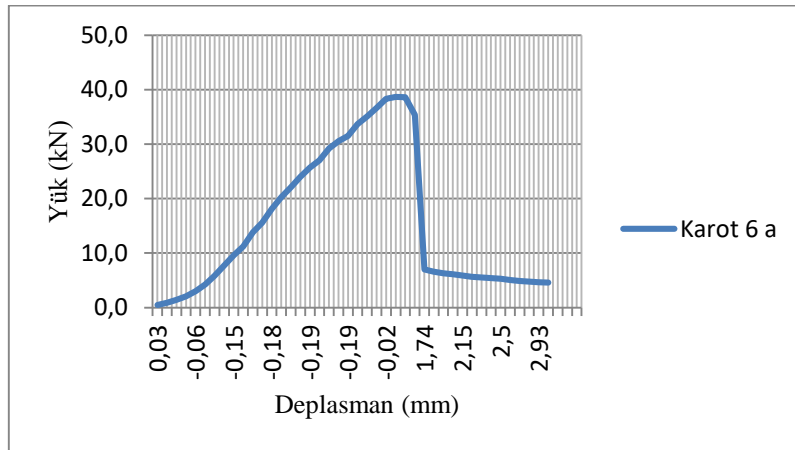
Şekil 4.58. 5 nolu kolon karot görünümü

5 nolu kolonun su/çimento oranı 0,60 olmasına rağmen çap ve yüksekliği, oluşturulan diğer kolonlardan büyük olması dolayısıyla içerisindeki kum miktarı diğer kolonlardakinden daha fazla oluşmuştur. Bu nedenle 5 nolu kolondan 3 farklı yüzeyden denenmesine rağmen standart basınç deneyine tabii tutulmak için uygun karot numunesi alınamamıştır. Her denemede karot numuneleri Şekil 4.58’de gösterildiği üzere parçalanmıştır.



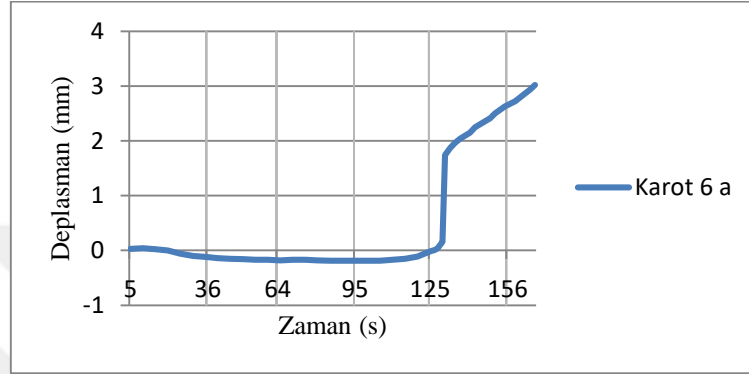
Şekil 4.59. 6 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü

Yükseklikleri sırasıyla 13,30 cm ve 14,5 cm olan 6 numaralı kolonun 2 farklı karot numunesi standart basınç deneyine tabii tutulmuş ve kırılan karotlar Şekil 4.59’da gösterilmiştir.



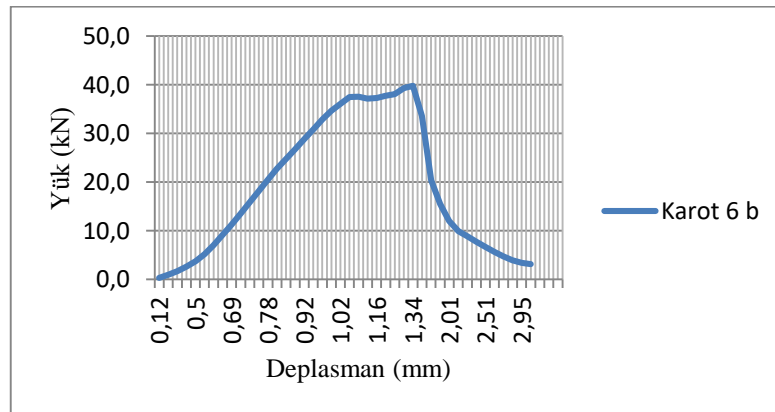
Şekil 4.60. Yük-deplasman eğrisi (6 numaralı kolon karot 6/a)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.60'da verilen kolondan alınan 1. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 38,69 kN değerine kadar dayanmıştır. Karot numunesinin yük taşıma kapasitesinin düşmeye başladığı an 127. saniye olarak okunmuştur ve kırıldıktan 4 saniye sonra karot numunesi ulaştığı maksimum taşıma kapasitesinin 1/6 sı kadar yük taşımaya başlamıştır. 131. saniye ile 167. saniye arasında yük eğrisi sabit kalırken deplasman artmaya devam etmiştir.



Şekil 4.61. Deplasman-zaman eğrisi (6 numaralı kolon karot 6/a)

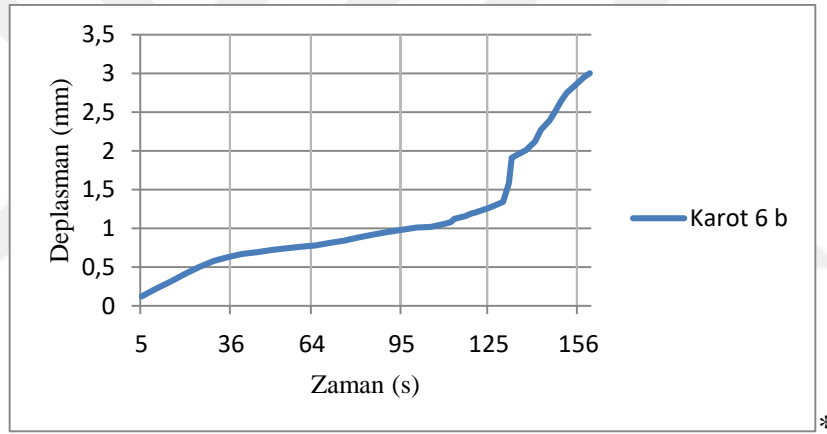
Yüklemeye başlama anından itibaren karot numunesi kırılma anına kadar sürekli artı ve eksi yönde ihmal edilebilecek seviyede deplasman yapma eğiliminde bulunmuştur. Bu da numunenin oldukça rijit olduğu ve elastisite modülünün yüksek olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Karot numunesinin yük taşıma kapasitesinin maksimum olduğu 127. saniyede deplasman değeri 0,01 mm iken bundan 4 saniye sonra deplasman değerinin 1,74 mm olduğu görülmüştür. Deplasman değişiminin 3,02 mm olduğu zaman ise 167. saniye olarak okunmuştur (Şekil 4.61.).



Şekil 4.62. Yük-deplasman eğrisi (6 numaralı kolon karot 6/b)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.62’de verilen kolondan alınan 2. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 39,77 kN değerine kadar dayanmıştır. Karot numunesinin yük taşıma kapasitesinin düşmeye başladığı an 130. saniye olarak okunmuştur ve kırıldıktan 3 saniye sonra karot numunesi ulaştığı maksimum taşıma kapasitesinin 1/2 si kadar, kırıldıktan 11 saniye sonra ise maksimum taşıma kapasitesinin 1/4 ü kadar yük taşımaya başlamıştır.

Ayrıca yüklemeye başlandıktan 112. saniye sonra ilk tepe noktası oluşmuş ve numunenin taşıyabildiği yük bir miktar azalmıştır. Daha sonra yüklemeye devam edildikçe bu eşik değer kırılmış ve ikinci tepe noktası oluşacak şekilde yük taşıma kapasitesi artmıştır. İkinci tepe noktası olan 130. saniye sonunda yukarıda bahsedildiği üzere yük hızlı bir şekilde azalırken deplasman ise bununla ters orantılı olarak hızlı bir şekilde artmaya başlamıştır.



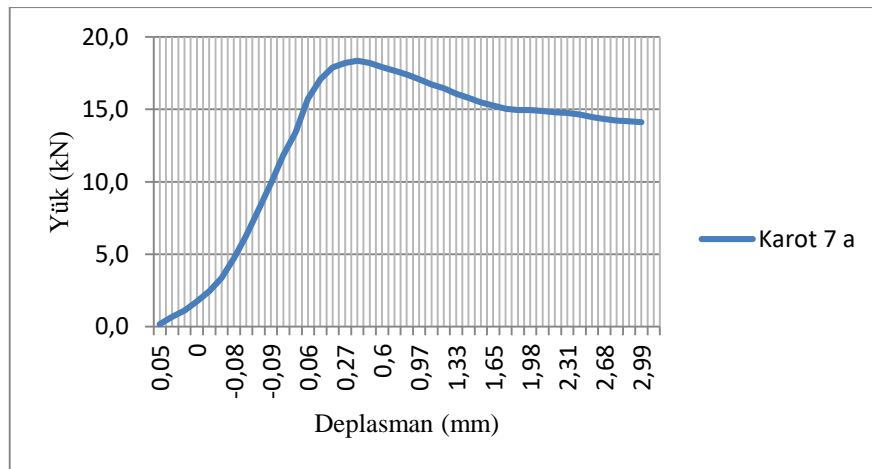
Şekil 4.63. Deplasman-zaman eğrisi (6 numaralı kolon karot 6/b)

Yüklemeye başlama anından itibaren karot numunesi kırılma anına kadar doğrusal olarak deplasman yapmıştır. Yük taşıma kapasitesinin düştüğü olan 130. saniyede okunan deplasman değişikliği değeri 1,34 mm iken Kırılma anından 2 saniye sonra deplasman değeri 1,91 e kadar çıkmıştır. Bu değerden sonra yeni bir eğime sahip hale gelen deplasman zaman eğrisine göre deplasman artık hızlı bir şekilde yeni bir doğrusallıkla artmıştır (Şekil 4.63.).



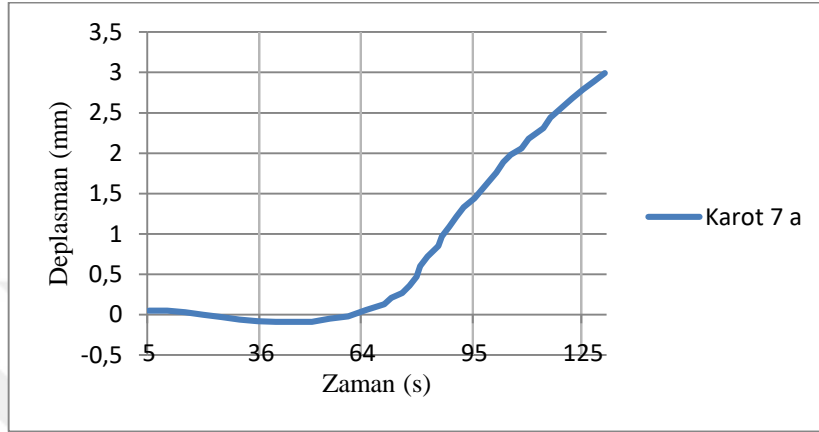
Şekil 4.64. 7 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü.

Yükseklikleri sırasıyla 14,20 cm ve 13,90 cm ve 10,50 cm olan 7 numaralı kolonun 3 farklı karot numunesi standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karotlar Şekil 4.64'de gösterilmiştir. Karotlardan 7a ve 7b numaralı karotların yükseklik/çap oranı 2,00 değerine yakın olduğu için bu numunelerin yük değerlerinde herhangi bir düzeltme katsayısı kullanılmamış olup; 7c numaralı karot numunesinin yükseklik/çap değeri 1,50 olduğu için bu karota uygulanan yük değeri 0,96 düzeltme katsayısı ile çarpılmıştır.



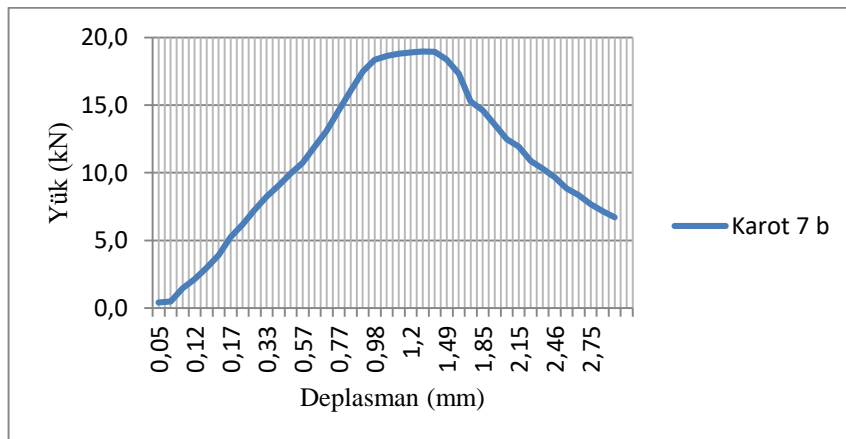
Şekil 4.65. Yük-deplasman eğrisi (7 numaralı kolon karot 7/a)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.65’de verilen kolondan alınan 1. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 18,35 kN değerine kadar dayanmıştır. Karot numunesinin yük taşıma kapasitesi neredeyse sabit kalırken deplasman sürekli artmıştır. Yüklemenin 131. saniyesinde karot numunesi 14,10 kN değerini taşıyabilmiştir.



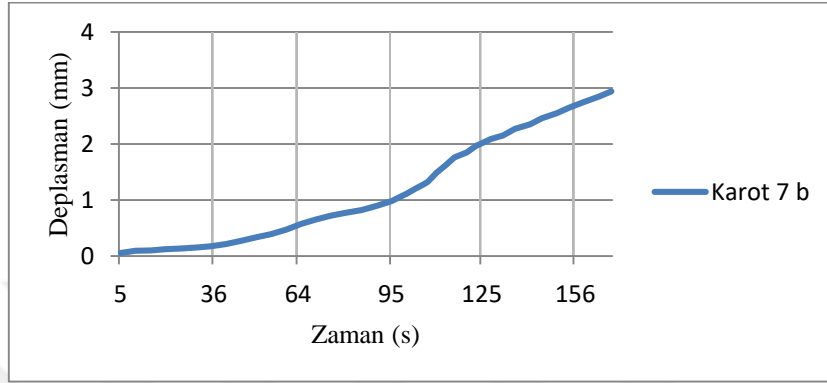
Şekil 4.66. Deplasman-zaman eğrisi (7 numaralı kolon karot 7/a)

Yüklemeye başlama anından itibaren karot numunesi kırılma anına kadar ekşi ve artı yönde ihmal edilebilecek düzeyde deplasman yapmıştır. Bu da numunenin oldukça rijit olduğunu göstermektedir. Numunenin kırılmaya başladığı değer olan 77. saniyede deplasman değeri 0,36 mm iken bu değerden sonra ani bir kırılma olmuş ve 131. saniyede deplasman değeri 2,99 mm olarak okunmuştur (Şekil 4.66.).



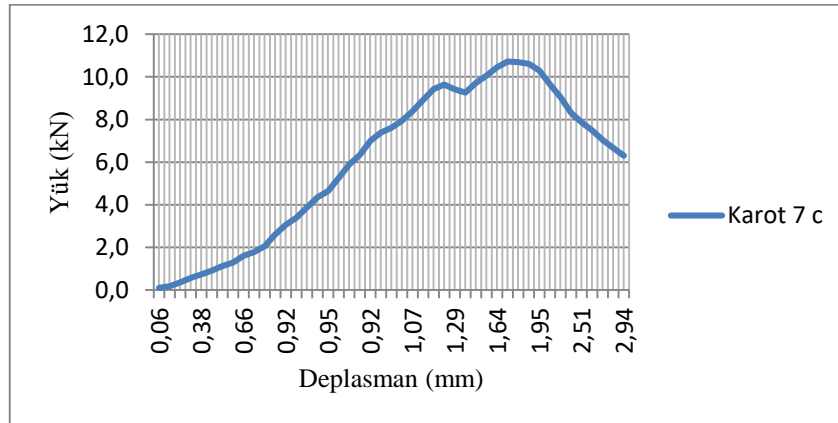
Şekil 4.67. Yük-deplasman eğrisi (7 numaralı kolon karot 7/b)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.67’de verilen kolondan alınan 2. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 18,96 kN değerine kadar dayanmıştır. Karot numunesinin yük taşıma kapasitesi yaklaşık 7 saniye sabit kalırken deplasman hızlı bir şekilde artmaya başlamıştır. Bu 7. saniyeden sonra yük değeri doğrusal hızla azalırken deplasman değeri doğrusal hızla artmıştır.



Şekil 4.68. Deplasman-zaman eğrisi (7 numaralı kolon karot 7/b)

Yük taşıma kapasitesinin düşmeye başladığı an olan 106. saniyeye kadar sabit bir eğimle deplasman artışı olmuştur. Kırılmanın gerçekleştiği anda deplasman değeri 1,29 mm olarak ölçülürken, Yaklaşık 60 saniye sonra bu değer 2,94 mm değerine çıkmış ve ikinci bir eğim değeri oluşmuştur (Şekil 4.68.).

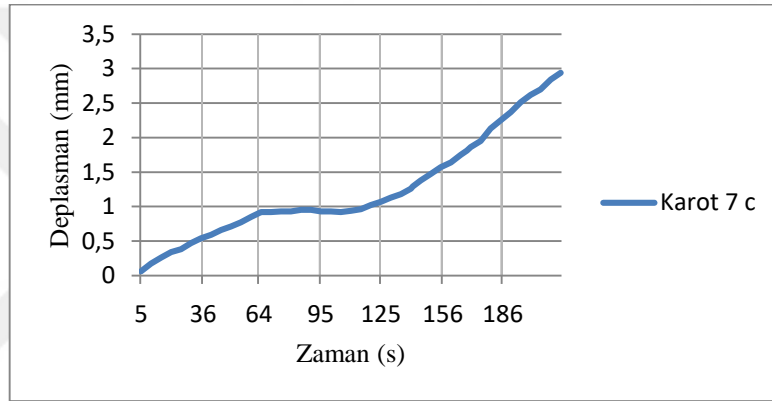


Şekil 4.69. Yük-deplasman eğrisi (7 numaralı kolon karot 7/c)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.69’da verilen kolondan alınan 3. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 11,17 kN değerine kadar dayanmıştır. Ancak numunenin yükseklik/çap oranı 1,50 olduğu için bu değer düzeltme

katsayısı ile düzenlenip yükseklik/çap oranı 2,00 olan numunelerin davranışına uygun hale getirilmiş ve nihai değer 10,72 kN olmuştur.

Numunenin davranışı incelendiğinde iki tane tepe noktası değeri olduğu görülmüştür. Bu tepe noktalarından ilki 140. saniyede olurken numune düzeltilmiş hali ile 9,64 kN değerine kadar dayanmış ve dayanım kapasitesi bir müddet düşmüştür. 145. saniyede 9,26 kN değerine kadar düşerken tekrar numunenin taşıyabileceği yük kapasitesi artarak 165. saniyede 10,72 kN değerine çıkmıştır. Bu ikinci tepe noktasından sonra yaklaşık 10 saniye daha yük taşıyabilen numunenin hızlı bir şekilde yük taşıma kapasitesi düşmeye başlamıştır. Yüklemenin 218. saniyesinde bu değer düzeltilmiş hali ile 6,06 kN olmuştur.



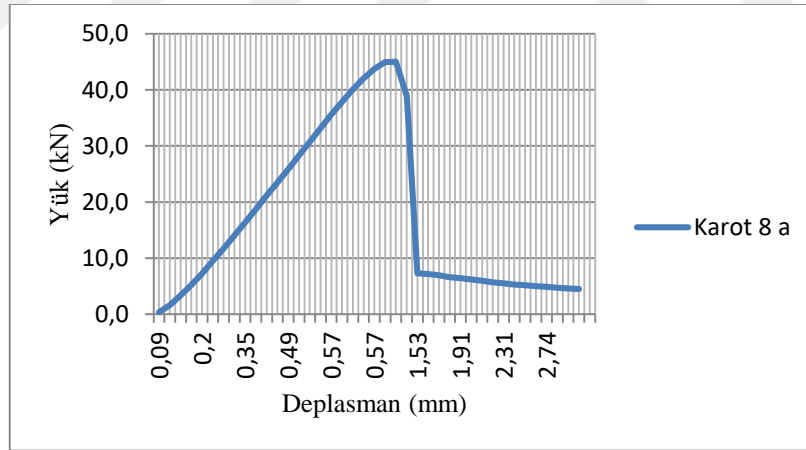
Şekil 4.70. Deplasman-zaman eğrisi (7 numaralı kolon karot 7/c)

Yüklemeye başlama anından 65. saniye sonunda deplasman doğrusal olarak artmış ve bu değer 0,92 mm olarak okunmuştur. Bu değerden sonra deplasman artışı 115. saniyeye kadar gözlemlenmezken, kırılma anı olan 165. saniyeye kadar hızlı bir şekilde deplasman artışı gözlemlenmiştir. Kırılma anındaki deplasman değişikliği 1,75 mm olurken, 218. saniye olan yüklemenin bitirildiği anda ise deplasman değeri 3,01 mm olarak okunmuştur (Şekil 4.70.).



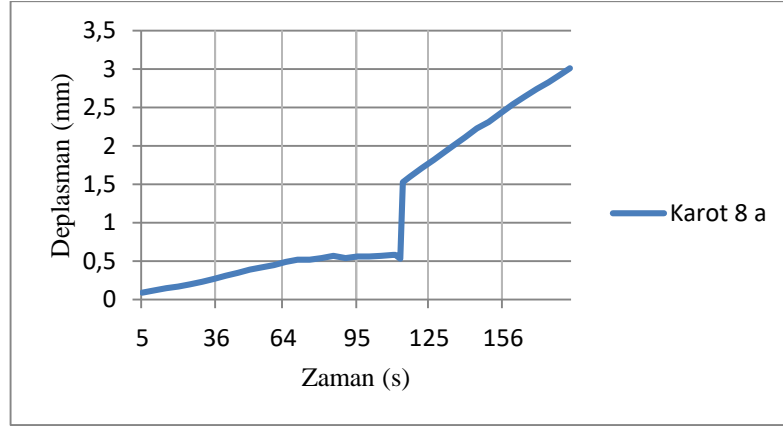
Şekil 4.71. 8 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü.

Yükseklikleri sırasıyla 14,30 cm ve 14,70 cm olan 8 numaralı kolonun 2 farklı karot numunesi standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karotlar Şekil 4.71’de gösterilmiştir.



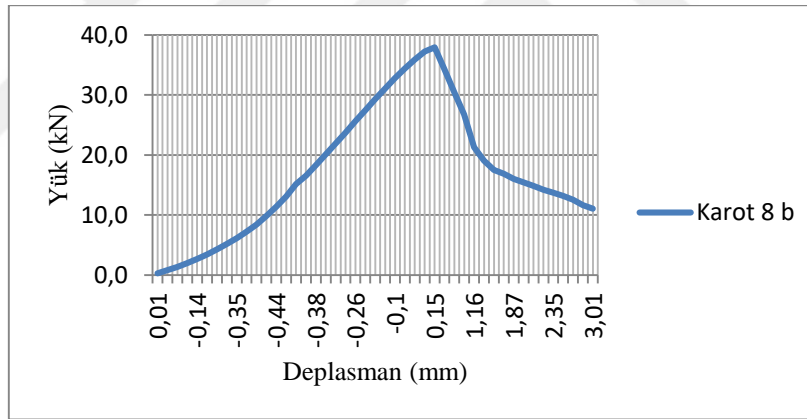
Şekil 4.72. Yük-deplasman eğrisi (8 numaralı kolon karot 8/a)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.72’de verilen kolondan alınan 1. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 45,01 kN değerine kadar dayanmıştır. Karot numunesinin yük taşıma kapasitesinin düşmeye başladığı an 111. saniye olarak okunmuştur ve kırıldıktan 3 saniye sonra karot numunesi ulaştığı maksimum taşıma kapasitesinin 1/7 si kadar yük taşımaya başlamıştır. 114. saniye ile 184. saniye arasında yük eğrisi sabit kalırken deplasman artmaya devam etmiştir.



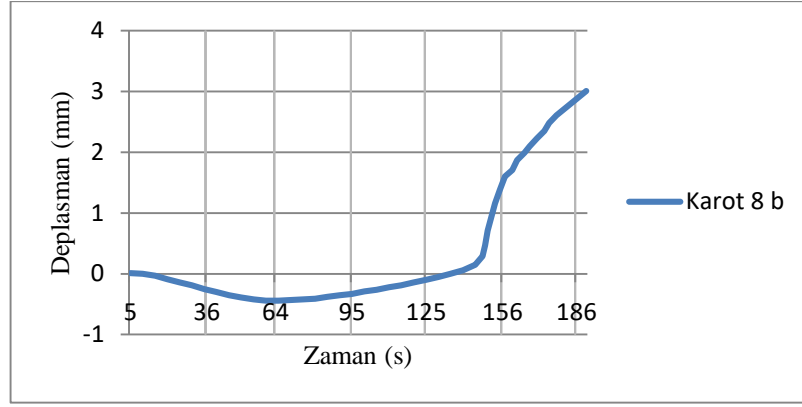
Şekil 4.73. Deplasman-zaman eğrisi (8 numaralı kolon karot 8/a)

Yüklemeye başlama anından itibaren karot numunesi kırılma anına kadar (111. saniye) 0,53 mm deplasman yapmıştır. Kırıldıktan hemen sonra deplasman miktarı 1,53 mm değerine çıkmıştır. 114. ve 184. saniye arasında sabit bir hızla deplasman yapan numune 184. saniye sonunda 3,01 mm deplasman yapmıştır (Şekil 4.73.).



Şekil 4.74. Yük-deplasman eğrisi (8 numaralı kolon karot 8/b)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.74'de verilen kolondan alınan 2. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 37,93 kN değerine kadar dayanmıştır. Ani bir kırılma olmuş ve yük taşıma kapasitesi hızlı bir şekilde azalmaya başlamıştır. Kırılma anından 45 saniye sonra yük taşıma kapasitesi 1/3 katına kadar düşmüştür.



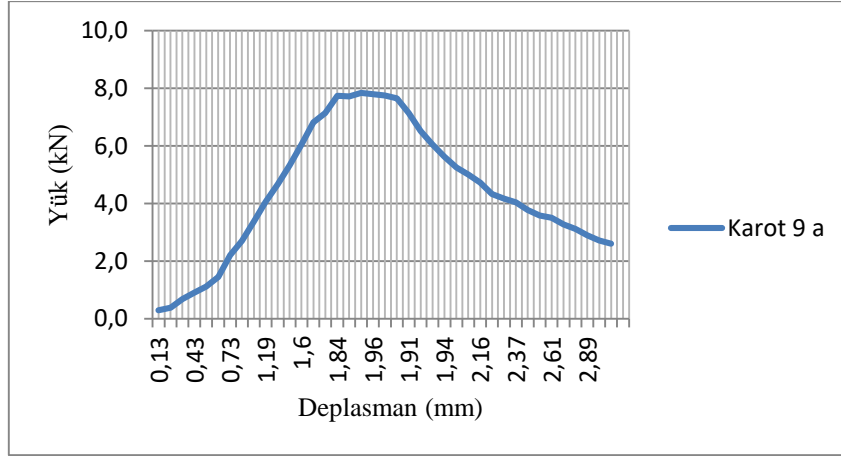
Şekil 4.75. Deplasman-zaman eğrisi (8 numaralı kolon karot 8/b)

Yüklemeye başlama anından itibaren karot numunesi kırılma anına kadar eksi ve artı yönde ihmal edilebilecek düzeyde deplasman yapmıştır. Bu da numunenin oldukça rijit olduğunu göstermektedir. Numunenin kırılmaya başladığı değer olan 145. saniyede deplasman değeri 0,15 mm olarak okunurken, bu değerden sonra ani bir kırılma olmuş ve 190. saniyede deplasman değeri 3,01 mm olarak okunmuştur (Şekil 4.75.).



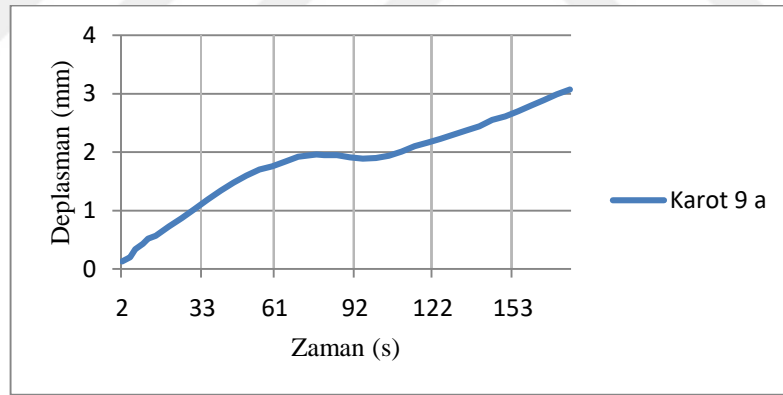
Şekil 4.76. 9 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü.

Yükseklikleri sırasıyla 14,70 cm ve 14,70 cm olan 9 numaralı kolonun 2 farklı karot numunesi standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karotlar Şekil 4.76'da gösterilmiştir.



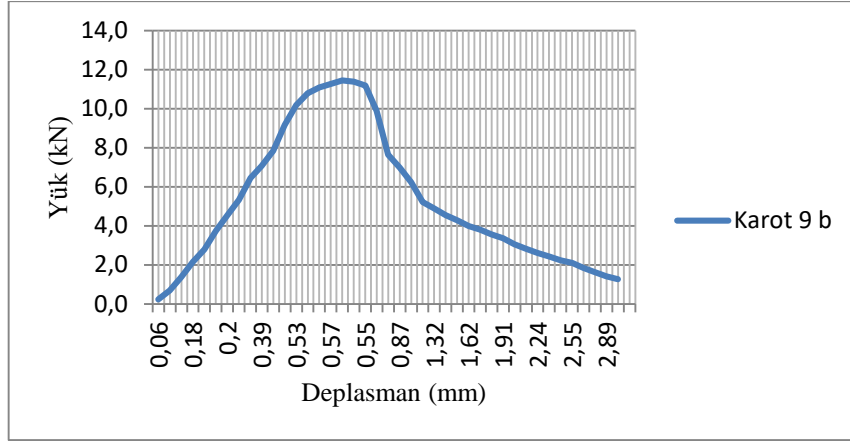
Şekil 4.77. Yük-deplasman eğrisi (9 numaralı kolon karot 9/a)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.77’de verilen kolondan alınan 1. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 7,84 kN değerine kadar dayanmıştır. Numunenin davranışı incelendiğinde kırılma anından sonraki 10 saniye boyunca deplasman ve yük değeri sabit kalırken; bu 10 saniyeden sonra yük değeri azalırken deplasman değeri artmıştır.



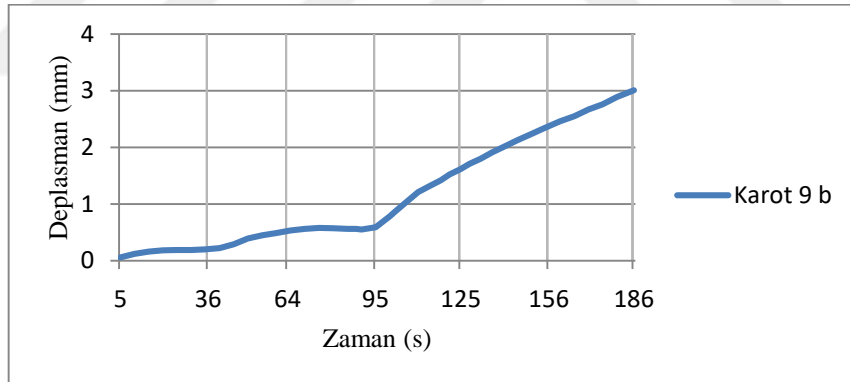
Şekil 4.78. Deplasman-zaman eğrisi (9 numaralı kolon karot 9/a)

Yüklemeye başlama anından sonraki 75. saniye sonunda deplasman doğrusal olarak artmış ve bu değer 1,95 mm olarak okunmuştur. Bu değerden sonra numune kırılmış ancak deplasman artışı 85. saniyeye kadar gözlemlenmemiştir. 85. saniyeden sonra tekrar deplasman artışı görülmüş ve 175. saniye sonunda 3,07 mm deplasman değişimi görülmüştür (Şekil 4.78.).



Şekil 4.79. Yük-deplasman eğrisi (9 numaralı kolon karot 9/b)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.79’da verilen kolondan alınan 2. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 11,28 kN değerine kadar dayanmıştır. Numunenin davranışı incelendiğinde kırılma anından sonraki 15 saniye boyunca deplasman ve yük değeri sabit kalırken; bu 15 saniyeden sonra yük değeri azalırken deplasman değeri artmıştır.



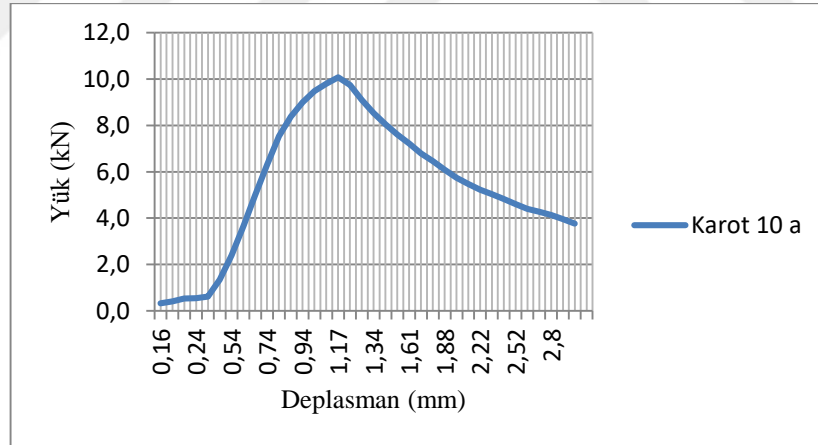
Şekil 4.80. Deplasman-zaman eğrisi (9 numaralı kolon karot 9/b)

Yüklemeye başlama anından sonraki 80. saniye sonunda deplasman doğrusal olmayan bir şekilde artmış ve bu değer 0,57 mm olarak okunmuştur. Bu değerden sonra numune kırılmış ancak deplasman artışı 95. saniyeye kadar gözlemlenmemiştir. 95. saniyeden sonra tekrar deplasman artışı görülmüş ve 186. saniye sonunda 3,01 mm deplasman değişimi görülmüştür (Şekil 4.80.).



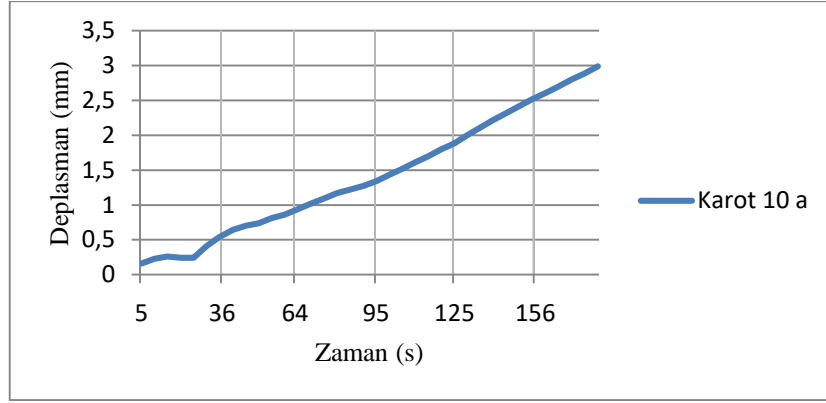
Şekil 4.81. 10 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü.

Yükseklikleri sırasıyla 14,30 cm ve 14,00 cm olan 10 numaralı kolonun 2 farklı karot numunesi standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karotlar Şekil 4.81’de gösterilmiştir.



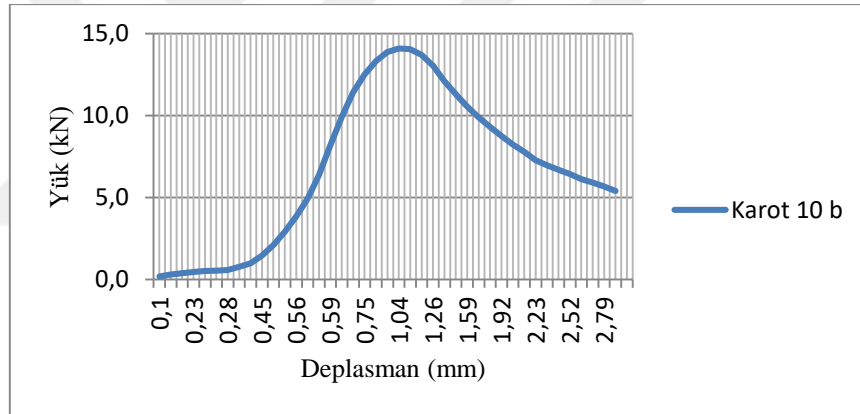
Şekil 4.82. Yük-deplasman eğrisi (10 numaralı kolon karot 10/a)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.82’de verilen kolondan alınan 1. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 10,10 kN değerine kadar dayanmıştır. Ani bir kırılma olmuş ve yük taşıma kapasitesi azalmaya başlamıştır. Kırılma anından 55 saniye sonra yük taşıma kapasitesi 1/2 katına kadar düşmüştür.



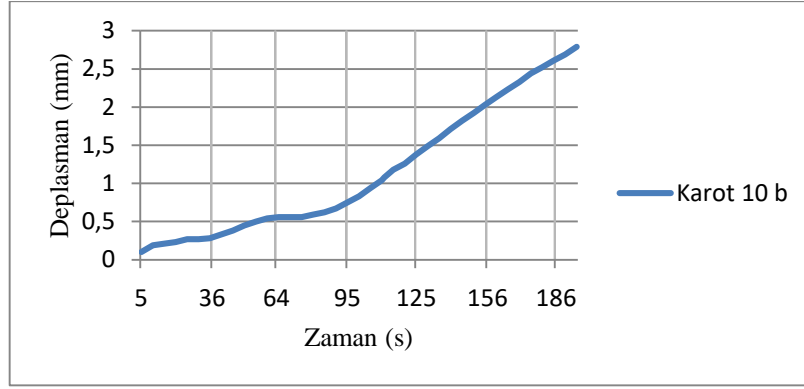
Şekil 4.83. Deplasman-zaman eğrisi (10 numaralı kolon karot 10/a)

Deplasman artışı zamana bağlı olarak doğrusal bir şekilde artmıştır. Yük taşıma kapasitesinin düşmeye başladığı 80. saniye sonunda gözlemlenen deplasman değişimi 1,17 mm olurken, 180. saniyede gözlemlenen değer 2,99 mm olmuştur (Şekil 4.83.).



Şekil 4.84. Yük-deplasman eğrisi (10 numaralı kolon karot 10/b)

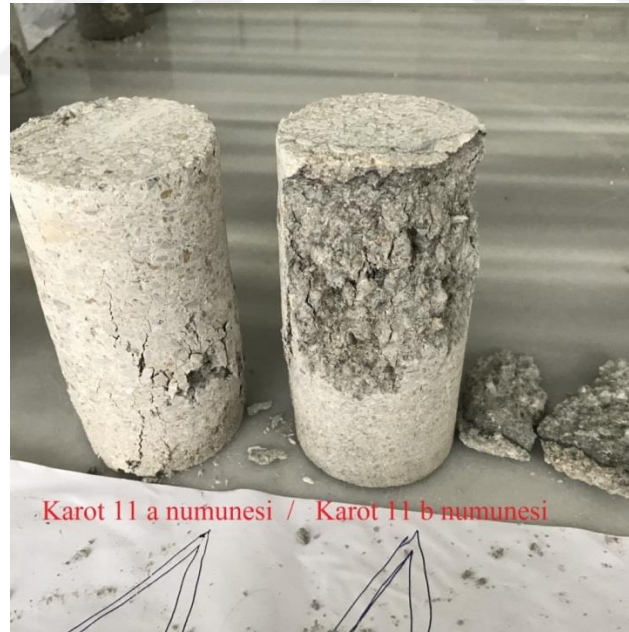
Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.84'de verilen kolondan alınan 2. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 14,10 kN değerine kadar dayanmıştır. Ani bir kırılma olmuş ve yük taşıma kapasitesi azalmaya başlamıştır. Kırılma anından 60 saniye sonra yük taşıma kapasitesi 1/2 katına kadar düşmüştür.



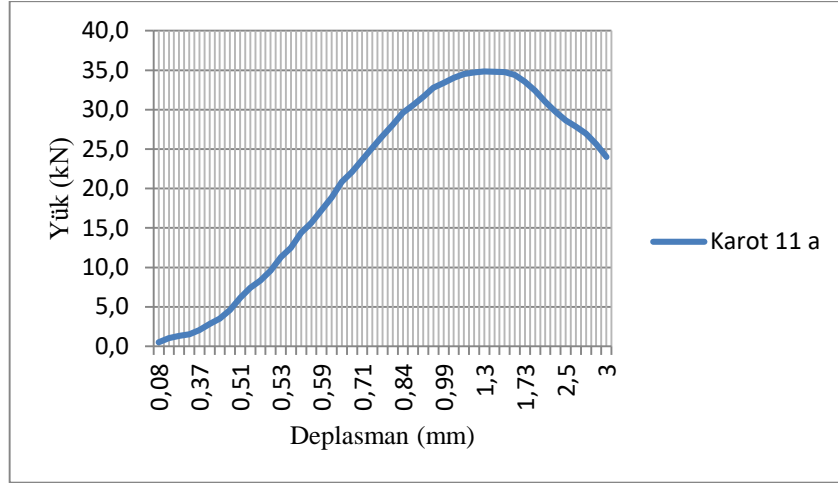
Şekil 4.85. Deplasman-zaman eğrisi (10 numaralı kolon karot 10/b)

Deplasman artışı zamana bağlı olarak doğrusal bir şekilde artmıştır. Yük taşıma kapasitesinin düşmeye başladığı 110. saniye sonunda gözlemlenen deplasman değişimi 1,04 mm olurken, 195. saniyede gözlemlenen değer 2,79 mm olmuştur (Şekil 4.85.).

Yükseklikleri sırasıyla 14,10 cm ve 14,10 cm olan 11 numaralı kolonun 2 farklı karot numunesi standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karotlar Şekil 4.86'da gösterilmiştir.

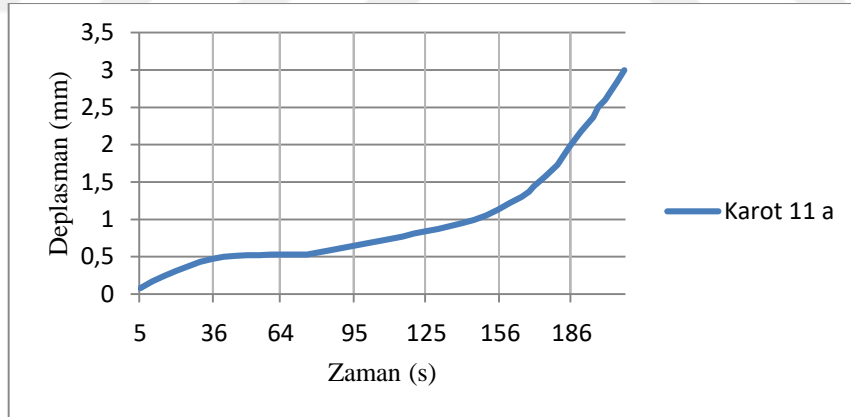


Şekil 4.86. 11 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü.



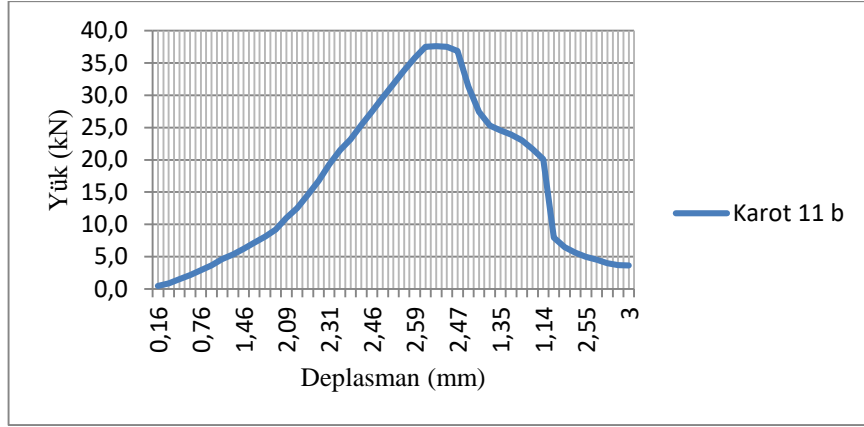
Şekil 4.87. Yük-deplasman eğrisi (11 numaralı kolon karot 11/a)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.87’de verilen kolondan alınan 1. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 34,82 kN değerine kadar dayanmıştır. Numunenin davranışı incelendiğinde kırılma anından sonraki 10 saniye boyunca yük değeri sabit kalırken, deplasman değeri artmıştır. Kırılma 168. saniyede gerçekleşmiş ve kırılmadan 40 saniye sonra numunenin yük taşıma kapasitesi %70 olarak okunmuştur.



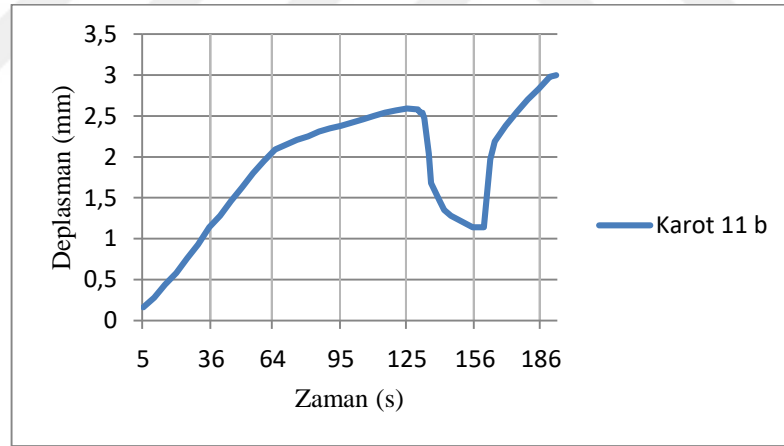
Şekil 4.88. Deplasman-zaman eğrisi (11 numaralı kolon karot 11/a)

Yüklemeye başlama anından sonraki ilk 35 saniye deplasman artışı hızlı bir şekilde olurken bu anda okunan deplasman değeri 0,50 mm dir. 75. saniyeye kadar deplasman değişimi gözlenmezken, 75. saniyeden sonra deplasman artışı hızlı bir şekilde olmuştur. Numunenin kırılmaya başladığı an olan 168. saniyede deplasman değişimi 1,37 mm olarak okunurken, yüklemenin sona erdiği 208. saniyede deplasman değişiminin 3,00 mm olduğu görülmüştür (Şekil 4.88.).



Şekil 4.89. Yük-deplasman eğrisi (11 numaralı kolon karot 11/b)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.89’da verilen kolondan alınan 2. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 37,64 kN değerine kadar dayanmıştır. Numunenin davranışı incelendiğinde belirgin olmamakla beraber ikinci bir tepe noktasının oluşmaya yaklaştığıdır. Numunenin kırılmaya başladıktan 30 saniye sonra yük taşıma kapasitesi yarı yarıya düşmüştür.



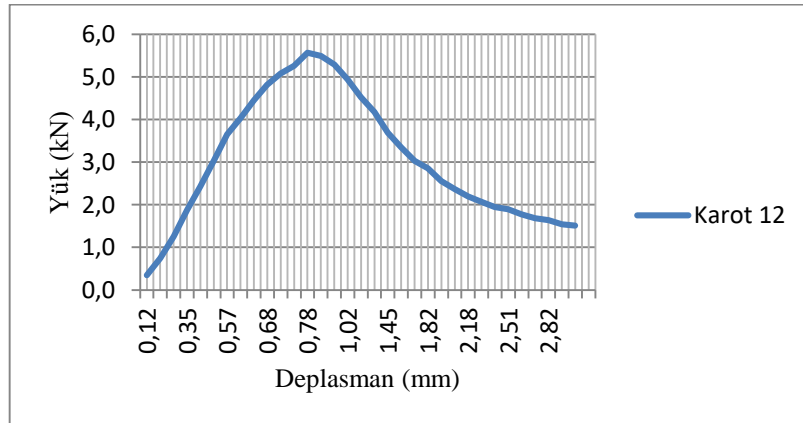
Şekil 4.90. Deplasman-zaman eğrisi (11 numaralı kolon karot 11/b)

Deplasman zaman grafiği yüklemeye başlama anından 65. saniyeye kadar doğrusal eğimle artmış ve deplasman değeri 65. saniyede 2,09 mm olarak okunmuştur. 65. saniyeden sonra eğim bir miktar azalarak kırılmanın gerçekleştiği 131. saniye itibariyle okunan deplasman değeri 2,54 mm olmuştur. Bu noktadan sonra deplasman anlamsız bir şekilde düşerek 160. saniyede 1,14 mm değerini görmüştür. 160. saniyede bu azalıştan sonra hızlı bir şekilde artan deplasman değişimi 193. saniyede 3,00 mm olmuştur (Şekil 4.90.).



Şekil 4.91 12 nolu kolon karotunun standart basınç deneyi sonrası görünümü.

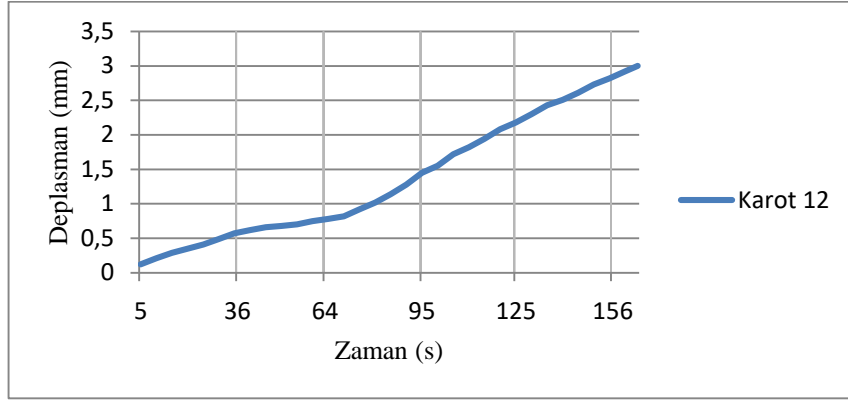
Yüksekliği 10,80 cm olan 12 numaralı kolonun karot numunesi, standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karot Şekil 4.91’de gösterilmiştir. Karotun yüksekliği 10,80 cm olduğu ve yükseklik/çap oranı 1,54 olduğu için uygulanan yük değerlerine 0,96 düzeltme katsayısı ile işlem yapılarak yükseklik/çap oranı 2,00 olan karot davranışına benzetilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.92. Yük-deplasman eğrisi (12 numaralı kolon karot 12)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.92’de verilen kolondan alınan numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 5,80 kN değerine kadar dayanmıştır. Ancak numunenin yükseklik/çap oranı 1,54 olduğu için bu değer düzeltme

katsayısı ile düzenlenip yükseklik/çap oranı 2,00 olan numunelerin davranışına uygun hale getirilmiş ve nihai değer 5,57 kN olmuştur.



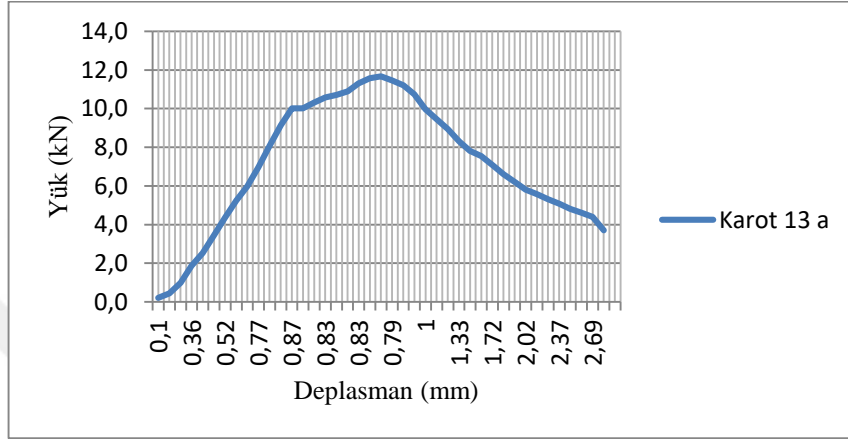
Şekil 4.93. Deplasman-zaman eğrisi (12 numaralı kolon karot 12)

Yüklemeye başlama anından sonraki ilk 45 saniye deplasman artışı hızlı bir şekilde olurken bu anda okunan deplasman değeri 0,66 mm dir. Kırılma anı olan 65. saniyeye kadar deplasman değişimi ilk 45 saniyeye göre azalırken bu değer 0,78 mm olarak okunmuştur. Kırılma anından sonra hızlı bir şekilde deplasman değişimi gözlemlenen numune yüklemenin sonlandığı 164. saniyede 3,00 mm deplasman yapmıştır (Şekil 4.93.).



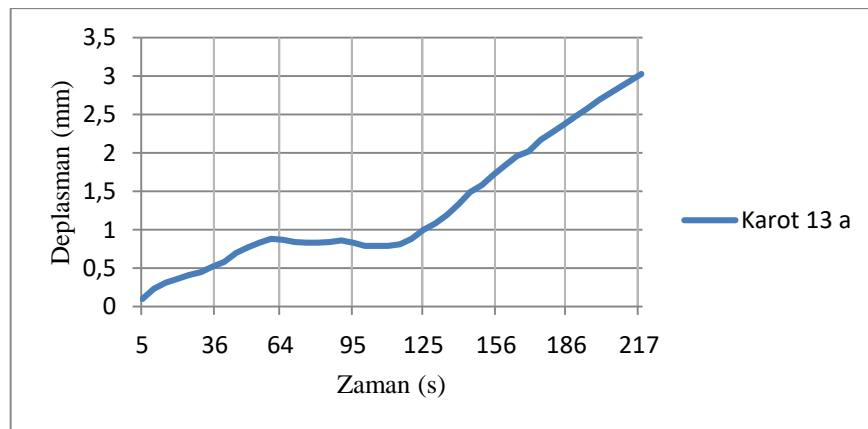
Şekil 4.94. 13 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü.

Yükseklikleri sırasıyla 7,80 cm ve 7,90 cm olan 13 numaralı kolonun 2 farklı karot numunesi standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karotlar Şekil 4.94'de gösterilmiştir. Karotların yükseklik/çap oranı yaklaşık 1,00 olduğu için uygulanan yük değerlerine 0,92 düzeltme katsayısı ile işlem yapılarak yükseklik/çap oranı 2,00 olan karot davranışına benzetilmeye çalışılmıştır.



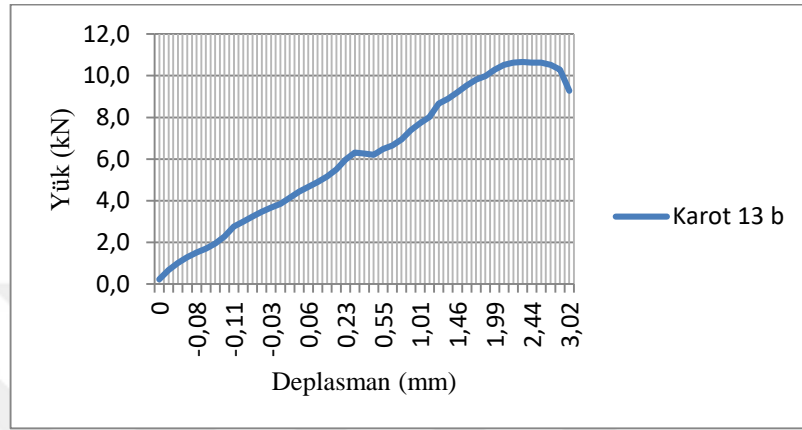
Şekil 4.95. Yük-deplasman eğrisi (13 numaralı kolon karot 13/a)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.95'de verilen kolondan alınan 1. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 12,69 kN değerine kadar dayanmıştır. Ancak numunenin yükseklik/çap oranı yaklaşık 1,00 olduğu için bu değer düzeltme katsayısı ile düzenlenip yükseklik/çap oranı 2,00 olan numunelerin davranışına uygun hale getirilmiş ve nihai değer 11,68 kN olmuştur.



Şekil 4.96. Deplasman-zaman eğrisi (13 numaralı kolon karot 13/a)

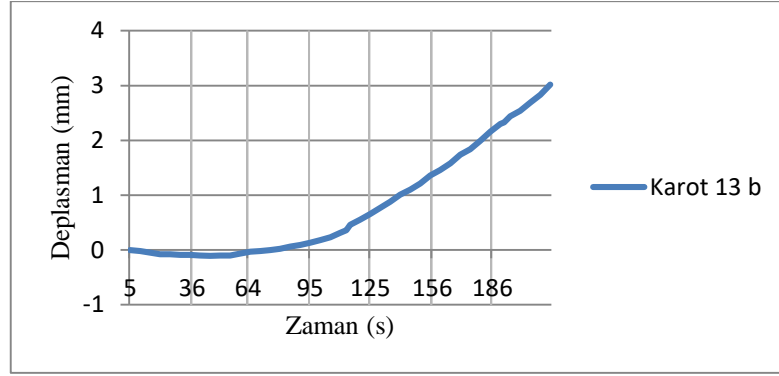
Yüklemeye başlama anından sonraki ilk 65 saniye deplasman artışı doğrusal olurken bu anda okunan deplasman değeri 0,87 mm dir. Kırılma anı olan 105. saniyeye kadar deplasman bir miktar azalırken okunan değer 0,79 mm olmuştur. Kırılma anından sonra hızlı bir şekilde deplasman değişimi gözlemlenen numune yüklemenin sonlandığı 218. saniyede 3,03 mm deplasman yapmıştır (Şekil 4.96.).



Şekil 4.97. Yük-deplasman eğrisi (13 numaralı kolon karot 13/b)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.97’de verilen kolondan alınan 2. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 11,46 kN değerine kadar dayanmıştır. Ancak numunenin yükseklik/çap oranı 1,00 olduğu için bu değer düzeltme katsayısı ile düzenlenip yükseklik/çap oranı 2,00 olan numunelerin davranışına uygun hale getirilmiş ve nihai değer 10,70 kN olmuştur.

Numunenin davranışı incelendiğinde iki tane tepe noktası değeri olduğu görülmüştür. Bu tepe noktalarından ilki 110. saniyede olurken numune düzeltilmiş hali ile 6,31 kN değerine kadar dayanmış ve dayanım kapasitesi bir müddet düşmüştür. 115. saniyede 6,21 kN değerine kadar düşerken tekrar numunenin taşıyabileceği yük kapasitesi artarak 192. saniyede 10,66 kN değerine çıkmıştır. Bu ikinci tepe noktasından sonra yaklaşık 10 saniye daha yük taşıyabilen numunenin yük taşıma kapasitesi düşmeye başlamıştır. Yüklemenin 215. saniyesinde bu değer düzeltilmiş hali ile 9,72kN olmuştur.



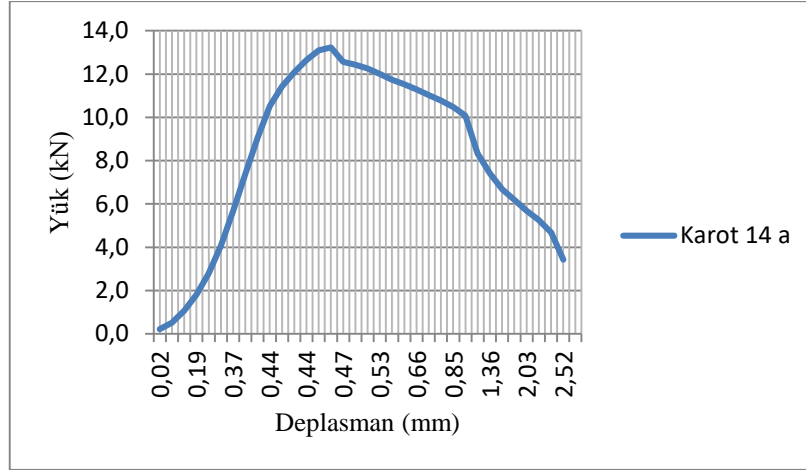
Şekil 4.98. Deplasman-zaman eğrisi (13 numaralı kolon karot 13/b)

Yüklemeye başlama anından itibaren karot numunesi kırılma anına kadar eksi ve artı yönde ihmal edilebilecek düzeyde deplasman yapmıştır. Yükleme anından 75. saniyeye kadar, üzerinde 6,31 kN yük taşırken deplasman değişimi 0 olarak okunmuştur. Bu da numunenin oldukça rijit olduğunu göstermektedir. Bu noktadan itibaren deplasman değişimi doğrusal bir şekilde artan numunenin kırılmaya başladığı an olan 192. saniyede deplasman değişimi 2,33 mm olarak okunmuştur (Şekil 4.98.).



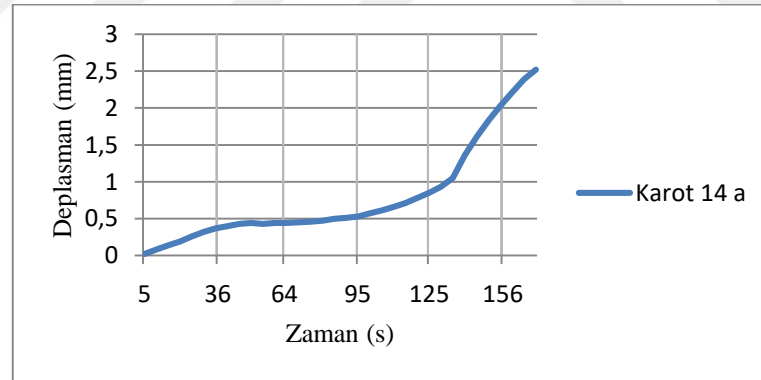
Şekil 4.99. 14 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü.

Yükseklikleri sırasıyla 13,60 cm ve 14,90 cm olan 14 numaralı kolonun 2 farklı karot numunesi standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karotlar Şekil 4.99'da gösterilmiştir.



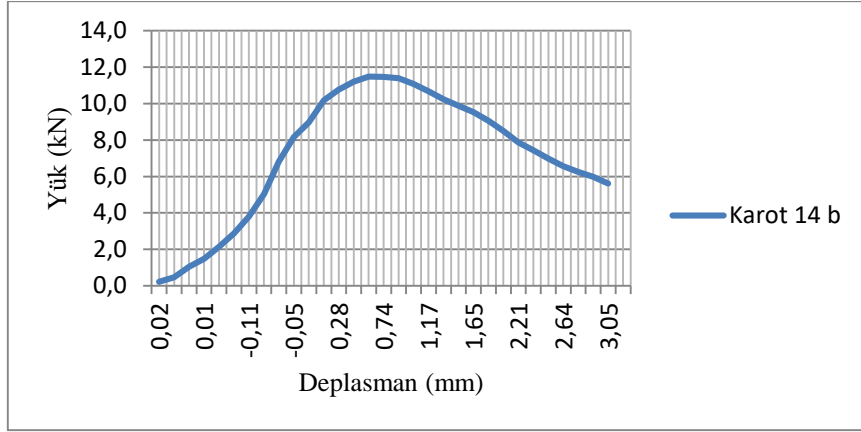
Şekil 4.100. Yük-deplasman eğrisi (14 numaralı kolon karot 14/a)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.100'de verilen kolondan alınan 1. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 13,23 kN değerine kadar dayanmıştır. Numunenin davranışı incelendiğinde kırılma anından sonraki 55 saniye boyunca yük değeri % 70 seviyelerinde seyrederken, bu andan sonra hızlı bir şekilde taşıma gücü düşmüş ve 170. saniyede 3,42 kN olarak ölçülmüştür.



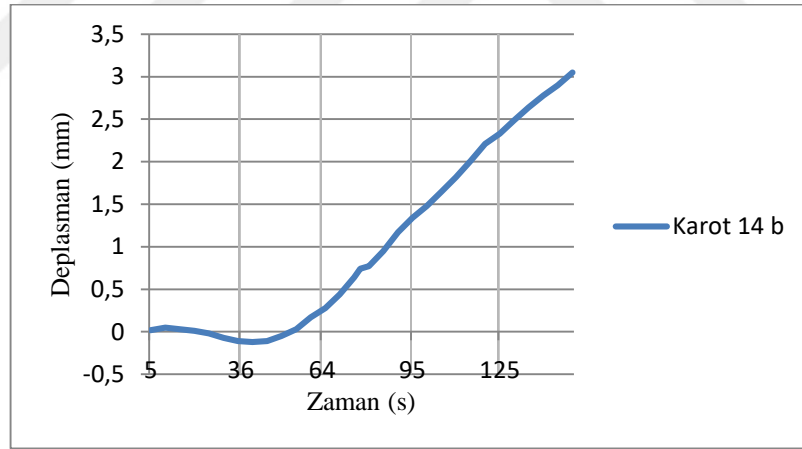
Şekil 4.101. Deplasman-zaman eğrisi (14 numaralı kolon karot 14/a)

Yüklemeye başlama anından sonraki ilk 45 saniye deplasman artışı doğrusal olurken bu anda okunan deplasman değeri 0,43 mm dir. Kırılma anı olan 75. saniyeye kadar deplasman değişimi sabit kalırken bu noktada okunan değer 0,46 mm olmuştur. Kırılma anından sonra hızlı bir şekilde deplasman değişimi gözlemlenen numune yüklemenin sonlandığı 170. saniyede 2,52 mm deplasman yapmıştır (Şekil 4.101.).



Şekil 4.102. Yük-deplasman eğrisi (14 numaralı kolon karot 14/b)

Yük-deplasman eğrisi şekil 4.102’de verilen kolondan alınan 2. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 11,49 kN değerine kadar dayanmıştır. Numunenin davranışı incelendiğinde kırılma anından sonraki 20 saniye boyunca yük değeri % 90 seviyelerinde seyrederken, bu andan sonra taşıma gücü düşmüş ve 150. saniyede 5,62 kN olarak ölçülmüştür.



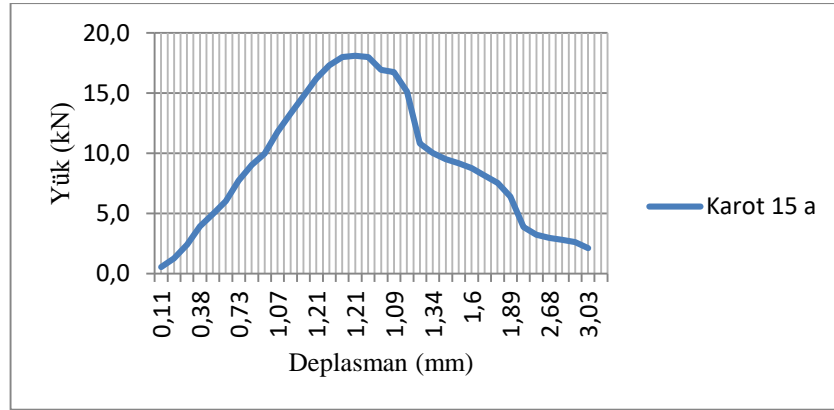
Şekil 4.103. Deplasman-zaman eğrisi (14 numaralı kolon karot 14/b)

Yüklemeye başlama anından itibaren karot numunesi kırılma anına kadar eksi ve artı yönde ihmal edilebilecek düzeyde deplasman yapmıştır. Yükleme anından 55. saniyeye kadar, üzerinde 8,96 kN yük taşırken deplasman değişimi 0,03 olarak okunmuştur. Bu da numunenin oldukça rijit olduğunu göstermektedir. Bu noktadan itibaren deplasman değişimi doğrusal bir şekilde artan numunenin kırılmaya başladığı an olan 75. saniyede deplasman değişimi 0,64 mm olarak okunmuştur (Şekil 4.103.).



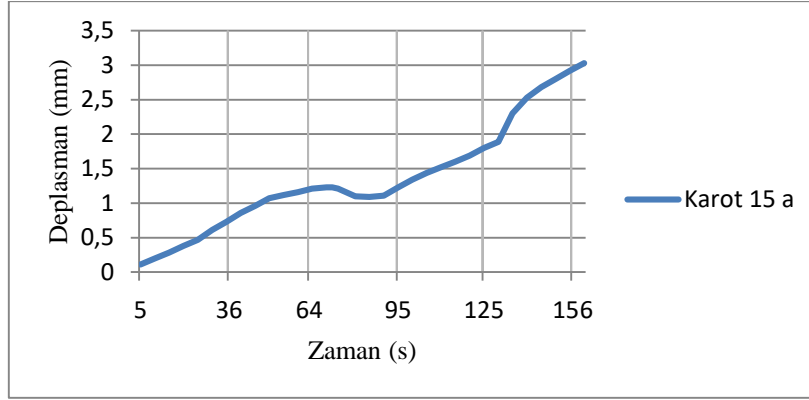
Şekil 4.104. 15 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü.

Yükseklikleri sırasıyla 14,10 cm ve 14,40 cm olan 15 numaralı kolonun 2 farklı karot numunesi standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karotlar Şekil 4.104'de gösterilmiştir.



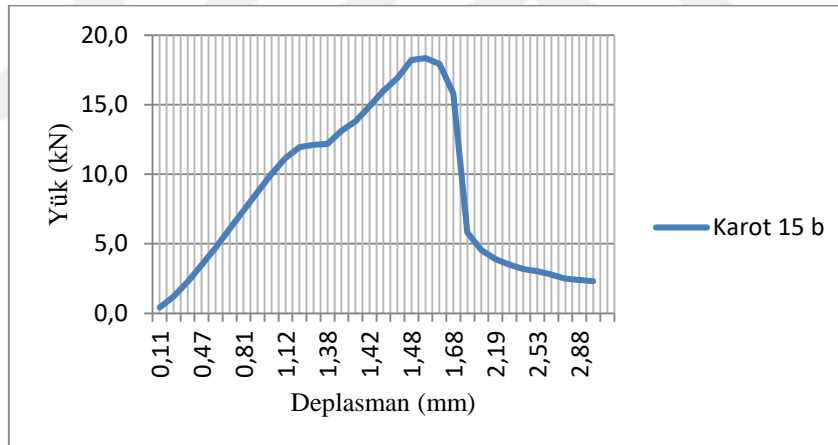
Şekil 4.105. Yük-deplasman eğrisi (15 numaralı kolon karot 15/a)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.105'de verilen kolondan alınan 1. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 18,09 kN değerine kadar dayanmıştır. Kırılma anından 15 saniye kadar süre sonra yük % 80 civarında taşınabilirken, 15 saniye sonunda yük taşıma kapasitesinde ani bir düşüş olmuştur.



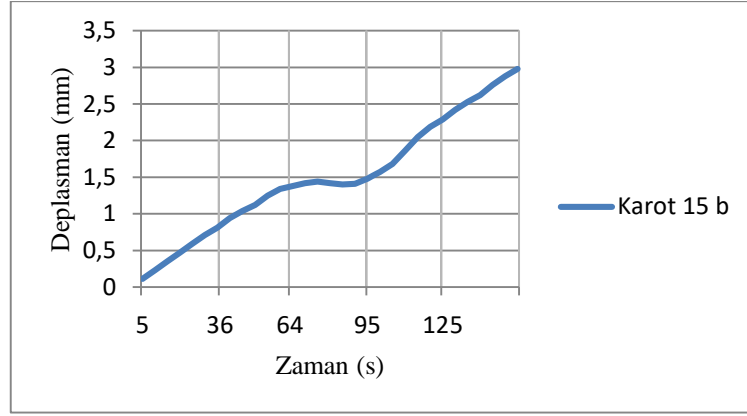
Şekil 4.106. Deplasman-zaman eğrisi (15 numaralı kolon karot 15/a)

Yüklemeye başlama anından sonraki ilk 72 saniye deplasman artışı doğrusal olurken bu anda okunan deplasman değeri 1,23 mm dir. Kırılma anı olan 74. saniyede deplasman değeri 1,21 olarak okunurken, yaklaşık 20 saniye boyunca aynı değişim gözlemlenmiştir. Yüklemenin sonlandırıldığı 160. saniye itibariyle deplasman değişimi 3,03 mm olmuştur (Şekil 4.106.).



Şekil 4.107. Yük-deplasman eğrisi (15 numaralı kolon karot 15/b)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.107'de verilen kolondan alınan 2. numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 18,35 kN değerine kadar dayanmıştır. Kırılma anından 8 saniye kadar süre sonra yük % 85 civarında taşınabilirken, 8 saniye sonunda yük taşıma kapasitesinde ani bir düşüş olmuştur.



Şekil 4.108. Deplasman-zaman eğrisi (15 numaralı kolon karot 15/b)

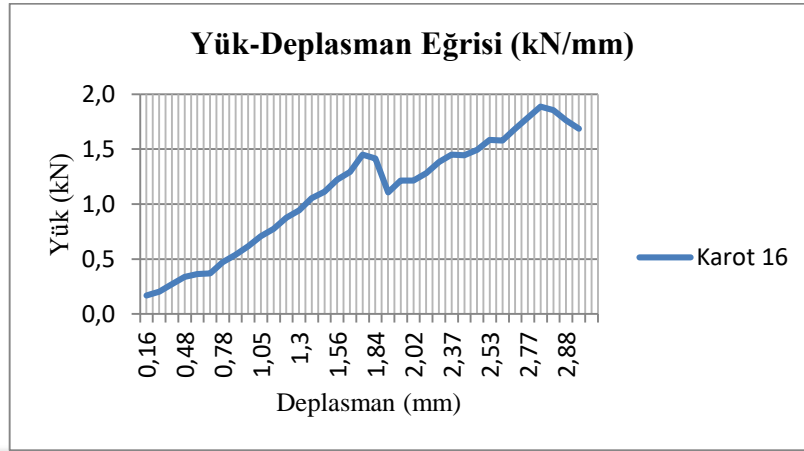
Yüklemeye başlama anından sonraki ilk 60 saniye deplasman artışı doğrusal olurken bu anda okunan deplasman değeri 1,34 mm dir. Kırılma anı olan 97. saniyeye kadar deplasman değişimi ilk aralıktaki değere göre azalırken bu noktada okunan değer 1,52 mm olmuştur. Kırılma anından sonra hızlı bir şekilde deplasman değişimi gözlemlenen numune yüklemenin sonlandığı 155. saniyede 2,98 mm deplasman yapmıştır (Şekil 4.108.).



Şekil 4.109. 16 nolu kolon karotlarının standart basınç deneyi sonrası görünümü.

Yüksekliği 4,40 cm olan 16 numaralı kolonun karot numunesi standart basınç deneyine tabi tutulmuş ve kırılan karot Şekil 4.109'da gösterilmiştir. Karotun yükseklik/çap oranı yaklaşık 0,63 olduğu için uygulanan yük değerlerine 0,92 düzeltme

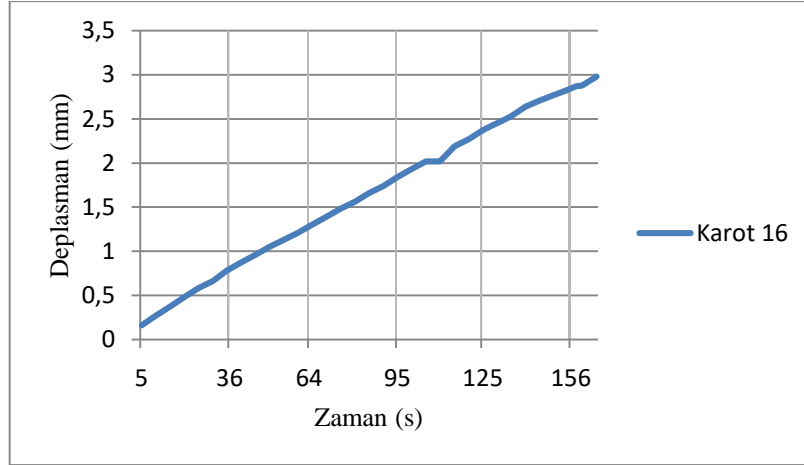
katsayısı ile işlem yapılarak yükseklik/çap oranı 2,00 olan karot davranışına benzetilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.110. Yük-deplasman eğrisi (16 numaralı kolon karot 16)

Yük-deplasman eğrisi Şekil 4.110’da verilen kolondan alınan numunenin standart basınç deneyine tabi tutulması sonucunda numune 2,03 kN değerine kadar dayanmıştır. Ancak numunenin yükseklik/çap oranı 0,60 olduğu için bu değer düzeltme katsayısı ile düzenlenip yükseklik/çap oranı 2,00 olan numunelerin davranışına uygun hale getirilmiş ve nihai değer 1,89 kN olmuştur.

Numunenin davranışı incelendiğinde iki tane tepe noktası değeri olduğu görülmüştür. Bu tepe noktalarından ilki 90. saniyede olurken numune düzeltilmiş hali ile 1,45 kN değerine kadar dayanmış ve dayanım kapasitesi bir müddet düşmüştür. 100. saniyede 1,16 kN değerine kadar düşerken tekrar numunenin taşıyabileceği yük kapasitesi artarak 155. saniyede 1,89 kN değerine çıkmıştır. Bu ikinci tepe noktasından sonra yaklaşık 10 saniye daha yükleme işlemine devam edilmiş ve yük taşıma kapasitesinde çok belirgin bir düşüş olmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.111. Deplasman-zaman eğrisi (16 numaralı kolon karot 16)

Yüklemeye başlama anından itibaren zamanla doğrusal olarak deplasman artışı gözlemlenen karotun kırılma anı olan 155. saniyedeki deplasman değişimi 2,83 mm olarak okunmuştur (Şekil 4.111.).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Yüksek lisans tez çalışmasında naftalin sülfonat esaslı yapı kimyasallarının jet grout kolonlarının performansına etkisi araştırılmıştır. Arazide kullanılan jet grout enjeksiyon aletine benzer prensipte çalışan laboratuvar tipi enjeksiyon aleti deneysel çalışmalarda kullanılmıştır. Bilindiği üzere arazi tipi jet grout enjeksiyon yöntemi tüm arazi şartlarında uygun sonuçlar verebilecek kapasitede olmasına rağmen laboratuvar tipi jet grout enjeksiyon aletinin istenilen sonuçlar verebilmesi için öncelikle zemin cinsinin iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle deneysel çalışmalarda kullanılan kum iyi derecelenmiş yuvarlak tanesi bol ve içinde çok fazla kil ve silt barındırmaması için yıkanmış kum seçilmiştir.

Kullanılan kumun kohezyon kuvveti fazla olmamakla beraber geçirimli olması enjeksiyon harcının kumun içerisinde rahat enjekte edilmesini sağlamıştır. Deney programına göre iki farklı rölatif sıklık değerinde çalışılmıştır. Bu değerler seçilirken orta sıkı iki değer en ideal değer olacağı göz önünde bulundurularak $Dr_1=0,45$ ve $Dr_2=0,55$ olarak seçilmiştir. Rölatif sıklık değerlerinin ayarlanabilmesi için kumun varile yerleştirilirken kütle ve hacim ölçülerinden yararlanılmıştır. Tane yoğunluğu, maksimum kuru yoğunluğu, minimum yoğunluğu bilinen ve bu değerlerle maksimum ve minimum boşluk oranları belirlenebilen zemin numunesi için seçilen rölatif sıklık değerlerine göre boşluk oranı tayin edilmiştir.

Enjeksiyonda kullanılacak varilin iç hacminin belirlenebilmesi için özgül ağırlığı bilinen su kullanılmıştır. Kullanılan suyun özgül ağırlığı $1,00 \text{ t/m}^3$ olarak alınmış ve kütlesi tartılarak varil içerisine konulan suyun varil içinde kapladığı hacim değeri bulunmuştur. Varillere 110 kg su doldurulmuş ve bu doluluktaki varilin içerisindeki suyun yükseklik seviyesi işaretlenmiş ve bu değer 110 lt olarak ele alınmıştır. Bu işaretleme,yapılan varil şablon olarak kullanılmış, varil içine 110 lt hacimde kum doldurulduğunda kütlelerinin ne olacağı gerekli hesaplamalarla yapılmıştır. Tabaka tabaka belli kütle değerlerine göre doldurulan varil, şişleme ve sallama yöntemi ile şablonda belirlenen yüksekliğe gelene kadar örselenmiştir. Bu sayede istenilen rölatif sıklık değerine ulaşılmıştır.

Ancak burada dikkat edilmesi gereken bir durum da kullanılan zemin numunesinin içerisinde bulundurduğu su muhtevasıdır. Deneyde kullanılan kum

numunesi yaklaşık olarak 4,00 ton geldiği ve deneme kolonları hariç toplamda 16 adet kolon numunesi oluşturmak için kullanılacak kum miktarının fazla olması sebebiyle bu yoğunluktaki kullanılacak kumun içerisinde bulunan su muhtevasının tayininin çok zor olması sebebiyle su muhtevası durumu ihmal edilmiştir. Kumun içerisinde bulunan su miktarının fazla olması enjeksiyonda kullanılacak olan su ve çimentonun hidratasyonunu etkilemektedir. Doğal olarak priz alma süresi, kum ile çimentonun bağlanması durumlarını da etkilemektedir. Bu nedenle kullanılan kum yıkanmış olduğu için doğrudan güneş ışığı alan yere istiflenmiştir. Ayrıca kum kullanılırken her seferinde kum yığınının üst ve yan kısımlarından kum alınarak kullanılmıştır. Bu sayede bir sonraki numune kullanımında kum yığınının alt ve iç tarafının içerisinde nem varsa kuruması sağlanmıştır.

Varillere kum doldurulduktan hemen sonra jet grout enjeksiyonuna geçilmiştir. Beklenmemesinin sebebi varile doldurulan kum yığının kendi kütlesi ile oturmasının engellenmesidir. Ön deneylerde karşılaşılan bir durum da bu noktada olmuştur. Hazırlanan kum yığının kendi kütlesi ile çok zaman geçmeden ani oturmaları olmuştur. Tasarımda farklılık oluşmaması için bu hususa oldukça dikkat edilmiştir.

Tez çalışmasına başlamadan önce tez öneri formunda belirlenen su/çimento ve akışkanlaştırıcı katkı oranının belirlenmesinde laboratuvar tipi enjeksiyon aletinin yapısı, kullanılacak katkı maddesinin su miktarını azaltma kapasitesi göz önüne alınarak marsh hunisi deneyleri yapılmıştır. Marsh hunisi deneyleri sonucunda laboratuvar tipi enjeksiyon aletinin tij nozulunun tıkanmasının engellenmesi, bağlantı hortumlarının tıkanmaması ve piston içerisine doldurulan enjeksiyon harcının pistonda rahat bir şekilde enjekte edilmesinin sağlanması amacıyla marsh hunisi deneyleri sonucunda uygun akışkanlık belirlenerek, bu akışkanlık durumuna göre su/çimento ve katkı maddesi oranı belirlenmiştir. Ayrıca belirleme yapılırken parametre değişikliklerine göre deney sonuçlarının analizinin yapılabilmesi için olabildiğince sınır değerlere yaklaşmıştır. Su/çimento oranının 0,60 ve 0,80 olduğu enjeksiyon harcı karışımının katkı maddesi kullanılmaksızın mevcut sistemle enjeksiyonu mümkün değilken katkı maddesi kullanılarak bu oranlarla enjeksiyon yapmak mümkün hale gelmiştir.

Sonuç olarak Çizelge 3.3'de verilen marsh hunisi deney sonuçlarına göre karışım durumları belirlenmiştir. Yapılan deneylerde bu karışımlarla jet grout enjeksiyon yapma işleminde hiç bir problem yaşanmadan deneyler verimli bir şekilde sonuçlandırılmıştır.

Kullanılan çimentonun tane yoğunluğu $3,10 \text{ t/m}^3$ olarak ele alınmış ve yapılacak olan enjeksiyon harcı karışımının 12,50 litre hacminde olmasına özen gösterilmiştir. Jet grout enjeksiyon deney aletinin pistonu yaklaşık 12,00 litre aldığı için her deneyde tam dolu olacak şekilde piston doldurulmuş ve enjekte edilmesi sağlanmıştır. 16 adet kolon oluşturulurken her kolonda kullanılan enjeksiyon harcı hacimsel olarak aynı olmuştur.

Bilindiği üzere jet grout kolonlarının oluşturulmasında püskürtme basıncı, tij çekme hızı, tij döndürme hızının etkisi oldukça fazladır. Deneysel çalışmamızda naftalin sülfonat esaslı yapı kimyasallarının jet grout kolonlarının performansına etkisi araştırıldığından sadece karışımında kullanılan su, çimento ve katkı maddesinin karışım içerisindeki oranları değiştirilmiştir. Her deneyimizde tij çekme hızı, tij döndürme hızı ve enjeksiyon basınç değeri sabit alınmıştır. Bu değer bulunurken daha önce deney düzeneğinde yapılan yüksek lisans ve doktora çalışmaları incelenmiş ve optimum değerlerler kullanılmıştır. Aşağıda deney sırasında kullanılan enjeksiyon deney düzeneğinin parametreleri verilmektedir.

Tij çekme hızı	: 30 cm/dk
Tij döndürme hızı	: 10 devir/dk
Enjeksiyon basıncı	: 40 bar

Kullanılan enjeksiyon harcı için ise hassas terazide tartım işlemi yapılmış ve kütlece su – çimento – katkı maddesi oranları tayin edilmiştir. Yukarıda bahsedildiği üzere deney sisteminin 12 litre kapasitede olduğu göz önünde bulundurularak 12,50 litre kapasitede enjeksiyon harcı hazırlamak için karışıma girecek her bir malzemenin kütlesi bulunmuş ve karışım işlemi gerçekleştirilmiştir. Burada optimum değerlerle deneyi sonuçlandırmak, karıştırma işleminin homojenliğini sağlamak için oldukça önemli olmuştur. Hacimce fazla olan karışımın karıştırılmasında problemler olacağından tüm tasarımlarımda 12,50 litre hacminde çimento şerbeti oluşturulmaya çalışılmıştır. Karıştırma işlemi yüksek devirli şantiye tipi karıştırıcılarla yapılmış ve çimentonun çökmesinin önlenmesi için karıştırma titiz bir şekilde yapılmıştır. Yaklaşık 3 dk karıştırıcı çalıştırdıktan sonra haznenin dibinde kalan çimento parçacıkları ters düz edilmiş ve karıştırma işlemine 1 dk daha devam edilmiştir. Dikkat edilen bir diğer husus da, katkı maddesi kullanılacak olan enjeksiyon harçlarında; çimento hazneye dökülmüş, üzerine su ilave edilmiş ve en sonunda yavaş yavaş katkı maddesi konulmaya başlanmıştır. Deneylerde kullanılan karışım harcının kolon numaralarına göre kütlece miktarları aşağıdaki Çizelge 5.1’de verilmektedir.

Çizelge 5.1. Karışımda kullanılan malzemelerin kütle miktarları

Kolon No	Su/Çimento Oranı	Akışkanlaştırıcı Katkı Oranı (%)	Rölatif Sıklık Değeri (%)	KÜTLESİ (kg)			
				Su	Çimento	Katkı Maddesi	Kum
JG-1	1,00	-	45	10,00	10,00	-	196,00
JG-2	1,50	-	45	11,00	07,33	-	196,00
JG-3	1,00	-	55	10,00	10,00	-	199,00
JG-4	1,50	-	55	11,00	07,33	-	199,00
JG-5	0,60	2	45	8,00	13,33	0,267	196,00
JG-6	0,60	4	45	8,00	13,33	0,533	196,00
JG-7	0,60	6	45	8,00	13,33	0,800	196,00
JG-8	0,80	2	45	9,00	11,25	0,225	196,00
JG-9	0,80	4	45	9,00	11,25	0,450	196,00
JG-10	0,80	6	45	9,00	11,25	0,675	196,00
JG-11	1,00	1	45	10,00	10,00	0,100	196,00
JG-12	1,00	2	45	10,00	10,00	0,200	196,00
JG-13	1,00	4	45	10,00	10,00	0,400	196,00
JG-14	1,50	1	45	11,00	07,33	0,073	196,00
JG-15	1,50	2	45	11,00	07,33	0,147	196,00
JG-16	1,50	4	45	11,00	07,33	0,293	196,00

Kum numunesi ile varil doldurulduktan ve tijin altına getirildikten hemen sonra, Çizelge 5.1’de verilen kütlelere göre grout harcı için karışım malzemelerinin kütlesi tartıldıktan sonra karıştırma işlemi hızlı bir şekilde yapılmıştır. Varil tijin altındayken karıştırma işlemine başlanmasının sebebi karışımın el ile pistonla dökülmesi sırasında vakit geçmesi ve bu zaman zarfında karışımın katılaşmasının önlenmesidir. Oluşturulan karışım, enjeksiyon aletindeki tüm değerler (tij dönme hızı, çekme hızı ve enjeksiyon basıncı) sabitken varil içinde bulunan zemin numunesine enjekte edilmiştir. Burada gözlemlenen bir durum; içerisinde katkı maddesi bulunmayan JG-1, JG-2, JG-3 ve JG-4 kolonlarında enjeksiyon işlemine başlandığında, bir miktar çimento şerbetinin tijin girdiği orta noktadan ve/veya varilin yan-üst yüzeylerinden çıkmış olmasıdır. Diğer katkı maddesi kullanılan tüm kolonların enjeksiyon yapma işlemi sırasında herhangi bir çimento şerbeti dışarıya çıkması gözlemlenmemiştir. Şekil 5.1’de katkı maddesi kullanılmayan JG-1, JG-2, JG-3, JG-4 ve katkı maddesi kullanılan kolonlardan JG-16 kolonu gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Enjeksiyon işlemi sonucunda kum numunelerinin üstten görünümü.

Deneylerin tamamlanmasına müteakip variller enjeksiyon işleminden sonra hareket ettirilmeden minimum 1 saat süreyle tijin altında bekletilmiştir. Çökme ve priz alma işleminin gerçekleşmemesinden dolayı varillerin hareket ettirilmesi, oluşacak kolonların boyut ve dayanımında problem oluşturabilmektedir. Bekleme süresi tamamlandıktan sonra variller laboratuvarda uygun bir yere alınarak 28 gün süre boyunca doğal halde bekletilmiştir. Herhangi bir kür ve sulama işlemi gerçekleştirilmeden bekletilen kolonlar 28. gün devrilerek kumun içinden çıkarılmıştır. Çıkarma işlemi yapılırken varilin içerisinde oluşan kolonun oluşum şekline göre istiflenmesi, kolonun boyut analizinin yapılmasında etkili olmuştur.

Kolonlar çıkarıldıktan sonra, boyut analizinin yapılması ve karot alma işleminin gerçekleştirilmesi için uygun çalışma alanına götürülmüştür. Kolonların çıkarıldığında gözlemlenen bir diğer husus ise katkı maddesi kullanılarak oluşturulan kolonların, varilde oluşum şekline göre bakıldığında alt kısımlarının oldukça ıslak olduğu görülmüştür. Kolonların dıştan bakıldığında alt kısımlarının dayanımlarının oldukça düşük olduğu çıkarımında bulunulmuştur. Ön deneylerde sedimentasyon deneyi yapıldığında katkı malzemeli çimento su karışımının çökme durumuna bakıldığında, çimentonun çökmediği, katkı maddesinin en altta kaldığı gözlemlenmiştir. Bu da

kolonlara yorumlanacak olursa; kolonların üst kısmında çimentolaşma miktarının fazla olduğu, alt kısımlarda ise katkı maddesi reaksiyona girecek su miktarını azlatacağından, su ve katkı maddesinin alt kısımda çökmesi olarak yorumlanabilir.

Kolonların gözlemsel analizi yapıldıktan sonra, boyut analizine geçilmiştir. Kolonların boyut analizi yapılırken gözlemlenen husus; tij giriş ve çıkış yönü esas olmak üzere, tijin girdiği en alt kısımda kolon çevresi düşük olurken, tijin yukarı yönlü hareketi ile kolon çevresinin yüksek olmasıdır. Bunun yorumu da varilin alt kısmındaki efektif gerilme değerinin fazla olması sebebiyle alt kısımlarda enjeksiyon karışım harcının etki alanının daralması ve enjekte edilebilecek kapasitenin, basınç tüm deney programı boyunca aynı olmasına rağmen düşmesidir. Aynı şekilde kolonun boyut analizi çap ölçümünün yanında yükseklik ölçümü ile devam etmiştir.

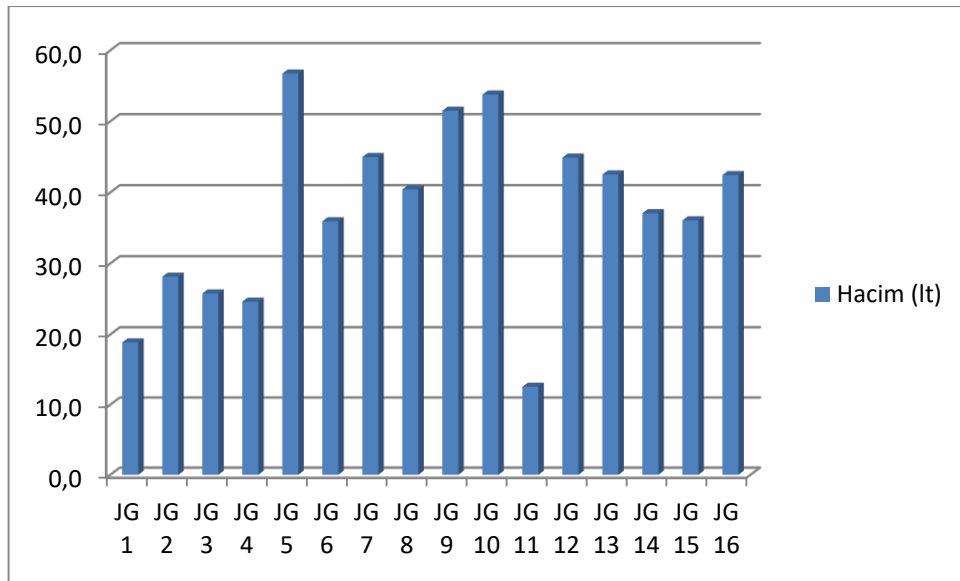
Pistona konulan enjeksiyon harcının tüm enjeksiyon işlemlerinde hacimce aynı olması ile beraber; tij çekme, dönme, enjeksiyon basıncı, zemin numunesi cinsi ve rölatif sıklık değerlerinin de aynı olmasına rağmen oluşturulan kolonların çapları ve yüksekliklerin farklı olması kolonların oluşumunda; etkili olan durum enjeksiyon harcının kum ile birleşerek kolon oluşturmasıdır. Bu birleşimin ne derecede etkili olduğu; farklı su, çimento, katkı malzemeleri ile yapılan karışımlarda oluşan kolonların boyut analizi sonucunda ortaya çıkmıştır.

Boyut analizi değerlendirilmesi yapılırken; sadece çap ölçümü üzerinde durulmayıp, kolonların etkili yükseklikleri de göz önünde bulundurulmuş ve buradan hacimsel bir bağlantı kurulmaya çalışılmıştır. Oluşan kolonlar homojen bir yapıda olmadığı için hacim hesabı yapılırken; kolonun çevresinden ölçümler yapılmıştır. Ölçümler yapılırken orta noktası başta olmak üzere, orta noktanın yaklaşık 10 cm üzeri ve 10 cm altının çevre uzunluğu değerleri bulunmuş ve buradan ortalama çevre uzunluğu bulunmuştur. Ortalama çevre uzunluğu bilinen kolonun ortalama çap değeri tayin edilmiştir. Ortalama çap ve yükseklik değerleri ile her bir kolonun hacmi bulunmuştur. Artık hacimsel olarak aynı hacme sahip enjeksiyon harcının kum içerisine enjekte edilmesi ile nasıl bir hacme sahip olduğu ve kolon oluşumunda kumun etkisinin ne derecede olduğu yorumu bu sayede yapılabilmektedir. Çizelge 5.2'de oluşturulan kolonların ortalama çap, yükseklik ve hacim değerleri verilmektedir.

Çizelge 5.2. 16 adet kolonun boyut analizi ve hacminin gösterimi.

Kolon No	Alt Çevre (cm)	Üst Çevre (cm)	Orta Çevre (cm)	Ortalama Çevre (cm)	Ortalama Çap (cm)	Yükseklik (cm)	Hacim (lt)
JG-1	77	88	82	82,3	26,2	35	18,9
JG-2	87	95	93	91,7	29,2	42	28,1
JG-3	81	98	94	91,0	29,0	39	25,7
JG-4	74	103	97	91,3	29,1	37	24,6
JG-5	113	119	126	119,3	38,0	50	56,6
JG-6	100	106	109	105,0	33,4	41	36,0
JG-7	104	115	110	109,7	34,9	47	45,0
JG-8	112	106	112	110,0	35,0	42	40,4
JG-9	110	111	114	111,7	35,5	52	51,6
JG-10	114	106	116	112,0	35,6	54	53,9
JG-11	95	54	58	69,0	22,0	33	12,5
JG-12	95	118	112	108,3	34,5	48	44,8
JG-13	82	123	105	103,3	32,9	50	42,5
JG-14	112	113	116	113,7	36,2	36	37,0
JG-15	99	87	97	94,3	30,0	51	36,1
JG-16	117	117	121	118,3	37,7	38	42,3

Yukarıda da denildiği üzere kolonların oluşturulması için yaklaşık olarak 12,00 lt enjeksiyon harcı kullanılmışken, oluşan kolonların minimum 12,50 lt, maksimum 56,60 lt hacminde olduğu görülmüştür. Buradan kolonların içerisindeki kum miktarının ve boşluk oranlarının yorumlanması yapılabilmektedir.



Şekil 5.2. 16 adet kolonun hacim durumunun gösterimi.

İçerisinde katkı maddesi bulunmayan kolonlardan JG-1, JG-2, JG-3 ve JG-4 kolonlarının hacimleri oldukça düşük çıkmıştır. Ancak katkı maddesinin kullanıldığı ve aynı su/çimento oranları kullanılarak yani su/çimento oranının 1,00 ve 1,50 olduğu JG-12, JG-13, JG-14, JG-15 ve JG-16 kolonlarında hacim miktarı fazla olmuştur. Tüm parametrelerin (zemin numunesi ve sıklığı, su ve çimento oranı ve kütlesi) aynı olduğu su/çimento oranı 1,00 olan JG-1 kolonunun hacmi 18,90 lt olurken, katkı malzemeleri kullanılan JG-12 ve JG-13 kolonunun hacimleri ise sırasıyla 44,80 lt ve 42,50 lt olmuştur. Katkı malzemeleri kullanılan kolonların hacmi, kullanılmayan kolona göre yüzde 130 oranında artmıştır. JG-11 kolonunun hacminin diğer katkı maddesi kullanılan kolonlar olan JG-12 ve JG-13 kolonundan hatta hiç katkı maddesi kullanılmayan JG-1 kolonundan düşük olmasının sebebi ise enjeksiyon sırasında basıncın düşmesi veya zeminin rölatif sıklığının homojen bir şekilde ayarlanamamasından kaynaklanmış olabilir.

Aynı şekilde içerisinde katkı maddesi kullanılan ve su/çimento oranı 1,50 olan JG-14, JG-15 ve JG-16 kolonları ile aynı su/çimento oranında olan fakat katkı maddesi kullanılmayan JG-2 kolonu karşılaştırıldığında; JG-2 kolonunun hacmi 28,10 lt olurken, JG-14 kolonunun 37,00 lt, JG-15 kolonunun 36,10 lt, JG-16 kolonunun 42,30 lt olduğu görülmektedir. Hacim artışı katkı maddesi kullanılmayan kolona göre ortalama %37 lik bir hacim artışı gözlemlenmiştir.

Bir diğer karşılaştırma ise su/çimento oranının aynı olduğu fakat rölatif sıklık değerinin farklı olduğu JG-1 ve JG-3 ile JG-2 ve JG-4 kolonları arasında yapılabilir. Rölatif sıklık değerinin 0,55 olarak tasarlandığı JG-3 ve JG-4 kolonları ile rölatif sıklık değerinin 0,45 olarak tasarlandığı kolonlar arasında hacimsel farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu farklılık kolon çapında kendini çok belli etmezken, yükseklik farkı ortaya çıkmıştır. İki farklı rölatif sıklık ve iki farklı su/çimento değeri karşılaştırıldığında; zemin numunesi daha sıkı hale gelirken kolonlardan birinin çapının arttığı, diğerinin ise azaldığı görülmüştür. Rölatif sıklık değerinin %10 değiştiği ve iki değer de orta sıkı kum özelliğinde olduğu ve oluşan kolonların yapısının oldukça bozuk olmasından dolayı hacim ölçümünün çok net yapılamaması göz önüne alınarak bu değerlere göre yorumlanmasının doğruluğu kesinlik taşımayacaktır.

Su/çimento oranının düşmesi sonucunda dozaj yükselmiş ancak enjeksiyon harcının işlenebilirliği düşmüştür. Bu nedenle bu kadar yüksek dozajlı su/çimento oranı 0,60 ve 0,80 olan enjeksiyon harcının işlenebilmesi için çimento kütlesinin % 2-4-6 sı kadar katkı maddesi kullanılan karışımlarla işlenebilirlik artırılmış ve kolonlar

oluşturulabilmiştir. Bu karışımlarla oluşturulan JG-5, JG-6, JG-7, JG-8, JG-9, JG-10 kolonlarının hacimleri zemine enjekte edilen enjeksiyon harcından yaklaşık %300 daha fazla olmuştur.

Tüm bu değerlendirmelerle birlikte kolonların boyut analizleri yapıldığında, katkı maddesi kullanılan JG-11 kolonu istisna tutulmak üzere; naftalin sülfonat esaslı yapı kimyasalı kullanımının jet grout kolonlarının geometrik olarak, yapı kimyasalı kullanılmayan kolonlardan daha büyük olacağı çıkarımında bulunulabilir. Daha az su ve çimento kullanılarak belirli oranda katkı maddesi kullanılması, enjeksiyon harcının işlenebilirliğini kolaylaştırdığı gibi kumla olan aderansını da arttırarak ve çok daha büyük geometriye sahip kolonlar oluşturulabilecektir.

Kolonların boyut analizinin yanında dayanımları da oldukça önemli olduğundan kolonlardan uygun karot numuneleri alınmıştır. Karot numuneleri alınırken dikkat edilen husus; alınan karotun, kolonun genel özelliklerini üzerinde bulundurması olmuştur. Bu nedenle kolonların üst ve alt kısmında homojen olmayan (çimentolaşmanın ve kumlaşmanın) fazla olduğu yaklaşık 10 cm lik kısımlar kesilip atılmıştır. Üstten en kesiti görünen kolonların homojen görünen kısımlarından karot numuneleri alınmıştır.

Karot numuneleri alınırken 70 mm lik ve 50 mm lik çaplı karot uçları kullanılmış ancak karot alma işleminde 50 mm lik karot uçlarının delgi işlemi sırasında numuneyi parçaladığı görülmüştür. Bu nedenle daha rahat karot alma işlemi gerçekleştiğinden 70 mm lik karot uçları ile karot alma işlemi tamamlanmıştır. Karot alınırken numunenin boykesitini görmek ve yorumlayabilmek için kolon uzunluğu boyunca karot alınmaya çalışılmıştır. Bu sayede parçalanmayan karot numunelerinin incelenmesi yapılmış ve kolonun iç yapısı hakkında fikir elde edilmiştir.

Karot numuneleri alınırken kuru delme metodu kullanılmamıştır. Rölatif sıklık oranı 0,45 ve su/çimento oranı sırasıyla 1,00 ve 1,50 olan katkı maddesi kullanılmayan JG-1 ve JG-2 kolonlarının karotları alınırken, delme işlemi başarıyla sonuçlanmış ve boykesit incelendiğinde karotların homojen bir yapıda olduğu görülmüştür. Rölatif sıklık oranı 0,55 olan su/çimento oranı sırasıyla 1,00 ve 1,50 olan, katkı maddesi kullanılmayan JG-3 ve JG-4 kolonlarının karotları da başarılı bir şekilde alınmış fakat boykesit incelendiğinde homojen yapılaşmanın çok iyi olmadığı görülmüştür. İçerisindeki kum ve çimento tanelerinin aderansının çok kuvvetli olmadığı görülmüştür.

Rölatif sıklık oranı 0,45 ve su/çimento oranı 0,60 olan, katkı maddesinin kullanımının sırasıyla %2, %4 ve %6 olduğu JG-5, JG-6, JG-7 kolonlarının karot alma

işlemleri incelendiğinde; hacimsel anlamda en büyük hacme sahip olan JG-5 kolonundan 3 kere denenmesine rağmen her seferinde karot parçalanmış ve uygun karot numunesi alınamamıştır. Bu kolondan karot numunesi alınamamasının nedeni kolonun hacim olarak çok büyük olması ve bu nedenle içerisinde bulunan kum miktarının fazla olmasıdır. JG-6 kolonu incelendiğinde karot numunesi parçalanmadan alınmış ve çimento taneleri ile kumun aderansının oldukça iyi olduğu görülmüştür. JG-7 kolonu incelendiğinde ise karot numunesi parçalanarak alınmıştır. Alınan karotların homojen olmadığı, kum miktarının ve boşluklu yapının fazla olduğu görülmüştür.

Rölatif sıklık değeri 0,45 ve su/çimento oranı 0,80 olan ve içerisindeki katkı maddesi oranı sırasıyla %2, %4 ve %6 olan JG-8, JG-9 ve JG-10 kolonlarının karot alma işlemleri incelendiğinde; tüm kolonlardan karot alınabilmiştir. JG-8 kolonundan alınan karot bütün olurken boykesit incelendiğinde kum ve çimento taneciklerinin aderansının çok iyi olduğu, boşluklu yapının bulunmadığı görülmüştür. JG-9 ve JG-10 kolonlarında ise karot alınırken, bütün bir şekilde karot alınamamıştır. Alınan karotlar parçalanmıştır. Çimentolaşma miktarının üst kısımlarda fazla olduğu karotlarda, alt kısma doğru gidildikçe boşluk oranının fazla olduğu ve kum tanelerinin çimento şerbeti ile birleşmediği görülmüştür.

Rölatif sıklık değeri 0,45 ve su/çimento oranı 1,00 olan ve içerisindeki katkı maddesi oranı sırasıyla %1, %2 ve %4 olan JG-11, JG-12, JG-13 kolonlarının karot alma işlemleri incelendiğinde; JG-11 kolonundan karot alma işlemi başarıyla gerçekleşmiştir. Karotlar incelendiğinde kolonun iç yapısının oldukça homojen bir yapıda olduğu görülmüştür. Kum ve çimento tanelerinin aderansı oldukça iyi olmuştur. Ancak içerisindeki katkı maddesi JG-11 kolonuna göre fazla olan JG-12 ve JG-13 kolonunun karot alma işlemi başarılı olmamıştır. Karotlar alınırken çok fazla parçalanmıştır. Alınan karotlar incelendiğinde, kolonun alt kısmında çimentolaşmış bölgenin bulunmadığı görülmüş, içerisinde kum ve boşluklu yapının çok fazla olduğu tespit edilmiştir.

Rölatif sıklık değeri 0,45 ve su/çimento oranı 1,50 olan ve içerisindeki katkı maddesi oranı sırasıyla %1, %2 ve %4 olan JG-14, JG-15 ve JG-16 kolonlarının karot alma işlemleri incelendiğinde; JG-14 ve JG-15 kolonunun çimento ve kum tanelerinin aderansının oldukça iyi olduğu ve homojen yapıda olduğu görülmüştür. Ancak içerisindeki katkı maddesi JG-14 ve JG-15 kolonuna göre fazla olan JG-16 kolonunun içerisindeki kum ve boşluk miktarının fazla olduğu görülmüştür. Bu da karot alma işleminin başarısız olmasına sebep olmuştur.

Karot alma ve boykesit yorumlama işlemleri tamamlandıktan sonra karotlardan mümkün olduğunca homojen olanlar belirlenmiş ve serbest basınç deneyi yapılmak üzere hazırlıklara başlanmıştır. Karotlara gelen yükün homojen bir şekilde dağılması için öncelikler karotlar üst ve alt yüzlerinden düzlenmiştir. Standart basınç deneyinde yükseklik/çap oranının etkisi önemli olduğu için yükseklik/çap oranının 2,00 olmasına dikkat edilmiştir. Çapı 7 cm olan karotlar yaklaşık 14 cm yüksekliğinde kesilmeye çalışılmıştır. Düzgün alınamayan ve homojen olmayan karotlar için ise yükseklik/çap oranı 2,00 olmayanlarda düzeltme katsayısı kullanılmıştır. Düzeltme katsayısı kullanılarak karotlara yüklenen yükler düzeltilmiştir.

Deformasyon saatinin eklendiği CBR deney düzeneğinde karotlara yük yüklenirken aynı zamanda bu yükler altında yaptığı deplasman değerleri ölçülmeye çalışılmıştır. Bu sayede kolonların rijitliği ile ilgili de yorum yapılabilmektedir. Deplasman değerleri sayesinde ayrıca gerilme ve birim şekil değiştirme grafiği de çizilebilmiştir. Her kolon için mümkün olduğunca 2 şer adet karotlar aksenal basınç deneyine tabii tutulmuş ve çizelge 5.3. de karotların taşıyabileceği maksimum kuvvetler, bu kuvvetler altında gerilme değerleri verilmiştir.

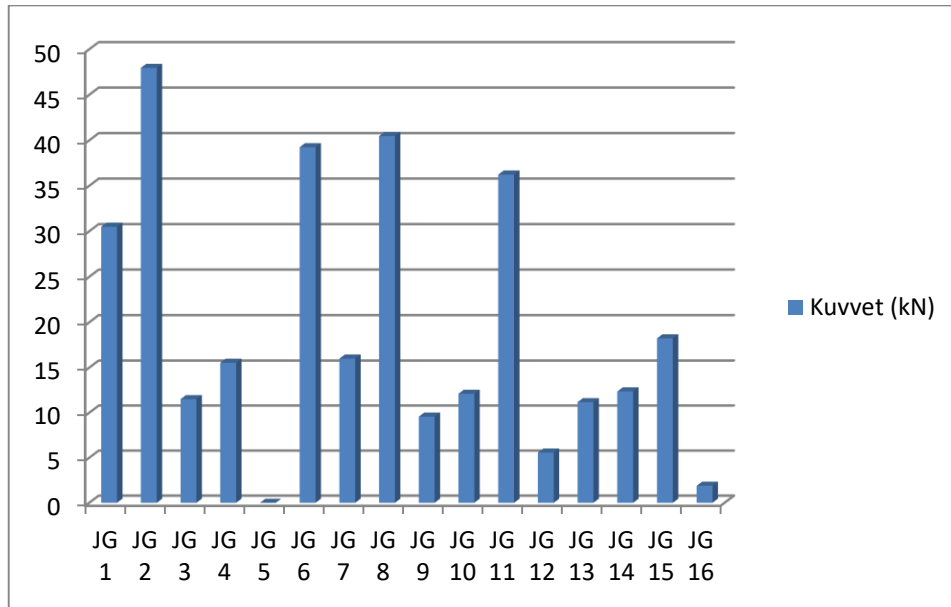
Kolonlardan alınan karot numuneleri ile her kolon için ortalama değer bulunmuştur. Her kolondan alınan farklı karot numuneleri JG-1 kolonu dışında birbirine yakın çıkmıştır. JG-1 kolonundan alınan iki farklı numune arasında % 50 civarında fark olduğu görülmüştür. Karotların ortalama kuvvet ve gerilme değerlerine göre her kolonun kuvvet ve gerilme değerleri bulunmuş ve bu değerler de çizelge 5.4. de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Kolonlardan kalınan karot numunesinin dayanım sonuçları.

Karot No	Yükseklik (cm)	Kuvvet (kN)	Gerilme (mPa)	Deplasman (mm)	Birim Şekil Değişirme (%)
JG-1/a	12,2	40,94	10,63	0,19	0,16%
JG-1/b	12,1	19,97	5,19	1,3	1,07%
JG-2/a	14,2	48,34	12,56	1,3	0,92%
JG-2/b	14,2	47,57	12,36	0,44	0,31%
JG-3/a	15	9,5	2,47	1,7	1,13%
JG-3/b	13,7	13,49	3,5	2,07	1,51%
JG-4/a	9,7	16,94	4,4	2,69	2,77%
JG-4/b	9	14,13	3,67	Deplasman ölçülemedi.	
JG-5	Karot alınmadı.				
JG-6/a	13,3	38,69	10,05	0,01	0,01%
JG-6/b	14,5	39,78	10,33	1,34	0,92%
JG-7/a	14,2	18,35	4,77	0,36	0,25%
JG-7/b	13,9	18,96	4,92	1,29	0,93%
JG-7/c	10,5	10,72	2,78	1,75	1,67%
JG-8/a	14,3	45,01	11,69	0,58	0,41%
JG-8/b	14,7	35,93	9,33	0	0,00%
JG-9/a	14,7	7,84	2,04	1,95	1,33%
JG-9/b	14,7	11,28	2,93	0,57	0,39%
JG-10/a	14,3	10,1	2,62	1,17	0,82%
JG-10/b	14,1	14,1	3,66	1,04	0,74%
JG-11/a	14,7	34,82	9,04	1,37	0,97%
JG-11/b	14,1	37,64	9,78	2,54	1,80%
JG-12	10,8	5,57	1,45	0,78	0,72%
JG-13/a	7,8	11,68	3,03	0,79	1,01%
JG-13/b	7,9	10,66	2,77	2,33	2,95%
JG-14/a	13,6	13,23	3,44	0,46	0,34%
JG-14/b	14,9	11,49	2,98	0,64	0,43%
JG-15/a	14,1	18,1	4,7	1,21	0,86%
JG-15/b	14,4	18,35	4,77	1,52	1,06%
JG-16	4,4	1,89	0,49	2,83	6,43%

Çizelge 5.4. Kolonların ortalama kuvvet ve gerilme dayanımları.

Kolon No	Su/Çimento Oranı	Akışkanlaştırıcı Katkı Oranı (%)	Rölatif Sıkılık Değeri (%)	Kuvvet (kN)	Gerilme (mPa)
JG-1	1,00	-	45	30,5	7,9
JG-2	1,50	-	45	47,96	12,46
JG-3	1,00	-	55	11,5	2,99
JG-4	1,50	-	55	15,54	4,04
JG-5	0,60	2	45	Karot alınmadı	
JG-6	0,60	4	45	39,24	10,19
JG-7	0,60	6	45	16,01	4,16
JG-8	0,80	2	45	40,47	10,51
JG-9	0,80	4	45	9,56	2,49
JG-10	0,80	6	45	12,1	3,14
JG-11	1,00	1	45	36,23	9,41
JG-12	1,00	2	45	5,57	1,45
JG-13	1,00	4	45	11,17	2,9
JG-14	1,50	1	45	12,36	3,21
JG-15	1,50	2	45	18,23	4,74
JG-16	1,50	4	45	1,89	0,49

**Şekil 5.3.** 16 adet kolonun maksimum taşıma kapasitelerinin gösterimi.

Deney sonuçlarına göre kolonlar, karotlarından alınan ortalama taşıma güçlerine göre yorumlandığında; enjeksiyon harcındaki su/çimento oranı 1,50 ve zeminin rölatif sıklık değeri 0,45 olarak tasarlanan kolonun en iyi taşıma gücü kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Rölatif sıklık değerinin artarak 0,55 olması, kolonun taşıma gücü kapasitesini bariz bir şekilde düşürmüştür. Aynı su/çimento oranı kullanılıp, naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanımında ise taşıma gücü kapasitesinin düştüğü görülmüştür. Bunun tek istisnası su/çimento oranı 1,00 olan JG-1 kolonu ile aynı su/çimento oranında imal edilen JG-11 kolonu görülmektedir. Ancak kolon karot numunelerinden 1/a nolu karot numunesinin maksimum taşıma gücünün 40,5 kN olduğu göz önüne alındığında bu durumda istisna olmaktan çıkmaktadır.

Enjeksiyon harcında dozajı yükselterek zemine enjekte etmemizi sağlayan naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanımı, taşıma gücünü arttırmıştır. Burada taşıma gücü, su/çimento oranının düşürülerek dozajın yükselmesi sayesinde artmıştır. Oluşan kolonlar incelendiğinde, su/çimento oranının 0,80 ve katkı maddesi kullanımının %2 olduğu kolonun, diğer 0,80 su/çimento oranında olan kolonlardan daha iyi taşıma gücü kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Bunun aksine su/çimento oranı 0,60 olan kolonlarda ise katkı maddesi kullanımının %4 olduğu kolonun taşıma gücü kapasitesi daha iyi olmuştur.

Yukarıdaki yorumlamalara paralel olarak, kolonların taşıma gücü kapasitesi ile ilgili; su/çimento oranı 1,00 ve 1,50 olan kolonlarda katkı maddesi kullanımı taşıma gücü kapasitesini düşürmüştür. Su/çimento oranı 0,60 ve 0,80 olan enjeksiyon harcının işlenebilirliği zor olup bu yoğunlukta karışım harcının zemine enjekte edilmesini sağlayabilen naftalin sülfonat esaslı katkı maddesi kullanımının işlenebilirliği arttırdığı ve bu sayede başarılı kolonlar oluşturulduğu görülmüştür. Doğal olarak yüksek dozajdan dolayı taşıma gücü kapasitesi de artmıştır. Katkı maddesi kullanım oranı olarak ideal olan oran ise taşıma gücü kapasitesine göre tam olarak yorumlanamamaktadır.

Dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise kolonların performansı incelenirken, taşıma gücü kapasitesi ve oluşan kolon çaplarının performans başlığı altında birlikte incelenmesidir. Kolon imalatı aşamasında dikkat çekildiği üzere, her kolon için zemine enjekte edilen enjeksiyon harcı eşit hacimdedir. Bu enjeksiyon harcının zemin numunesi ile ne oranda birleştiği, kolonların hacimsel büyüklükleri aracılığıyla yorumlanmıştır. Hacimsel anlamda büyük olan kolonlar içerisinde çok fazla boşluk ve kum tanesi barındırdığından dolayı dozaj ikinci planda kalmış ve kolonların taşıma gücü

düşmüştür. Haliyle hacim ile taşıma gücü kapasitesi arasında ters orantılı bir ilişki oluşmuştur.

5.2. Öneriler

Bu bilgiler ışığında oluşturulmak istenen kolonla ilgili olarak; hedeflenen düşünce, zeminin içerisindeki boşluk oranını azaltmak ve geçirimsizliğin düşürülmesi ise naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanımının bu hedefe ulaşılmasında etkili olduğu görülmektedir. Ancak hedeflenen düşünce direkt taşıma gücü kapasitesini arttırmak olacak ise naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanımı bu düşünceye ulaşmada etkisiz olacaktır.

Laboratuvar tipi enjeksiyon aletinin enjeksiyon doldurulacak hazne kısmı, arazide kullanılan karıştırma ünitesi ile karşılaştırılmayacak kadar küçüktür. Arazide kullanılan karıştırma ünitesi ve yüksek basınç pompası ile dakikada 150 ile 400 litre arasında enjeksiyon harcı zemine enjekte edilebilirken, laboratuvar ortamında sadece 12 litre enjeksiyon harcı ile deneyler tamamlanmıştır. Sonuç olarak oluşan kolonlar yaklaşık 30 cm çapında, 50 cm yüksekliğinde olmuştur. Laboratuvar ortamında mecburen ancak bu kadar küçük kolonların oluşturulması sonucunda yorum yapmak hata payı oluşmasına sebebiyet verebilir.

Ayrıca jet grout enjeksiyon yöntemi arazide doğal zemin türlerine yapılabilirken, deneysel çalışmamızda kum ocağından temin edilen kumların 120 litre hacimli varillere %90 kapasitede doldurulması ile enjeksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Her ne kadar kütle ve hacmi bilinen kum numunesinin rölatif sıklığı bu bağıntılar yardımıyla oluşturulmaya çalışılsa da tüm varil içerisinde rölatif sıklık değeri ayarlamasının doğal zemindeki haline benzetilmesi mümkün olmamıştır. Bu nedenle kabul edilebilir sonuçlara ulaşabilmek için; farklı su/çimento ve naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi oranları ile hazırlanan enjeksiyon harcının arazide doğal zemin numunesine enjekte edilebilmesi ve kolonların çıkarılıp, boyut ve taşıma gücü analizleri yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Altun S. 2010, Zemin İyileştirme Yöntemleri Derin Temeller ve Uygulamadan Örnekler, İmo İzmir Şubesi
- Ayoubian A. and Nasri V., 2004, Design of jet grout for base stability and groundwater control, *Geotechnical Engineering for Transportation Projects Geo-Trans 2004*, Los Angeles-California, 10.
- Berk B., Pekarun O., Çınar A. and Doğanışık K., 2008, Geosentetik donatılı istinat duvarlarının jetgrouting ve fore kazık sistemleriyle beraber uygulanması, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onikinci Ulusal Kongresi Ekim-2008*, Selçuk Üniversitesi-Konya, 1-10.
- Burke, G.K. and Koelüng, U.A., (1995), "Special Application for Jet Grouting: Underpinning, Excavation support and Groundwater Control", Proceedings of Canadian Geotechnical Conference, Vancouver, B.C., pp. 90-97.
- Bzowska J., 2004. Computational model for jet-grouting pile- soil interaction, *Studia Geotechnica et Mechanica*, 16,48-90.
- CECW-EG,1995. Engineering and Design - Chemical Grouting, Publication No: EM1110-1- 3500, Proponent:CECW-EG, Publication Date:January 1995, <http://www.usace.army.mil>
- CECW-EG, 1984. Engineering and Design - Grouting Technology, Chapter 2: Purposes And Limitations Of Grouting, Chapter 4: Planning and Procedures, Publication Number: EM 1110-2-3506, <http://www.usace.army.mil>
- Coulter S. and Martin C.D., 2006, Effect of jet-grouting on surface settlements above the Aeschertunnel, *Tunnelling and Underground Space Technology*, Switzerland, 542-553.
- Çınar, M ve Akkaya, A.B., 2001. Jet grouting uygulama tekniği, İstanbul
- Çimen, Ö., Bakım, M.A., Durgunoğlu, H.T., 2008, Jet grout zemin iyileştirilmesinin kullanıldığı bir vaka analizi, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 12. Ulusal Kongresi*, Selçuk Üniversitesi-Konya, 679-688.
- Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Yıl:2012 Cilt:27-2

- Durgunoglu, H. T., Kulaç, H. F., Oruç, K., Yildiz, R., Altugu, T., Emrem, C., 2002, Sıvılaşmaya karşı jetgrout yöntemi ile zemin ıslahına ait bir vaka analizi, *Zemin Mekanigi ve Temel Mühendisligi Dokuzuncu Ulusal Kongresi*, Anadolu Üniversitesi-Eskişehir, 1-26.
- Erkan İ. H. 2013 Jet Grout Kolonların Performansını Etkileyen Faktörlerin Deneysel Olarak Araştırılması Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 29-85
- Fidan B. 2015 İnce Taneli Çimentonun Jet Grout Kolonların Performansı Üzerindeki Etkilerinin Deneysel Olarak Araştırılması Yüksek Lisans Tezi *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 36-75
- Hanke, R. and Blanding, M., 2008, *Tunnel Business*, 36-39.
- HARRIS, F.C.,1983. Ground Engineering Equipment and Methods, Granada Technical Books, Granada Publishing Ltd. London.
- Hsi, J.P. and Yu, J.B.Y., 2005, Jet grout application for excavation in soft marine clay, *Proceedings Of The International Conference On Soil Mechanics And Geotechnical Engineering*, Netherland, 1485-1488.
- Jefferis S.A., 2003, Long term performance of grouts and the effects of grout by-products, *Proc. 3rd Int. Conf. Grouting & ground Treatments*, New Orleans, ASCE Geotechnical Special Publication No. 120.
- Jet-Grouting, 2004. Jet Grouting Technology Overview – Chapter: Choice Of Jet Grouting Parameters, www.jet-grouting.com web site.
- Keller, 1992. Soilcrete – Jet Grouting, Technical Data Sheet, Keller Grundbau GmbH, Kaiserleistrasse 44, D-6050, Offenbach 12, Germany.
- Lenzini, P.A. and Bruss, B.,1975. Ground Stabilization: Review Of Grouting and Freezing Techniques for Underground Openings, Department of Transportation Report, no: FRA ORD and D 75-95, 86 pp.
- Maertens, J., Theys, F., and Maekelberg, W., 2003, A full-scale test on large diameter bored piles for the construction of the HST-tunnel in Antwerp (Belgium), *Deep Foundations on Bored and Auger Piles, Van Impe (ed). Proc. 4th Intern*, Rotterdam.

- Martin, J.R., Olgun, C.G., Mitchell, J.K. and Durgunoglu, H.T., 2004, High modulus columns for liquefaction mitigatio, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*, 130(6), 561-571.
- Martin J.R., Olgun C.G., Sezen A., Kayali S. and Yildirim H., 2008, Dynamic Behavior of Fine Grained Soils– 1999 Kocaeli Earthquake Case History, *14th World Conference on Earthquake Eng.*, Beijing, China.
- Mining-Life, 2003. Selecting Grout and Additives, Miner's Toolbox on Mining Life Web Site, (www.mininglife.com).
- Modoni, G., Croce, P. and Mongiovi, L., 2006, Theoretical modelling of jet grouting, *Geotechnique* 56(5), 335-347.
- N.C.C., 2002. Pin Pile Technical Data Sheet, A Rodio Group Company, Nicholson Construction Company, Bridgeville, PA 15017, USA (www.nicholson-rodio.com).
- Nikbakhtan, B. and Osanloo, M., 2009, Effect of grout pressure and grout flow on soil physical and mechanical properties in jet grouting operations, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 46(3), 498-505.
- Özkan H., Enjeksiyon Yöntemi ve Uygulamaları Ankara 58-83, 2006
- Stoel, A.,V., D., 2001. Grouting for Pile Foundation Improvement, PhD Thesis, Delf University, Amsterdam, Netherlands
- Kauschinger, J.L., Perry, E.B. and Hankour, R., 1992. Jetgrouting: State of the Practice, *Proceedings of the Conference of Grouting Soil Improvement and Geosyntetics*, New Orleans, Louisiana, 25-28 Februrary 1992, Vol. 1, pp. 169-181, ASCE, New York.
- TMH – Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 430-2004/2 Temel Zeminlerinin Enjeksiyon Tekniğiyle İyileştirilmesi.
- TS EN 196-3/Mart 2002 Çimento Deney Metotları
- TS 1900-1 İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini, Mart 2006
- TS 1900-2 İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini, Mart
- TS EN 12715 Özel Jeoteknik Uygulamalar – Şerbetleme, Mart 2003
- Tsuboi, H., Matsui, T., Fukada, H., Otsuka, M., Nitao, H., Isoya, S., Higashi, S. and Kusakabe, F., 2007, Quality characteristics of improved soil columns by new type

jet grout mixing method, *The Seventeenth International Offshore and Polar Engineering Conference*, Lisbon-Portugal.

Xanthakos, P. P., Abramson L. W. And Bruce D. A., 1994. *Ground Control and Improvement*, John Wiley, New York..

Welsh, J.P., Burke, G.K., 2000. *Advances in Grouting Technology, Int.Conference on geotechnical&Geological Engineering (GeoEng2000)*,Melbourne, Australia, November 19-24.

Wong, K.S., Li,J.C., Goh, A.T.C., Poh, K.B., Oishi, E., 1999, *Effect of Jet Grouting on Performance of Deep Excavation in Soft Clay, Proceedings of the 5th International Symposium on Field Measurements in GeomechanicsFMGM99*, Singapore, 279-284.

Yahiro, T. and Yoshida, H., 1973. *Induction grouting method utilizing high speed water jet*, 8th International conference on soil mechanics and foundation engineering, Moscow, August

BASF Yapı Kimyasalları, <https://www.master-builders-solutions.basf.com.tr/tr>

Burkut, <http://www.zeminteknolojileri.com/tr/>

CanTem Zemin, <http://www.cantemzemin.com.tr/>

Eti Zemin ve İksa Sistemleri, <http://www.etizemin.com>

Geozer Zemin Mühendisliği, <http://geozerzemin.com/>

Kelebek Makina, <http://www.kelebekmakina.com.tr>

Soil Teknik, <http://www.soilteknik.net>

Tam Taş İnşaat, <http://www.tamtasinsaat.com/>

Temeltaş İnşaat, <http://www.temeltas.com.tr/>

Uretek, <http://www.uretek.com.tr/>

Z Makina, <http://www.zmakina.com.tr/>

Zakladini Staveb, <https://www.zakladani.cz>

Zemar 2000, <http://www.zemar2000.com/>

Zemin Araştırma Merkezi, <http://www.zeminarastirma.com>

Zetaş Zemin Teknolojisi, <http://www.zetas.com.tr/>

EKLER**EK-1 Karot 1/1 Standart Basınç Deney Sonuçları**

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Düzeltilme Katsayısı	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,03	0,5	0,14	0,02%	0,98	38,5	12,2
10	0,03	1,1	0,29	0,02%	0,98	38,5	12,2
15	0,02	1,5	0,40	0,02%	0,98	38,5	12,2
20	0	2,2	0,57	0,00%	0,98	38,5	12,2
25	-0,04	2,9	0,74	-0,03%	0,98	38,5	12,2
30	-0,07	3,7	0,97	-0,06%	0,98	38,5	12,2
35	-0,1	5,0	1,30	-0,08%	0,98	38,5	12,2
40	-0,11	6,0	1,55	-0,09%	0,98	38,5	12,2
45	-0,13	7,6	1,97	-0,11%	0,98	38,5	12,2
50	-0,14	8,7	2,27	-0,11%	0,98	38,5	12,2
55	-0,15	10,3	2,67	-0,12%	0,98	38,5	12,2
60	-0,16	12,0	3,11	-0,13%	0,98	38,5	12,2
65	-0,16	14,2	3,70	-0,13%	0,98	38,5	12,2
70	-0,17	15,9	4,12	-0,14%	0,98	38,5	12,2
75	-0,17	18,0	4,67	-0,14%	0,98	38,5	12,2
80	-0,17	20,6	5,35	-0,14%	0,98	38,5	12,2
85	-0,18	22,4	5,82	-0,15%	0,98	38,5	12,2
90	-0,18	25,2	6,55	-0,15%	0,98	38,5	12,2
95	-0,17	27,6	7,16	-0,14%	0,98	38,5	12,2
100	-0,16	29,4	7,65	-0,13%	0,98	38,5	12,2
105	-0,15	31,7	8,24	-0,12%	0,98	38,5	12,2
110	-0,12	34,4	8,94	-0,10%	0,98	38,5	12,2
115	-0,08	36,1	9,38	-0,07%	0,98	38,5	12,2
120	-0,02	38,1	9,91	-0,02%	0,98	38,5	12,2
125	0,06	40,0	10,39	0,05%	0,98	38,5	12,2
127	0,11	40,6	10,55	0,09%	0,98	38,5	12,2
129	0,19	40,9	10,63	0,16%	0,98	38,5	12,2
130	0,27	40,6	10,55	0,22%	0,98	38,5	12,2
133	0,48	39,9	10,36	0,39%	0,98	38,5	12,2
134	0,6	39,8	10,34	0,49%	0,98	38,5	12,2
136	0,83	38,3	9,95	0,68%	0,98	38,5	12,2
137	1,28	35,3	9,18	1,05%	0,98	38,5	12,2
138	1,51	33,9	8,80	1,24%	0,98	38,5	12,2
140	1,91	31,2	8,10	1,57%	0,98	38,5	12,2
143	2,19	29,6	7,69	1,80%	0,98	38,5	12,2
145	2,37	28,4	7,39	1,94%	0,98	38,5	12,2
150	2,45	27,4	7,11	2,01%	0,98	38,5	12,2

EK-2 Karot 1/2 Standart Basıncı Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Düzeltilme Katsayısı	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,19	0,4	0,12	0,16%	0,98	38,5	12,1
10	0,31	0,9	0,24	0,26%	0,98	38,5	12,1
15	0,47	1,9	0,50	0,39%	0,98	38,5	12,1
20	0,55	3,4	0,88	0,45%	0,98	38,5	12,1
25	0,6	4,7	1,22	0,50%	0,98	38,5	12,1
30	0,69	6,8	1,76	0,57%	0,98	38,5	12,1
35	0,76	8,6	2,23	0,63%	0,98	38,5	12,1
40	0,82	9,9	2,57	0,68%	0,98	38,5	12,1
45	0,91	11,8	3,07	0,75%	0,98	38,5	12,1
50	1	13,1	3,41	0,83%	0,98	38,5	12,1
55	1,07	14,1	3,65	0,88%	0,98	38,5	12,1
60	1,15	15,6	4,05	0,95%	0,98	38,5	12,1
65	1,17	16,7	4,35	0,97%	0,98	38,5	12,1
70	1,18	17,4	4,52	0,98%	0,98	38,5	12,1
75	1,17	17,4	4,53	0,97%	0,98	38,5	12,1
80	1,21	18,4	4,78	1,00%	0,98	38,5	12,1
85	1,24	19,5	5,07	1,02%	0,98	38,5	12,1
90	1,3	20,0	5,19	1,07%	0,98	38,5	12,1
92	1,33	19,9	5,17	1,10%	0,98	38,5	12,1
95	1,41	19,4	5,05	1,17%	0,98	38,5	12,1
100	1,53	19,0	4,93	1,26%	0,98	38,5	12,1
105	1,7	19,0	4,94	1,40%	0,98	38,5	12,1
110	1,88	19,0	4,93	1,55%	0,98	38,5	12,1
115	1,99	19,2	4,99	1,64%	0,98	38,5	12,1
120	2,11	19,2	4,99	1,74%	0,98	38,5	12,1
125	2,34	19,1	4,95	1,93%	0,98	38,5	12,1
130	2,46	19,2	4,98	2,03%	0,98	38,5	12,1
135	2,65	19,3	5,01	2,19%	0,98	38,5	12,1
140	2,79	18,9	4,91	2,31%	0,98	38,5	12,1
145	2,94	18,3	4,75	2,43%	0,98	38,5	12,1
150	3,09	17,6	4,57	2,55%	0,98	38,5	12,1
160	3,33	16,5	4,27	2,75%	0,98	38,5	12,1
165	3,45	15,5	4,03	2,85%	0,98	38,5	12,1

EK-3 Karot 2/1 Standart Basıncı Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0	0,6	0,16	0,00%	38,5	14,2
10	-0,01	1,1	0,28	-0,01%	38,5	14,2
15	-0,02	1,7	0,44	-0,01%	38,5	14,2
20	-0,04	2,4	0,62	-0,03%	38,5	14,2
25	-0,06	3,1	0,81	-0,04%	38,5	14,2
30	-0,08	3,8	1,00	-0,06%	38,5	14,2
35	-0,11	4,5	1,18	-0,08%	38,5	14,2
40	-0,14	5,4	1,40	-0,10%	38,5	14,2
45	-0,16	6,1	1,57	-0,11%	38,5	14,2
50	-0,19	6,9	1,79	-0,13%	38,5	14,2
55	-0,22	8,2	2,12	-0,15%	38,5	14,2
60	-0,24	9,4	2,44	-0,17%	38,5	14,2
65	-0,25	11,3	2,94	-0,18%	38,5	14,2
70	-0,25	14,0	3,63	-0,18%	38,5	14,2
75	-0,25	16,2	4,21	-0,18%	38,5	14,2
80	-0,25	18,1	4,69	-0,18%	38,5	14,2
85	-0,26	20,5	5,32	-0,18%	38,5	14,2
90	-0,26	23,0	5,96	-0,18%	38,5	14,2
95	-0,26	25,5	6,63	-0,18%	38,5	14,2
100	-0,25	28,2	7,33	-0,18%	38,5	14,2
105	-0,24	30,9	8,03	-0,17%	38,5	14,2
110	-0,23	33,7	8,74	-0,16%	38,5	14,2
115	-0,22	36,4	9,46	-0,15%	38,5	14,2
120	-0,2	39,2	10,19	-0,14%	38,5	14,2
125	-0,19	42,0	10,92	-0,13%	38,5	14,2
130	-0,18	44,9	11,65	-0,13%	38,5	14,2
135	-0,16	48,2	12,51	-0,11%	38,5	14,2
136	-0,16	48,7	12,66	-0,11%	38,5	14,2

EK-4 Karot 2/2 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,06	0,8	0,20	0,04%	38,5	14,2
10	0,05	2,0	0,51	0,04%	38,5	14,2
15	0,01	3,6	0,92	0,01%	38,5	14,2
20	-0,08	5,4	1,39	-0,06%	38,5	14,2
25	-0,17	7,3	1,89	-0,12%	38,5	14,2
30	-0,26	9,2	2,40	-0,18%	38,5	14,2
35	-0,33	11,3	2,94	-0,23%	38,5	14,2
40	-0,39	13,4	3,48	-0,27%	38,5	14,2
45	-0,45	15,2	3,96	-0,32%	38,5	14,2
50	-0,43	17,7	4,60	-0,30%	38,5	14,2
55	-0,42	20,4	5,29	-0,30%	38,5	14,2
60	-0,41	23,0	5,98	-0,29%	38,5	14,2
65	-0,39	25,7	6,68	-0,27%	38,5	14,2
70	-0,35	28,4	7,37	-0,25%	38,5	14,2
75	-0,31	31,0	8,04	-0,22%	38,5	14,2
80	-0,25	33,4	8,68	-0,18%	38,5	14,2
85	-0,18	35,7	9,28	-0,13%	38,5	14,2
90	-0,08	37,7	9,78	-0,06%	38,5	14,2
95	-0,1	39,9	10,37	-0,07%	38,5	14,2
100	0,04	42,2	10,96	0,03%	38,5	14,2
105	0,1	44,3	11,49	0,07%	38,5	14,2
110	0,19	45,9	11,93	0,13%	38,5	14,2
115	0,31	47,0	12,20	0,22%	38,5	14,2
116	0,34	47,2	12,25	0,24%	38,5	14,2
117	0,37	47,4	12,30	0,26%	38,5	14,2
118	0,4	47,5	12,35	0,28%	38,5	14,2
119	0,44	47,6	12,36	0,31%	38,5	14,2
120	0,5	47,5	12,33	0,35%	38,5	14,2
121	0,57	47,1	12,24	0,40%	38,5	14,2
122	0,7	46,3	12,02	0,49%	38,5	14,2
123	1,07	42,6	11,07	0,75%	38,5	14,2
124	2,54	24,3	6,31	1,79%	38,5	14,2
125	2,66	23,4	6,06	1,87%	38,5	14,2
127	2,86	22,0	5,71	2,01%	38,5	14,2
128	2,95	21,4	5,57	2,08%	38,5	14,2
129	3,14	20,1	5,22	2,21%	38,5	14,2
130	3,23	19,5	5,07	2,27%	38,5	14,2
132	3,32	19,0	4,93	2,34%	38,5	14,2
134	3,44	18,1	4,70	2,42%	38,5	14,2
137	3,6	16,9	4,40	2,54%	38,5	14,2

EK-5 Karot 3/2 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,09	0,4	0,11	0,07%	38,5	13,7
10	0,21	1,0	0,27	0,15%	38,5	13,7
15	0,34	1,5	0,40	0,25%	38,5	13,7
20	0,46	2,1	0,56	0,34%	38,5	13,7
25	0,57	2,8	0,72	0,42%	38,5	13,7
30	0,68	3,3	0,86	0,50%	38,5	13,7
35	0,79	3,8	0,98	0,58%	38,5	13,7
38	0,88	4,1	1,06	0,64%	38,5	13,7
45	0,97	4,7	1,22	0,71%	38,5	13,7
50	1,04	5,5	1,42	0,76%	38,5	13,7
55	1,13	6,3	1,64	0,82%	38,5	13,7
60	1,19	7,2	1,86	0,87%	38,5	13,7
65	1,28	8,1	2,10	0,93%	38,5	13,7
70	1,33	8,9	2,31	0,97%	38,5	13,7
75	1,4	9,5	2,47	1,02%	38,5	13,7
80	1,48	10,2	2,65	1,08%	38,5	13,7
85	1,55	11,0	2,85	1,13%	38,5	13,7
90	1,61	11,5	2,99	1,18%	38,5	13,7
95	1,69	12,1	3,14	1,23%	38,5	13,7
100	1,78	12,6	3,28	1,30%	38,5	13,7
105	1,88	13,0	3,38	1,37%	38,5	13,7
110	1,95	13,3	3,45	1,42%	38,5	13,7
115	2,04	13,4	3,49	1,49%	38,5	13,7
117	2,07	13,5	3,50	1,51%	38,5	13,7
118	2,1	13,4	3,49	1,53%	38,5	13,7
121	2,18	11,7	3,05	1,59%	38,5	13,7
125	2,27	11,2	2,92	1,66%	38,5	13,7
130	2,36	10,8	2,81	1,72%	38,5	13,7
135	2,46	10,3	2,68	1,80%	38,5	13,7
140	2,54	9,9	2,57	1,85%	38,5	13,7
145	2,62	9,8	2,53	1,91%	38,5	13,7
150	2,73	9,5	2,47	1,99%	38,5	13,7
155	2,8	9,2	2,39	2,04%	38,5	13,7
160	2,89	8,8	2,29	2,11%	38,5	13,7
165	2,98	8,5	2,21	2,18%	38,5	13,7
170	3,07	8,0	2,09	2,24%	38,5	13,7

EK-6 Karot 4/1 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)	Düzeltilme
5	0,16	0,1	0,04	0,16%	38,5	9,7	0,93
7	0,27	0,2	0,06	0,28%	38,5	9,7	0,93
10	0,36	0,3	0,08	0,37%	38,5	9,7	0,93
15	0,55	0,6	0,15	0,57%	38,5	9,7	0,93
20	0,75	1,0	0,27	0,77%	38,5	9,7	0,93
23	0,87	1,3	0,35	0,90%	38,5	9,7	0,93
25	0,94	1,6	0,42	0,97%	38,5	9,7	0,93
30	1,12	2,3	0,60	1,15%	38,5	9,7	0,93
33	1,22	2,8	0,73	1,26%	38,5	9,7	0,93
35	1,3	3,2	0,82	1,34%	38,5	9,7	0,93
40	1,46	4,0	1,05	1,51%	38,5	9,7	0,93
45	1,62	5,0	1,29	1,67%	38,5	9,7	0,93
50	1,77	5,9	1,53	1,82%	38,5	9,7	0,93
55	1,9	6,8	1,76	1,96%	38,5	9,7	0,93
60	2,04	7,6	1,97	2,10%	38,5	9,7	0,93
65	2,13	8,4	2,19	2,20%	38,5	9,7	0,93
70	2,25	9,4	2,43	2,32%	38,5	9,7	0,93
75	2,37	10,4	2,69	2,44%	38,5	9,7	0,93
80	2,46	11,7	3,03	2,54%	38,5	9,7	0,93
85	2,53	13,1	3,40	2,61%	38,5	9,7	0,93
90	2,55	14,5	3,77	2,63%	38,5	9,7	0,93
95	2,65	15,8	4,12	2,73%	38,5	9,7	0,93
100	2,68	16,9	4,39	2,76%	38,5	9,7	0,93
105	2,69	16,9	4,40	2,77%	38,5	9,7	0,93
110	2,67	15,7	4,08	2,75%	38,5	9,7	0,93
115	2,66	15,4	4,00	2,74%	38,5	9,7	0,93
120	2,64	15,4	3,99	2,72%	38,5	9,7	0,93
125	2,62	15,2	3,94	2,70%	38,5	9,7	0,93
130	2,59	15,1	3,93	2,67%	38,5	9,7	0,93
135	2,58	15,3	3,98	2,66%	38,5	9,7	0,93
140	2,58	15,4	4,01	2,66%	38,5	9,7	0,93
145	2,59	15,2	3,94	2,67%	38,5	9,7	0,93
150	2,6	15,2	3,95	2,68%	38,5	9,7	0,93
160	2,62	15,3	3,98	2,70%	38,5	9,7	0,93
165	2,64	15,2	3,94	2,72%	38,5	9,7	0,93
170	2,67	14,9	3,87	2,75%	38,5	9,7	0,93
175	2,69	14,7	3,83	2,77%	38,5	9,7	0,93
180	2,72	14,5	3,77	2,80%	38,5	9,7	0,93
185	2,75	14,2	3,69	2,84%	38,5	9,7	0,93
210	3,09	12,5	3,24	3,19%	38,5	9,7	0,93

EK-7 Karot 6/1 Standart Basıncı Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,03	0,5	0,12	0,02%	38,5	13,3
10	0,04	0,9	0,24	0,03%	38,5	13,3
15	0,02	1,4	0,37	0,02%	38,5	13,3
20	0	2,1	0,54	0,00%	38,5	13,3
25	-0,06	3,0	0,78	-0,05%	38,5	13,3
30	-0,1	4,2	1,10	-0,08%	38,5	13,3
35	-0,12	5,9	1,52	-0,09%	38,5	13,3
40	-0,14	7,7	2,00	-0,11%	38,5	13,3
45	-0,15	9,6	2,49	-0,11%	38,5	13,3
50	-0,16	11,2	2,92	-0,12%	38,5	13,3
55	-0,17	13,8	3,59	-0,13%	38,5	13,3
60	-0,17	15,6	4,04	-0,13%	38,5	13,3
65	-0,18	18,1	4,71	-0,14%	38,5	13,3
70	-0,17	20,3	5,27	-0,13%	38,5	13,3
75	-0,17	22,1	5,74	-0,13%	38,5	13,3
80	-0,18	24,0	6,23	-0,14%	38,5	13,3
85	-0,19	25,7	6,68	-0,14%	38,5	13,3
90	-0,19	27,0	7,03	-0,14%	38,5	13,3
95	-0,19	29,2	7,58	-0,14%	38,5	13,3
100	-0,19	30,6	7,94	-0,14%	38,5	13,3
105	-0,19	31,5	8,17	-0,14%	38,5	13,3
110	-0,17	33,6	8,74	-0,13%	38,5	13,3
115	-0,15	35,1	9,11	-0,11%	38,5	13,3
120	-0,11	36,7	9,53	-0,08%	38,5	13,3
125	-0,02	38,3	9,95	-0,02%	38,5	13,3
127	0,01	38,7	10,05	0,01%	38,5	13,3
128	0,04	38,6	10,03	0,03%	38,5	13,3
130	0,16	35,4	9,18	0,12%	38,5	13,3
131	1,74	7,0	1,82	1,31%	38,5	13,3
133	1,87	6,6	1,70	1,41%	38,5	13,3
135	1,96	6,3	1,63	1,47%	38,5	13,3
137	2,04	6,1	1,58	1,53%	38,5	13,3
141	2,15	5,9	1,53	1,62%	38,5	13,3
143	2,25	5,7	1,47	1,69%	38,5	13,3
145	2,3	5,5	1,44	1,73%	38,5	13,3
149	2,41	5,4	1,40	1,81%	38,5	13,3
151	2,5	5,3	1,38	1,88%	38,5	13,3
155	2,63	5,0	1,31	1,98%	38,5	13,3
159	2,72	4,9	1,27	2,05%	38,5	13,3
165	2,93	4,7	1,21	2,20%	38,5	13,3
167	3,02	4,6	1,20	2,27%	38,5	13,3

EK-8 Karot 6/2 Standart Basıncı Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,12	0,3	0,08	0,08%	38,5	14,5
10	0,22	0,9	0,24	0,15%	38,5	14,5
15	0,31	1,7	0,43	0,21%	38,5	14,5
20	0,41	2,6	0,68	0,28%	38,5	14,5
25	0,5	3,7	0,97	0,34%	38,5	14,5
30	0,58	5,2	1,35	0,40%	38,5	14,5
35	0,63	7,1	1,83	0,43%	38,5	14,5
40	0,67	9,1	2,37	0,46%	38,5	14,5
45	0,69	11,3	2,94	0,48%	38,5	14,5
50	0,72	13,5	3,52	0,50%	38,5	14,5
55	0,74	15,8	4,12	0,51%	38,5	14,5
60	0,76	18,2	4,73	0,52%	38,5	14,5
65	0,78	20,5	5,33	0,54%	38,5	14,5
70	0,81	22,7	5,90	0,56%	38,5	14,5
75	0,84	24,8	6,44	0,58%	38,5	14,5
80	0,88	26,8	6,95	0,61%	38,5	14,5
85	0,92	28,8	7,48	0,63%	38,5	14,5
90	0,95	30,8	8,01	0,66%	38,5	14,5
95	0,98	32,9	8,53	0,68%	38,5	14,5
100	1,01	34,7	9,00	0,70%	38,5	14,5
105	1,02	36,1	9,38	0,70%	38,5	14,5
110	1,06	37,5	9,73	0,73%	38,5	14,5
112	1,08	37,5	9,75	0,74%	38,5	14,5
113	1,12	37,1	9,65	0,77%	38,5	14,5
117	1,16	37,3	9,69	0,80%	38,5	14,5
119	1,19	37,8	9,81	0,82%	38,5	14,5
120	1,2	38,0	9,88	0,83%	38,5	14,5
125	1,26	39,3	10,21	0,87%	38,5	14,5
130	1,34	39,8	10,33	0,92%	38,5	14,5
132	1,58	33,6	8,73	1,09%	38,5	14,5
133	1,91	20,4	5,29	1,32%	38,5	14,5
134	1,93	15,5	4,02	1,33%	38,5	14,5
138	2,01	12,0	3,13	1,39%	38,5	14,5
141	2,12	9,9	2,57	1,46%	38,5	14,5
143	2,27	8,9	2,31	1,57%	38,5	14,5
146	2,39	7,7	2,01	1,65%	38,5	14,5
148	2,51	6,7	1,73	1,73%	38,5	14,5
150	2,64	5,7	1,47	1,82%	38,5	14,5
152	2,75	4,7	1,23	1,90%	38,5	14,5
155	2,85	3,9	1,02	1,97%	38,5	14,5
160	3	3,1	0,81	2,07%	38,5	14,5

EK-9 Karot 7/1 Standart Basıncı Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,05	0,2	0,05	0,04%	38,5	14,2
10	0,05	0,7	0,18	0,04%	38,5	14,2
15	0,03	1,1	0,29	0,02%	38,5	14,2
20	0	1,7	0,45	0,00%	38,5	14,2
25	-0,03	2,4	0,63	-0,02%	38,5	14,2
30	-0,06	3,3	0,87	-0,04%	38,5	14,2
35	-0,08	4,7	1,23	-0,06%	38,5	14,2
40	-0,09	6,3	1,63	-0,06%	38,5	14,2
45	-0,09	8,1	2,10	-0,06%	38,5	14,2
50	-0,09	9,9	2,57	-0,06%	38,5	14,2
55	-0,05	11,8	3,07	-0,04%	38,5	14,2
60	-0,02	13,4	3,48	-0,01%	38,5	14,2
65	0,06	15,7	4,08	0,04%	38,5	14,2
70	0,13	17,1	4,44	0,09%	38,5	14,2
72	0,21	17,9	4,64	0,15%	38,5	14,2
75	0,27	18,2	4,73	0,19%	38,5	14,2
77	0,36	18,3	4,77	0,25%	38,5	14,2
79	0,47	18,2	4,72	0,33%	38,5	14,2
80	0,6	17,9	4,65	0,42%	38,5	14,2
82	0,72	17,7	4,59	0,51%	38,5	14,2
85	0,85	17,4	4,52	0,60%	38,5	14,2
86	0,97	17,1	4,44	0,68%	38,5	14,2
88	1,09	16,7	4,34	0,77%	38,5	14,2
90	1,21	16,4	4,27	0,85%	38,5	14,2
92	1,33	16,1	4,17	0,94%	38,5	14,2
95	1,44	15,8	4,10	1,01%	38,5	14,2
97	1,55	15,5	4,02	1,09%	38,5	14,2
99	1,65	15,3	3,96	1,16%	38,5	14,2
101	1,76	15,0	3,90	1,24%	38,5	14,2
103	1,89	14,9	3,88	1,33%	38,5	14,2
105	1,98	14,9	3,88	1,39%	38,5	14,2
108	2,06	14,9	3,86	1,45%	38,5	14,2
110	2,18	14,8	3,84	1,54%	38,5	14,2
114	2,31	14,8	3,83	1,63%	38,5	14,2
116	2,44	14,6	3,80	1,72%	38,5	14,2
119	2,56	14,5	3,76	1,80%	38,5	14,2
122	2,68	14,3	3,72	1,89%	38,5	14,2
125	2,79	14,2	3,69	1,96%	38,5	14,2
128	2,89	14,2	3,68	2,04%	38,5	14,2
131	2,99	14,1	3,66	2,11%	38,5	14,2

EK-10 Karot 7/2 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,05	0,4	0,11	0,04%	38,5	13,9
10	0,09	0,5	0,12	0,06%	38,5	13,9
15	0,1	1,5	0,38	0,07%	38,5	13,9
20	0,12	2,1	0,56	0,09%	38,5	13,9
25	0,13	3,0	0,78	0,09%	38,5	13,9
30	0,15	3,9	1,02	0,11%	38,5	13,9
35	0,17	5,2	1,36	0,12%	38,5	13,9
40	0,21	6,2	1,61	0,15%	38,5	13,9
45	0,27	7,3	1,88	0,19%	38,5	13,9
50	0,33	8,3	2,15	0,24%	38,5	13,9
55	0,39	9,1	2,35	0,28%	38,5	13,9
60	0,47	10,0	2,59	0,34%	38,5	13,9
65	0,57	10,7	2,79	0,41%	38,5	13,9
70	0,65	11,9	3,10	0,47%	38,5	13,9
75	0,72	13,1	3,40	0,52%	38,5	13,9
80	0,77	14,6	3,80	0,55%	38,5	13,9
85	0,82	16,1	4,17	0,59%	38,5	13,9
90	0,89	17,5	4,54	0,64%	38,5	13,9
95	0,98	18,3	4,77	0,71%	38,5	13,9
98	1,06	18,6	4,84	0,76%	38,5	13,9
100	1,11	18,8	4,88	0,80%	38,5	13,9
103	1,2	18,9	4,91	0,86%	38,5	13,9
106	1,29	19,0	4,92	0,93%	38,5	13,9
107	1,32	18,9	4,92	0,95%	38,5	13,9
110	1,49	18,4	4,77	1,07%	38,5	13,9
113	1,62	17,3	4,50	1,17%	38,5	13,9
116	1,76	15,3	3,96	1,27%	38,5	13,9
120	1,85	14,6	3,80	1,33%	38,5	13,9
123	1,96	13,6	3,52	1,41%	38,5	13,9
128	2,09	12,5	3,24	1,50%	38,5	13,9
132	2,15	11,9	3,10	1,55%	38,5	13,9
136	2,27	10,9	2,83	1,63%	38,5	13,9
141	2,35	10,3	2,68	1,69%	38,5	13,9
145	2,46	9,7	2,51	1,77%	38,5	13,9
150	2,55	8,8	2,30	1,83%	38,5	13,9
154	2,65	8,3	2,17	1,91%	38,5	13,9
159	2,75	7,7	2,00	1,98%	38,5	13,9
164	2,85	7,2	1,86	2,05%	38,5	13,9
168	2,94	6,7	1,74	2,12%	38,5	13,9

EK-11 Karot 7/3 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Düzeltilme Katsayısı	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,06	0,1	0,03	0,06%	0,96	38,5	10,5
10	0,17	0,2	0,05	0,16%	0,96	38,5	10,5
15	0,26	0,3	0,09	0,25%	0,96	38,5	10,5
20	0,34	0,6	0,14	0,32%	0,96	38,5	10,5
25	0,38	0,7	0,19	0,36%	0,96	38,5	10,5
30	0,47	0,9	0,24	0,45%	0,96	38,5	10,5
35	0,54	1,1	0,29	0,51%	0,96	38,5	10,5
40	0,59	1,3	0,33	0,56%	0,96	38,5	10,5
45	0,66	1,6	0,42	0,63%	0,96	38,5	10,5
50	0,71	1,8	0,46	0,68%	0,96	38,5	10,5
55	0,77	2,1	0,53	0,73%	0,96	38,5	10,5
60	0,85	2,6	0,68	0,81%	0,96	38,5	10,5
65	0,92	3,1	0,80	0,88%	0,96	38,5	10,5
70	0,92	3,4	0,88	0,88%	0,96	38,5	10,5
75	0,93	3,9	1,00	0,89%	0,96	38,5	10,5
80	0,93	4,4	1,13	0,89%	0,96	38,5	10,5
85	0,95	4,6	1,21	0,90%	0,96	38,5	10,5
90	0,95	5,3	1,37	0,90%	0,96	38,5	10,5
95	0,93	5,9	1,53	0,89%	0,96	38,5	10,5
100	0,93	6,3	1,65	0,89%	0,96	38,5	10,5
105	0,92	7,0	1,82	0,88%	0,96	38,5	10,5
110	0,94	7,4	1,92	0,90%	0,96	38,5	10,5
115	0,96	7,6	1,98	0,91%	0,96	38,5	10,5
120	1,02	7,9	2,06	0,97%	0,96	38,5	10,5
125	1,07	8,4	2,18	1,02%	0,96	38,5	10,5
130	1,13	8,9	2,31	1,08%	0,96	38,5	10,5
135	1,18	9,4	2,45	1,12%	0,96	38,5	10,5
140	1,26	9,6	2,50	1,20%	0,96	38,5	10,5
145	1,38	9,3	2,40	1,31%	0,96	38,5	10,5
150	1,47	9,7	2,52	1,40%	0,96	38,5	10,5
155	1,57	10,1	2,61	1,50%	0,96	38,5	10,5
160	1,64	10,5	2,71	1,56%	0,96	38,5	10,5
165	1,75	10,7	2,78	1,67%	0,96	38,5	10,5
168	1,81	10,7	2,78	1,72%	0,96	38,5	10,5
170	1,86	10,6	2,76	1,77%	0,96	38,5	10,5
175	1,95	10,3	2,68	1,86%	0,96	38,5	10,5
180	2,13	9,7	2,51	2,03%	0,96	38,5	10,5
190	2,37	8,3	2,16	2,26%	0,96	38,5	10,5
200	2,62	7,5	1,94	2,50%	0,96	38,5	10,5
210	2,84	6,7	1,73	2,70%	0,96	38,5	10,5
218	3,01	6,1	1,57	2,87%	0,96	38,5	10,5

EK-12 Karot 8/1 Standart Basıncı Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,09	0,4	0,10	0,06%	38,5	14,3
10	0,12	1,6	0,42	0,08%	38,5	14,3
15	0,15	3,4	0,88	0,10%	38,5	14,3
20	0,17	5,3	1,37	0,12%	38,5	14,3
25	0,2	7,3	1,89	0,14%	38,5	14,3
30	0,23	9,5	2,47	0,16%	38,5	14,3
35	0,27	11,8	3,05	0,19%	38,5	14,3
40	0,31	14,0	3,64	0,22%	38,5	14,3
45	0,35	16,4	4,26	0,24%	38,5	14,3
50	0,39	18,8	4,88	0,27%	38,5	14,3
55	0,42	21,1	5,49	0,29%	38,5	14,3
60	0,45	23,5	6,10	0,31%	38,5	14,3
65	0,49	25,9	6,72	0,34%	38,5	14,3
70	0,52	28,3	7,35	0,36%	38,5	14,3
75	0,52	30,8	7,99	0,36%	38,5	14,3
80	0,54	33,2	8,62	0,38%	38,5	14,3
85	0,57	35,6	9,24	0,40%	38,5	14,3
90	0,54	37,9	9,83	0,38%	38,5	14,3
95	0,56	40,0	10,40	0,39%	38,5	14,3
100	0,56	42,0	10,92	0,39%	38,5	14,3
105	0,57	43,8	11,37	0,40%	38,5	14,3
110	0,58	45,0	11,68	0,41%	38,5	14,3
111	0,58	45,0	11,69	0,41%	38,5	14,3
113	0,53	38,9	10,10	0,37%	38,5	14,3
114	1,53	7,3	1,89	1,07%	38,5	14,3
117	1,6	7,2	1,87	1,12%	38,5	14,3
122	1,71	7,0	1,81	1,20%	38,5	14,3
127	1,82	6,6	1,72	1,27%	38,5	14,3
131	1,91	6,4	1,67	1,34%	38,5	14,3
135	2	6,2	1,61	1,40%	38,5	14,3
140	2,11	6,0	1,55	1,48%	38,5	14,3
145	2,23	5,7	1,48	1,56%	38,5	14,3
150	2,31	5,5	1,43	1,62%	38,5	14,3
155	2,43	5,3	1,38	1,70%	38,5	14,3
160	2,54	5,2	1,35	1,78%	38,5	14,3
165	2,64	5,0	1,30	1,85%	38,5	14,3
170	2,74	4,9	1,27	1,92%	38,5	14,3
175	2,83	4,8	1,23	1,98%	38,5	14,3
180	2,93	4,6	1,19	2,05%	38,5	14,3
184	3,01	4,5	1,17	2,10%	38,5	14,3

EK-13 Karot 8/2 Standart Basıncı Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,01	0,3	0,07	0,01%	38,5	14,7
10	0	0,8	0,21	0,00%	38,5	14,7
15	-0,03	1,4	0,35	-0,02%	38,5	14,7
20	-0,09	2,0	0,51	-0,06%	38,5	14,7
25	-0,14	2,7	0,69	-0,10%	38,5	14,7
30	-0,19	3,4	0,89	-0,13%	38,5	14,7
35	-0,25	4,3	1,11	-0,17%	38,5	14,7
40	-0,3	5,2	1,34	-0,20%	38,5	14,7
45	-0,35	6,1	1,59	-0,24%	38,5	14,7
50	-0,39	7,2	1,88	-0,27%	38,5	14,7
55	-0,42	8,4	2,18	-0,29%	38,5	14,7
60	-0,44	9,8	2,55	-0,30%	38,5	14,7
65	-0,44	11,4	2,96	-0,30%	38,5	14,7
70	-0,43	13,1	3,40	-0,29%	38,5	14,7
75	-0,42	15,2	3,94	-0,29%	38,5	14,7
80	-0,41	16,5	4,30	-0,28%	38,5	14,7
85	-0,38	18,3	4,76	-0,26%	38,5	14,7
90	-0,35	20,1	5,22	-0,24%	38,5	14,7
95	-0,33	21,9	5,70	-0,22%	38,5	14,7
100	-0,29	23,8	6,18	-0,20%	38,5	14,7
105	-0,26	25,6	6,65	-0,18%	38,5	14,7
110	-0,22	27,4	7,13	-0,15%	38,5	14,7
115	-0,19	29,3	7,61	-0,13%	38,5	14,7
120	-0,14	31,1	8,07	-0,10%	38,5	14,7
125	-0,1	32,8	8,52	-0,07%	38,5	14,7
130	-0,05	34,4	8,95	-0,03%	38,5	14,7
135	0	35,9	9,33	0,00%	38,5	14,7
140	0,06	37,2	9,67	0,04%	38,5	14,7
145	0,15	37,9	9,85	0,10%	38,5	14,7
148	0,29	34,2	8,88	0,20%	38,5	14,7
149	0,47	30,5	7,91	0,32%	38,5	14,7
150	0,71	26,8	6,95	0,48%	38,5	14,7
153	1,16	21,3	5,54	0,79%	38,5	14,7
155	1,38	19,1	4,95	0,94%	38,5	14,7
157	1,6	17,5	4,55	1,09%	38,5	14,7
160	1,71	16,9	4,38	1,16%	38,5	14,7
162	1,87	16,0	4,16	1,27%	38,5	14,7
165	1,99	15,5	4,01	1,35%	38,5	14,7
170	2,23	14,2	3,69	1,52%	38,5	14,7
175	2,48	13,2	3,42	1,69%	38,5	14,7
190	3,01	11,1	2,87	2,05%	38,5	14,7

EK-14 Karot 9/1 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
2	0,13	0,3	0,08	0,09%	38,5	14,7
5	0,2	0,4	0,10	0,14%	38,5	14,7
7	0,34	0,7	0,18	0,23%	38,5	14,7
10	0,43	0,9	0,24	0,29%	38,5	14,7
12	0,52	1,1	0,29	0,35%	38,5	14,7
15	0,57	1,5	0,38	0,39%	38,5	14,7
20	0,73	2,2	0,57	0,50%	38,5	14,7
25	0,87	2,7	0,70	0,59%	38,5	14,7
30	1,03	3,4	0,88	0,70%	38,5	14,7
35	1,19	4,1	1,05	0,81%	38,5	14,7
40	1,34	4,7	1,21	0,91%	38,5	14,7
45	1,48	5,3	1,38	1,01%	38,5	14,7
50	1,6	6,1	1,57	1,09%	38,5	14,7
55	1,7	6,8	1,77	1,16%	38,5	14,7
60	1,76	7,1	1,86	1,20%	38,5	14,7
65	1,84	4,8	1,25	1,25%	38,5	14,7
70	1,92	7,7	2,01	1,31%	38,5	14,7
75	1,95	7,8	2,04	1,33%	38,5	14,7
77	1,96	7,8	2,02	1,33%	38,5	14,7
80	1,95	7,8	2,02	1,33%	38,5	14,7
85	1,95	7,7	1,99	1,33%	38,5	14,7
90	1,91	7,1	1,86	1,30%	38,5	14,7
95	1,89	6,5	1,70	1,29%	38,5	14,7
100	1,9	6,1	1,57	1,29%	38,5	14,7
105	1,94	5,6	1,46	1,32%	38,5	14,7
110	2,01	5,3	1,37	1,37%	38,5	14,7
115	2,1	5,0	1,30	1,43%	38,5	14,7
120	2,16	4,7	1,23	1,47%	38,5	14,7
125	2,23	4,3	1,12	1,52%	38,5	14,7
130	2,3	4,2	1,09	1,56%	38,5	14,7
135	2,37	4,0	1,05	1,61%	38,5	14,7
140	2,44	3,8	0,98	1,66%	38,5	14,7
145	2,55	3,6	0,93	1,73%	38,5	14,7
150	2,61	3,5	0,91	1,78%	38,5	14,7
155	2,7	3,3	0,85	1,84%	38,5	14,7
160	2,8	3,1	0,81	1,90%	38,5	14,7
165	2,89	2,9	0,75	1,97%	38,5	14,7
170	2,99	2,7	0,71	2,03%	38,5	14,7
175	3,07	2,6	0,68	2,09%	38,5	14,7

EK-15 Karot 9/2 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,06	0,2	0,06	0,04%	38,5	14,7
10	0,12	0,7	0,18	0,08%	38,5	14,7
15	0,16	1,4	0,36	0,11%	38,5	14,7
20	0,18	2,2	0,56	0,12%	38,5	14,7
25	0,19	2,8	0,73	0,13%	38,5	14,7
30	0,19	3,7	0,97	0,13%	38,5	14,7
35	0,2	4,5	1,18	0,14%	38,5	14,7
40	0,22	5,3	1,38	0,15%	38,5	14,7
45	0,29	6,5	1,68	0,20%	38,5	14,7
50	0,39	7,1	1,84	0,27%	38,5	14,7
55	0,45	7,8	2,04	0,31%	38,5	14,7
60	0,49	9,2	2,38	0,33%	38,5	14,7
65	0,53	10,2	2,65	0,36%	38,5	14,7
70	0,56	10,8	2,81	0,38%	38,5	14,7
75	0,58	11,1	2,88	0,39%	38,5	14,7
80	0,57	11,3	2,93	0,39%	38,5	14,7
85	0,56	11,5	2,98	0,38%	38,5	14,7
88	0,56	11,4	2,96	0,38%	38,5	14,7
90	0,55	11,2	2,91	0,37%	38,5	14,7
95	0,59	9,9	2,57	0,40%	38,5	14,7
100	0,78	7,7	1,99	0,53%	38,5	14,7
102	0,87	7,0	1,82	0,59%	38,5	14,7
105	1	6,2	1,62	0,68%	38,5	14,7
110	1,21	5,2	1,36	0,82%	38,5	14,7
114	1,32	4,9	1,27	0,90%	38,5	14,7
118	1,42	4,5	1,18	0,97%	38,5	14,7
121	1,52	4,3	1,11	1,03%	38,5	14,7
125	1,62	4,0	1,04	1,10%	38,5	14,7
128	1,71	3,8	0,99	1,16%	38,5	14,7
132	1,8	3,6	0,93	1,22%	38,5	14,7
136	1,91	3,4	0,88	1,30%	38,5	14,7
141	2,03	3,0	0,79	1,38%	38,5	14,7
145	2,13	2,8	0,73	1,45%	38,5	14,7
150	2,24	2,6	0,68	1,52%	38,5	14,7
154	2,33	2,4	0,63	1,59%	38,5	14,7
160	2,46	2,2	0,58	1,67%	38,5	14,7
165	2,55	2,1	0,55	1,73%	38,5	14,7
170	2,67	1,8	0,48	1,82%	38,5	14,7
175	2,76	1,6	0,42	1,88%	38,5	14,7
180	2,89	1,4	0,37	1,97%	38,5	14,7
186	3,01	1,3	0,33	2,05%	38,5	14,7

EK-16 Karot 10/1 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme(Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,16	0,3	0,08	0,11%	38,5	14,3
10	0,23	0,4	0,11	0,16%	38,5	14,3
15	0,26	0,5	0,14	0,18%	38,5	14,3
20	0,24	0,5	0,14	0,17%	38,5	14,3
25	0,24	0,6	0,16	0,17%	38,5	14,3
30	0,41	1,3	0,35	0,29%	38,5	14,3
35	0,54	2,4	0,62	0,38%	38,5	14,3
40	0,64	3,7	0,95	0,45%	38,5	14,3
45	0,7	5,0	1,30	0,49%	38,5	14,3
50	0,74	6,3	1,64	0,52%	38,5	14,3
55	0,81	7,5	1,96	0,57%	38,5	14,3
60	0,86	8,4	2,18	0,60%	38,5	14,3
65	0,94	9,0	2,34	0,66%	38,5	14,3
70	1,02	9,5	2,46	0,71%	38,5	14,3
75	1,09	9,8	2,55	0,76%	38,5	14,3
80	1,17	10,1	2,62	0,82%	38,5	14,3
85	1,22	9,8	2,53	0,85%	38,5	14,3
90	1,27	9,1	2,36	0,89%	38,5	14,3
95	1,34	8,5	2,22	0,94%	38,5	14,3
100	1,43	8,0	2,09	1,00%	38,5	14,3
105	1,52	7,6	1,98	1,06%	38,5	14,3
110	1,61	7,2	1,87	1,13%	38,5	14,3
115	1,7	6,8	1,76	1,19%	38,5	14,3
120	1,8	6,5	1,68	1,26%	38,5	14,3
125	1,88	6,1	1,58	1,31%	38,5	14,3
130	2	5,7	1,49	1,40%	38,5	14,3
135	2,11	5,5	1,42	1,48%	38,5	14,3
140	2,22	5,2	1,36	1,55%	38,5	14,3
145	2,32	5,0	1,31	1,62%	38,5	14,3
150	2,42	4,8	1,25	1,69%	38,5	14,3
155	2,52	4,6	1,20	1,76%	38,5	14,3
160	2,61	4,4	1,14	1,83%	38,5	14,3
165	2,7	4,3	1,11	1,89%	38,5	14,3
170	2,8	4,1	1,07	1,96%	38,5	14,3
175	2,89	4,0	1,03	2,02%	38,5	14,3
180	2,99	3,8	0,98	2,09%	38,5	14,3

EK-17 Karot 10/2 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme(Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,1	0,2	0,05	0,07%	38,5	14
10	0,19	0,3	0,08	0,14%	38,5	14
15	0,21	0,4	0,10	0,15%	38,5	14
20	0,23	0,5	0,12	0,16%	38,5	14
25	0,27	0,5	0,13	0,19%	38,5	14
30	0,27	0,5	0,14	0,19%	38,5	14
35	0,28	0,6	0,15	0,20%	38,5	14
40	0,33	0,8	0,20	0,24%	38,5	14
45	0,38	1,0	0,25	0,27%	38,5	14
50	0,45	1,5	0,38	0,32%	38,5	14
55	0,5	2,1	0,55	0,36%	38,5	14
60	0,54	2,9	0,76	0,39%	38,5	14
65	0,56	3,8	1,00	0,40%	38,5	14
70	0,56	4,9	1,28	0,40%	38,5	14
75	0,56	6,4	1,65	0,40%	38,5	14
80	0,59	8,2	2,13	0,42%	38,5	14
85	0,62	9,9	2,58	0,44%	38,5	14
90	0,67	11,4	2,97	0,48%	38,5	14
95	0,75	12,5	3,25	0,54%	38,5	14
100	0,83	13,3	3,47	0,59%	38,5	14
105	0,94	13,9	3,61	0,67%	38,5	14
110	1,04	14,1	3,66	0,74%	38,5	14
111	1,08	14,1	3,65	0,77%	38,5	14
115	1,18	13,7	3,56	0,84%	38,5	14
120	1,26	13,1	3,39	0,90%	38,5	14
125	1,38	12,1	3,15	0,99%	38,5	14
130	1,49	11,3	2,94	1,06%	38,5	14
135	1,59	10,6	2,74	1,14%	38,5	14
140	1,71	9,9	2,57	1,22%	38,5	14
145	1,82	9,3	2,42	1,30%	38,5	14
150	1,92	8,8	2,28	1,37%	38,5	14
155	2,03	8,2	2,14	1,45%	38,5	14
160	2,13	7,8	2,02	1,52%	38,5	14
165	2,23	7,3	1,89	1,59%	38,5	14
170	2,33	7,0	1,81	1,66%	38,5	14
175	2,44	6,7	1,74	1,74%	38,5	14
180	2,52	6,4	1,67	1,80%	38,5	14
185	2,61	6,1	1,59	1,86%	38,5	14
190	2,69	5,9	1,54	1,92%	38,5	14
195	2,79	5,7	1,48	1,99%	38,5	14

EK-18 Karot 11/1 Standart Basıncı Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,08	0,5	0,13	0,06%	38,5	14,1
10	0,17	1,1	0,27	0,12%	38,5	14,1
15	0,24	1,3	0,34	0,17%	38,5	14,1
20	0,31	1,5	0,40	0,22%	38,5	14,1
25	0,37	2,0	0,53	0,26%	38,5	14,1
30	0,43	2,8	0,74	0,30%	38,5	14,1
35	0,47	3,5	0,91	0,33%	38,5	14,1
40	0,5	4,6	1,20	0,35%	38,5	14,1
45	0,51	6,2	1,60	0,36%	38,5	14,1
50	0,52	7,4	1,92	0,37%	38,5	14,1
55	0,52	8,3	2,17	0,37%	38,5	14,1
60	0,53	9,6	2,50	0,38%	38,5	14,1
70	0,53	12,5	3,24	0,38%	38,5	14,1
75	0,53	14,4	3,73	0,38%	38,5	14,1
80	0,56	15,6	4,06	0,40%	38,5	14,1
85	0,59	17,3	4,48	0,42%	38,5	14,1
90	0,62	18,9	4,91	0,44%	38,5	14,1
100	0,68	22,1	5,74	0,48%	38,5	14,1
105	0,71	23,7	6,14	0,50%	38,5	14,1
110	0,74	25,2	6,54	0,52%	38,5	14,1
120	0,81	28,1	7,29	0,57%	38,5	14,1
125	0,84	29,6	7,69	0,60%	38,5	14,1
130	0,87	30,6	7,94	0,62%	38,5	14,1
135	0,91	31,6	8,22	0,65%	38,5	14,1
140	0,95	32,8	8,51	0,67%	38,5	14,1
145	0,99	33,4	8,67	0,70%	38,5	14,1
150	1,05	34,0	8,83	0,74%	38,5	14,1
155	1,13	34,5	8,97	0,80%	38,5	14,1
160	1,22	34,7	9,02	0,87%	38,5	14,1
165	1,3	34,8	9,05	0,92%	38,5	14,1
168	1,37	34,8	9,04	0,97%	38,5	14,1
170	1,44	34,8	9,03	1,02%	38,5	14,1
175	1,58	34,4	8,93	1,12%	38,5	14,1
180	1,73	33,6	8,71	1,23%	38,5	14,1
185	1,97	32,4	8,42	1,40%	38,5	14,1
190	2,18	31,0	8,05	1,55%	38,5	14,1
195	2,37	29,7	7,72	1,68%	38,5	14,1
200	2,6	27,9	7,24	1,84%	38,5	14,1
202	2,7	27,0	7,00	1,91%	38,5	14,1
205	2,84	25,6	6,66	2,01%	38,5	14,1
208	3	24,0	6,23	2,13%	38,5	14,1

EK-19 Karot 11/2 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,16	0,5	0,12	0,11%	38,5	14,1
10	0,28	0,9	0,23	0,20%	38,5	14,1
15	0,44	1,5	0,39	0,31%	38,5	14,1
20	0,58	2,1	0,56	0,41%	38,5	14,1
25	0,76	2,9	0,75	0,54%	38,5	14,1
30	0,93	3,7	0,95	0,66%	38,5	14,1
35	1,14	4,6	1,21	0,81%	38,5	14,1
40	1,28	5,3	1,38	0,91%	38,5	14,1
45	1,46	6,2	1,61	1,04%	38,5	14,1
50	1,63	7,1	1,86	1,16%	38,5	14,1
55	1,8	8,1	2,10	1,28%	38,5	14,1
60	1,95	9,2	2,39	1,38%	38,5	14,1
65	2,09	11,0	2,85	1,48%	38,5	14,1
70	2,15	12,5	3,25	1,52%	38,5	14,1
75	2,21	14,6	3,79	1,57%	38,5	14,1
80	2,25	16,7	4,34	1,60%	38,5	14,1
85	2,31	19,3	5,01	1,64%	38,5	14,1
90	2,35	21,5	5,58	1,67%	38,5	14,1
95	2,38	23,2	6,03	1,69%	38,5	14,1
100	2,42	25,3	6,58	1,72%	38,5	14,1
105	2,46	27,5	7,14	1,74%	38,5	14,1
110	2,5	29,6	7,70	1,77%	38,5	14,1
115	2,54	31,8	8,25	1,80%	38,5	14,1
120	2,57	33,8	8,79	1,82%	38,5	14,1
125	2,59	35,9	9,31	1,84%	38,5	14,1
130	2,58	37,5	9,74	1,83%	38,5	14,1
131	2,54	37,6	9,78	1,80%	38,5	14,1
132	2,54	37,5	9,75	1,80%	38,5	14,1
133	2,47	36,9	9,58	1,75%	38,5	14,1
135	2,04	31,3	8,14	1,45%	38,5	14,1
136	1,68	27,4	7,12	1,19%	38,5	14,1
140	1,46	25,3	6,58	1,04%	38,5	14,1
145	1,28	23,9	6,21	0,91%	38,5	14,1
150	1,21	23,1	5,99	0,86%	38,5	14,1
155	1,14	21,7	5,63	0,81%	38,5	14,1
160	1,14	20,1	5,23	0,81%	38,5	14,1
163	1,97	7,9	2,06	1,40%	38,5	14,1
170	2,38	5,6	1,46	1,69%	38,5	14,1
180	2,7	4,5	1,18	1,91%	38,5	14,1
190	2,98	3,7	0,96	2,11%	38,5	14,1
193	3	3,7	0,95	2,13%	38,5	14,1

EK-20 Karot 12 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)	Düzeltilme Katsayısı
5	0,12	0,3	0,09	0,11%	38,5	10,8	0,96
10	0,21	0,7	0,19	0,19%	38,5	10,8	0,96
15	0,29	1,3	0,33	0,27%	38,5	10,8	0,96
20	0,35	1,9	0,49	0,32%	38,5	10,8	0,96
25	0,41	2,4	0,63	0,38%	38,5	10,8	0,96
30	0,49	3,0	0,79	0,45%	38,5	10,8	0,96
35	0,57	3,6	0,95	0,53%	38,5	10,8	0,96
40	0,62	4,0	1,05	0,57%	38,5	10,8	0,96
45	0,66	4,5	1,16	0,61%	38,5	10,8	0,96
50	0,68	4,8	1,25	0,63%	38,5	10,8	0,96
55	0,7	5,1	1,32	0,65%	38,5	10,8	0,96
60	0,75	5,3	1,37	0,69%	38,5	10,8	0,96
65	0,78	5,6	1,45	0,72%	38,5	10,8	0,96
70	0,82	5,5	1,43	0,76%	38,5	10,8	0,96
75	0,92	5,3	1,37	0,85%	38,5	10,8	0,96
80	1,02	4,9	1,28	0,94%	38,5	10,8	0,96
85	1,14	4,5	1,18	1,06%	38,5	10,8	0,96
90	1,28	4,2	1,08	1,19%	38,5	10,8	0,96
95	1,45	3,7	0,96	1,34%	38,5	10,8	0,96
100	1,55	3,3	0,87	1,44%	38,5	10,8	0,96
105	1,72	3,0	0,79	1,59%	38,5	10,8	0,96
110	1,82	2,9	0,74	1,69%	38,5	10,8	0,96
115	1,94	2,6	0,66	1,80%	38,5	10,8	0,96
120	2,08	2,4	0,61	1,93%	38,5	10,8	0,96
125	2,18	2,2	0,57	2,02%	38,5	10,8	0,96
130	2,3	2,1	0,54	2,13%	38,5	10,8	0,96
135	2,43	1,9	0,51	2,25%	38,5	10,8	0,96
140	2,51	1,9	0,49	2,32%	38,5	10,8	0,96
145	2,61	1,8	0,46	2,42%	38,5	10,8	0,96
150	2,73	1,7	0,44	2,53%	38,5	10,8	0,96
155	2,82	1,6	0,42	2,61%	38,5	10,8	0,96
160	2,92	1,5	0,40	2,70%	38,5	10,8	0,96
164	3	1,5	0,39	2,78%	38,5	10,8	0,96

EK-21 Karot 13/1 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)	Düzeltilme Katsayısı
5	0,1	0,2	0,05	0,13%	38,5	7,8	0,92
10	0,23	0,4	0,11	0,29%	38,5	7,8	0,92
15	0,31	1,0	0,26	0,40%	38,5	7,8	0,92
20	0,36	1,9	0,49	0,46%	38,5	7,8	0,92
25	0,41	2,5	0,66	0,53%	38,5	7,8	0,92
30	0,45	3,4	0,89	0,58%	38,5	7,8	0,92
35	0,52	4,4	1,14	0,67%	38,5	7,8	0,92
40	0,58	5,2	1,36	0,74%	38,5	7,8	0,92
45	0,7	6,0	1,55	0,90%	38,5	7,8	0,92
50	0,77	7,0	1,81	0,99%	38,5	7,8	0,92
55	0,83	8,1	2,10	1,06%	38,5	7,8	0,92
60	0,88	9,1	2,37	1,13%	38,5	7,8	0,92
65	0,87	10,0	2,60	1,12%	38,5	7,8	0,92
70	0,84	10,0	2,60	1,08%	38,5	7,8	0,92
75	0,83	10,3	2,68	1,06%	38,5	7,8	0,92
80	0,83	10,6	2,75	1,06%	38,5	7,8	0,92
85	0,84	10,7	2,78	1,08%	38,5	7,8	0,92
90	0,86	10,9	2,83	1,10%	38,5	7,8	0,92
95	0,83	11,3	2,94	1,06%	38,5	7,8	0,92
100	0,79	11,6	3,00	1,01%	38,5	7,8	0,92
105	0,79	11,7	3,03	1,01%	38,5	7,8	0,92
110	0,79	11,5	2,97	1,01%	38,5	7,8	0,92
115	0,81	11,2	2,91	1,04%	38,5	7,8	0,92
120	0,88	10,7	2,79	1,13%	38,5	7,8	0,92
125	1	10,0	2,59	1,28%	38,5	7,8	0,92
130	1,08	9,5	2,45	1,38%	38,5	7,8	0,92
135	1,19	8,9	2,32	1,53%	38,5	7,8	0,92
140	1,33	8,3	2,16	1,71%	38,5	7,8	0,92
145	1,49	7,8	2,03	1,91%	38,5	7,8	0,92
150	1,58	7,5	1,96	2,03%	38,5	7,8	0,92
155	1,72	7,1	1,84	2,21%	38,5	7,8	0,92
160	1,84	6,6	1,72	2,36%	38,5	7,8	0,92
165	1,96	6,2	1,61	2,51%	38,5	7,8	0,92
170	2,02	5,8	1,51	2,59%	38,5	7,8	0,92
175	2,17	5,6	1,45	2,78%	38,5	7,8	0,92
180	2,27	5,3	1,38	2,91%	38,5	7,8	0,92
185	2,37	5,1	1,32	3,04%	38,5	7,8	0,92
190	2,48	4,8	1,25	3,18%	38,5	7,8	0,92
195	2,58	4,6	1,20	3,31%	38,5	7,8	0,92
200	2,69	4,4	1,14	3,45%	38,5	7,8	0,92
218	3,03	3,7	0,96	3,88%	38,5	7,8	0,92

EK-22 Karot 13/2 Standart Basıncı Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)	Düzeltilme Katsayısı
5	0	0,2	0,06	0,00%	38,5	7,9	0,93
10	-0,02	0,7	0,18	-0,03%	38,5	7,9	0,93
15	-0,05	1,0	0,26	-0,06%	38,5	7,9	0,93
20	-0,08	1,3	0,33	-0,10%	38,5	7,9	0,93
25	-0,08	1,5	0,39	-0,10%	38,5	7,9	0,93
30	-0,09	1,7	0,44	-0,11%	38,5	7,9	0,93
35	-0,09	2,0	0,51	-0,11%	38,5	7,9	0,93
40	-0,1	2,3	0,60	-0,13%	38,5	7,9	0,93
45	-0,11	2,8	0,72	-0,14%	38,5	7,9	0,93
50	-0,1	3,0	0,78	-0,13%	38,5	7,9	0,93
60	-0,07	3,5	0,90	-0,09%	38,5	7,9	0,93
65	-0,03	3,7	0,95	-0,04%	38,5	7,9	0,93
70	-0,02	3,9	1,00	-0,03%	38,5	7,9	0,93
75	0	4,1	1,08	0,00%	38,5	7,9	0,93
80	0,02	4,4	1,15	0,03%	38,5	7,9	0,93
85	0,06	4,7	1,21	0,08%	38,5	7,9	0,93
90	0,09	4,9	1,27	0,11%	38,5	7,9	0,93
95	0,13	5,2	1,34	0,16%	38,5	7,9	0,93
100	0,18	5,5	1,43	0,23%	38,5	7,9	0,93
110	0,31	6,3	1,64	0,39%	38,5	7,9	0,93
115	0,46	6,2	1,61	0,58%	38,5	7,9	0,93
120	0,55	6,5	1,68	0,70%	38,5	7,9	0,93
125	0,66	6,7	1,73	0,84%	38,5	7,9	0,93
130	0,77	6,9	1,80	0,97%	38,5	7,9	0,93
135	0,88	7,4	1,92	1,11%	38,5	7,9	0,93
140	1,01	7,7	2,01	1,28%	38,5	7,9	0,93
145	1,1	8,0	2,08	1,39%	38,5	7,9	0,93
150	1,21	8,7	2,25	1,53%	38,5	7,9	0,93
155	1,36	8,9	2,31	1,72%	38,5	7,9	0,93
160	1,46	9,2	2,39	1,85%	38,5	7,9	0,93
165	1,58	9,5	2,48	2,00%	38,5	7,9	0,93
170	1,74	9,8	2,55	2,20%	38,5	7,9	0,93
175	1,84	10,0	2,59	2,33%	38,5	7,9	0,93
180	1,99	10,3	2,67	2,52%	38,5	7,9	0,93
185	2,16	10,5	2,73	2,73%	38,5	7,9	0,93
190	2,3	10,6	2,76	2,91%	38,5	7,9	0,93
192	2,33	10,7	2,77	2,95%	38,5	7,9	0,93
195	2,44	10,6	2,76	3,09%	38,5	7,9	0,93
200	2,54	10,6	2,76	3,22%	38,5	7,9	0,93
210	2,83	10,3	2,67	3,58%	38,5	7,9	0,93
215	3,02	9,3	2,41	3,82%	38,5	7,9	0,93

EK-23 Karot 14/1 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,02	0,2	0,06	0,01%	38,5	13,6
10	0,08	0,5	0,13	0,06%	38,5	13,6
15	0,14	1,1	0,28	0,10%	38,5	13,6
20	0,19	1,8	0,47	0,14%	38,5	13,6
25	0,26	2,8	0,72	0,19%	38,5	13,6
30	0,32	4,1	1,05	0,24%	38,5	13,6
35	0,37	5,7	1,47	0,27%	38,5	13,6
40	0,4	7,4	1,92	0,29%	38,5	13,6
45	0,43	9,1	2,35	0,32%	38,5	13,6
50	0,44	10,5	2,73	0,32%	38,5	13,6
55	0,43	11,4	2,97	0,32%	38,5	13,6
60	0,44	12,1	3,14	0,32%	38,5	13,6
65	0,44	12,7	3,29	0,32%	38,5	13,6
70	0,45	13,1	3,40	0,33%	38,5	13,6
75	0,46	13,2	3,44	0,34%	38,5	13,6
80	0,47	12,6	3,26	0,35%	38,5	13,6
85	0,5	12,4	3,23	0,37%	38,5	13,6
90	0,51	12,3	3,18	0,38%	38,5	13,6
95	0,53	12,0	3,12	0,39%	38,5	13,6
100	0,57	11,7	3,05	0,42%	38,5	13,6
105	0,61	11,5	2,99	0,45%	38,5	13,6
110	0,66	11,3	2,93	0,49%	38,5	13,6
115	0,71	11,0	2,86	0,52%	38,5	13,6
120	0,78	10,8	2,80	0,57%	38,5	13,6
125	0,85	10,5	2,72	0,63%	38,5	13,6
130	0,93	10,1	2,62	0,68%	38,5	13,6
135	1,05	8,3	2,17	0,77%	38,5	13,6
140	1,36	7,4	1,92	1,00%	38,5	13,6
145	1,61	6,7	1,74	1,18%	38,5	13,6
150	1,83	6,2	1,61	1,35%	38,5	13,6
155	2,03	5,7	1,48	1,49%	38,5	13,6
160	2,21	5,3	1,36	1,63%	38,5	13,6
165	2,39	4,7	1,21	1,76%	38,5	13,6
170	2,52	3,4	0,89	1,85%	38,5	13,6

EK-24 Karot 14/2 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,02	0,2	0,06	0,01%	38,5	14,9
10	0,05	0,5	0,12	0,03%	38,5	14,9
15	0,03	1,1	0,27	0,02%	38,5	14,9
20	0,01	1,5	0,39	0,01%	38,5	14,9
25	-0,02	2,1	0,55	-0,01%	38,5	14,9
30	-0,07	2,9	0,74	-0,05%	38,5	14,9
35	-0,11	3,8	0,99	-0,07%	38,5	14,9
40	-0,12	5,0	1,31	-0,08%	38,5	14,9
45	-0,11	6,8	1,77	-0,07%	38,5	14,9
50	-0,05	8,2	2,12	-0,03%	38,5	14,9
55	0,03	9,0	2,33	0,02%	38,5	14,9
60	0,17	10,2	2,65	0,11%	38,5	14,9
65	0,28	10,8	2,80	0,19%	38,5	14,9
70	0,44	11,2	2,91	0,30%	38,5	14,9
75	0,64	11,5	2,98	0,43%	38,5	14,9
77	0,74	11,5	2,98	0,50%	38,5	14,9
80	0,77	11,4	2,96	0,52%	38,5	14,9
85	0,95	11,1	2,88	0,64%	38,5	14,9
90	1,17	10,7	2,77	0,79%	38,5	14,9
95	1,34	10,2	2,66	0,90%	38,5	14,9
100	1,48	9,9	2,57	0,99%	38,5	14,9
105	1,65	9,5	2,48	1,11%	38,5	14,9
110	1,82	9,1	2,35	1,22%	38,5	14,9
115	2,01	8,5	2,21	1,35%	38,5	14,9
120	2,21	7,9	2,04	1,48%	38,5	14,9
125	2,33	7,4	1,93	1,56%	38,5	14,9
130	2,49	7,0	1,82	1,67%	38,5	14,9
135	2,64	6,6	1,70	1,77%	38,5	14,9
140	2,78	6,2	1,62	1,87%	38,5	14,9
145	2,9	6,0	1,55	1,95%	38,5	14,9
150	3,05	5,6	1,46	2,05%	38,5	14,9

EK-25 Karot 15/1 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,11	0,5	0,14	0,08%	38,5	14,1
10	0,2	1,3	0,33	0,14%	38,5	14,1
15	0,28	2,4	0,63	0,20%	38,5	14,1
20	0,38	3,9	1,02	0,27%	38,5	14,1
25	0,47	5,0	1,29	0,33%	38,5	14,1
30	0,61	6,0	1,56	0,43%	38,5	14,1
35	0,73	7,7	2,01	0,52%	38,5	14,1
40	0,86	9,0	2,34	0,61%	38,5	14,1
45	0,96	10,0	2,59	0,68%	38,5	14,1
50	1,07	11,8	3,06	0,76%	38,5	14,1
55	1,12	13,3	3,45	0,79%	38,5	14,1
60	1,16	14,7	3,82	0,82%	38,5	14,1
65	1,21	16,2	4,21	0,86%	38,5	14,1
70	1,23	17,3	4,50	0,87%	38,5	14,1
72	1,23	18,0	4,67	0,87%	38,5	14,1
74	1,21	18,1	4,70	0,86%	38,5	14,1
75	1,19	18,0	4,67	0,84%	38,5	14,1
80	1,1	16,9	4,39	0,78%	38,5	14,1
85	1,09	16,8	4,35	0,77%	38,5	14,1
90	1,11	15,1	3,93	0,79%	38,5	14,1
95	1,23	10,8	2,81	0,87%	38,5	14,1
100	1,34	10,0	2,60	0,95%	38,5	14,1
105	1,44	9,5	2,47	1,02%	38,5	14,1
110	1,52	9,2	2,38	1,08%	38,5	14,1
115	1,6	8,8	2,28	1,13%	38,5	14,1
120	1,69	8,2	2,12	1,20%	38,5	14,1
125	1,8	7,5	1,96	1,28%	38,5	14,1
130	1,89	6,4	1,66	1,34%	38,5	14,1
135	2,3	3,9	1,01	1,63%	38,5	14,1
140	2,53	3,2	0,84	1,79%	38,5	14,1
145	2,68	3,0	0,77	1,90%	38,5	14,1
150	2,8	2,8	0,73	1,99%	38,5	14,1
155	2,92	2,6	0,68	2,07%	38,5	14,1
160	3,03	2,1	0,55	2,15%	38,5	14,1

EK-26 Karot 15/2 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)
5	0,11	0,4	0,11	0,08%	38,5	14,4
10	0,23	1,2	0,31	0,16%	38,5	14,4
15	0,35	2,3	0,59	0,24%	38,5	14,4
20	0,47	3,5	0,90	0,33%	38,5	14,4
25	0,59	4,7	1,23	0,41%	38,5	14,4
30	0,71	6,1	1,57	0,49%	38,5	14,4
35	0,81	7,4	1,92	0,56%	38,5	14,4
40	0,94	8,7	2,27	0,65%	38,5	14,4
45	1,04	10,0	2,60	0,72%	38,5	14,4
50	1,12	11,2	2,90	0,78%	38,5	14,4
55	1,25	11,9	3,10	0,87%	38,5	14,4
60	1,34	12,1	3,15	0,93%	38,5	14,4
65	1,38	12,2	3,16	0,96%	38,5	14,4
70	1,42	13,1	3,41	0,99%	38,5	14,4
75	1,44	13,8	3,59	1,00%	38,5	14,4
80	1,42	14,9	3,86	0,99%	38,5	14,4
85	1,4	16,0	4,16	0,97%	38,5	14,4
90	1,41	16,9	4,40	0,98%	38,5	14,4
95	1,48	18,2	4,73	1,03%	38,5	14,4
97	1,52	18,3	4,77	1,06%	38,5	14,4
100	1,57	17,9	4,66	1,09%	38,5	14,4
105	1,68	15,8	4,11	1,17%	38,5	14,4
110	1,86	5,8	1,51	1,29%	38,5	14,4
115	2,05	4,5	1,18	1,42%	38,5	14,4
120	2,19	3,9	1,01	1,52%	38,5	14,4
125	2,29	3,5	0,91	1,59%	38,5	14,4
130	2,42	3,2	0,83	1,68%	38,5	14,4
135	2,53	3,0	0,78	1,76%	38,5	14,4
140	2,62	2,8	0,73	1,82%	38,5	14,4
145	2,76	2,5	0,65	1,92%	38,5	14,4
150	2,88	2,4	0,62	2,00%	38,5	14,4
155	2,98	2,3	0,60	2,07%	38,5	14,4

EK-27 Karot 16 Standart Basınç Deney Sonuçları

Zaman (sn)	Deplasman (mm)	Yük (kN)	Gerilme (Mpa)	Birim Uzama	Alan (cm ²)	Yükseklik (cm)	Düzeltilme Katsayısı
5	0,16	0,2	0,04	0,36%	38,5	4,4	0,93
10	0,27	0,2	0,05	0,61%	38,5	4,4	0,93
15	0,37	0,3	0,07	0,84%	38,5	4,4	0,93
20	0,48	0,3	0,09	1,09%	38,5	4,4	0,93
25	0,58	0,4	0,09	1,32%	38,5	4,4	0,93
30	0,66	0,4	0,10	1,50%	38,5	4,4	0,93
35	0,78	0,5	0,12	1,77%	38,5	4,4	0,93
40	0,87	0,5	0,14	1,98%	38,5	4,4	0,93
45	0,96	0,6	0,16	2,18%	38,5	4,4	0,93
50	1,05	0,7	0,18	2,39%	38,5	4,4	0,93
55	1,13	0,8	0,20	2,57%	38,5	4,4	0,93
60	1,21	0,9	0,23	2,75%	38,5	4,4	0,93
65	1,3	0,9	0,25	2,95%	38,5	4,4	0,93
70	1,39	1,1	0,27	3,16%	38,5	4,4	0,93
75	1,48	1,1	0,29	3,36%	38,5	4,4	0,93
80	1,56	1,2	0,32	3,55%	38,5	4,4	0,93
85	1,66	1,3	0,34	3,77%	38,5	4,4	0,93
90	1,74	1,4	0,38	3,95%	38,5	4,4	0,93
95	1,84	1,4	0,37	4,18%	38,5	4,4	0,93
100	1,93	1,1	0,29	4,39%	38,5	4,4	0,93
105	2,02	1,2	0,32	4,59%	38,5	4,4	0,93
110	2,02	1,2	0,32	4,59%	38,5	4,4	0,93
115	2,19	1,3	0,33	4,98%	38,5	4,4	0,93
120	2,27	1,4	0,36	5,16%	38,5	4,4	0,93
125	2,37	1,4	0,38	5,39%	38,5	4,4	0,93
128	2,42	1,4	0,37	5,50%	38,5	4,4	0,93
130	2,45	1,5	0,39	5,57%	38,5	4,4	0,93
135	2,53	1,6	0,41	5,75%	38,5	4,4	0,93
140	2,64	1,6	0,41	6,00%	38,5	4,4	0,93
145	2,71	1,7	0,44	6,16%	38,5	4,4	0,93
150	2,77	1,8	0,46	6,30%	38,5	4,4	0,93
155	2,83	1,9	0,49	6,43%	38,5	4,4	0,93
158	2,87	1,9	0,48	6,52%	38,5	4,4	0,93
160	2,88	1,8	0,46	6,55%	38,5	4,4	0,93
165	2,98	1,7	0,44	6,77%	38,5	4,4	0,93

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Osman FURUNCU
TC Kimlik No : 40204736220
Doğum Yeri ve Tarihi : Ilgın/1987
Telefon : 0507 685 08 59
İş Adresi : Konya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Horozluhan Mah. Abdülbasri Sk. No:2 Selçuklu/KONYA
İş Telefon : 0332 235 45 20/1219
Faks : 0332 235 45 25
E-posta : osmanfuruncu@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Başlangıç-Bitiş Yılı / Not Ort.
Lise	: Ilgın Anadolu Lisesi, Ilgın,KONYA	2001-2005 / 4,55
Üniversite	: Selçuk Üniv. İnşaat Mühendisliği	2008-2012 / 2,77
Üniversite	: Selçuk Üniv. Hukuk Fakültesi	2018- Halen
Yüksek Lisans	: Konya Teknik Üniversitesi	2013-Halen / 90,71

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2012	Dinamika İnşaat/İZMİR	Şantiye Şefi
2013	Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü/KONYA	Mühendis

UZMANLIK ALANI

Geoteknik Anabilim Dalı

YABANCI DİLLER

İngilizce