

**T.C.
NUH NACİ YAZGAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DÜŞÜK DARBE ETKİLİ KAZIK SÜREKLİLİK DENEYİ
İLE KAZIK KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE HATAY
BÖLGESİNDE ÖRNEK BİR UYGULAMA
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Tezi Hazırlayan
Didem KASAL**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Şebnem YALTIR**

TEMMUZ 2023

KAYSERİ

**T.C.
NUH NACİ YAZGAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DÜŞÜK DARBE ETKİLİ KAZIK SÜREKLİLİK DENEYİ
İLE KAZIK KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE HATAY
BÖLGESİNDE ÖRNEK BİR UYGULAMA
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Tezi Hazırlayan
Didem KASAL**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Şebnem YALTIR**

TEMMUZ 2023

KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Didem KASAL



YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI

“Düşük Darbe Etkili Kazık Süreklilik Deneyi İle Kazık Kalitesinin Belirlenmesi Ve Hatay Bölgesinde Örnek Bir Uygulama” adlı Yüksek Lisans tezi, Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Didem KASAL
Tezi Hazırlayan

Dr. Öğr. Üyesi Şebnem YALTIR
Danışman

YÜKSEK LİSANS BİTİRME TEZİ KABUL VE ONAY SAYFASI

Dr. Öğr. Üyesi Şebnem YALTIR danışmanlığında Didem KASAL tarafından hazırlanan “Düşük Darbe Etkili Kazık Süreklilik Deneyi İle Kazık Kalitesinin Belirlenmesi Ve Hatay Bölgesinde Örnek Bir Uygulama” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

11/07/2023

JÜRİ:

Danışman	: Dr. Öğr. Üyesi Şebnem YALTIR	
Üye	: Prof. Dr. Tefaruk HAKTANIR	
Üye	: Prof. Dr. Bekir AKTAŞ	

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../2023

Prof. Dr. Serhan YAMAÇLI

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışma sürecimde gerek deneysel gerekse yorumlama aşamasında bilgilerini, deneyimlerini ve kaynaklarını benimle paylaşan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Şebnem YALTIR' a, sonsuz teşekkür ederim.

Tez aşamasında ve deneylerde desteğini her zaman hissettiğim hayat yolunda ki yol arkadaşım Mehmet Aykut ZEYTİNCİ' ye, ayrıca bu süreçte her zaman yanımda olan hayatım boyunca desteklerini eksik etmeyen ve maddi manevi her türlü imkânı sağlayan annem Saadet ŞAHİN KASAL ve babam Doğan KASAL' a sonsuz sevgi ve saygılarımla teşekkür ederim.

Didem KASAL

Kayseri, Temmuz 2023



KEFENSİZ GÖMÜLENLERE...

DÜŞÜK DARBE ETKİLİ KAZIK SÜREKLİLİK DENEYİ İLE KAZIK KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE HATAY BÖLGESİNDE ÖRNEK BİR UYGULAMA

Didem Kasal

Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şebnem YALTIR

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, zemin içinde gömülü olan kazıkların kalitesi ve bütünlüğünün belirlenmesinde kullanılan tahribatsız bir deney yöntemi olan sismik süreklilik deneyini irdelemektir. Bu çalışma kapsamında kullanılan deney sonuçları için Hatay ili Türkiye’de jet grout yöntemi ile iyileştirme yapılmış bir alanda; seçimlerinde herhangi bir özellik aranmadan toplamda 50 adet 15 m uzunluğunda 80 cm çapındaki kazık kolonları üzerinde düşük darbeli bütünlük deneyi uygulanmıştır.

Her zeminin kendine özgü bir fiziksel yapısı ve heterojen dağılımı olduğundan bazı zemin türlerinde, iyileştirme yapılması uygun görülmektedir. Yapının inşa edileceği alan için hazırlanan zemin etüt sonuçları irdelendikten sonra gerekli duyulması halinde; geoteknik uzmanları tarafından verilen kararlar neticesinde zeminin iyileştirilmesine yönelik rapor hazırlanır ve iyileştirme projesi çizilir. Hazırlanan projeye uygun olarak yapılacak uygulamaların ardından söz konusu bu tez kapsamında da irdeleneceğimiz kazık bütünlük deneyleri yapılır. Etüt aşamasında verilen karar kadar çizilen projenin uygunluğu ve projenin doğru bir şekilde uygulanması da iyileştirmenin en önemli adımlarından biridir. Uygulamanın doğruluğunun tespiti için düşük dayanımlı darbe testi uygulanır. Deneyin amacı kazığın önemli kusurlar içerip içermediğini gözden geçirmektir. Tez çalışmamızın amacı ise yapılan deney sonuçlarının sağlıklı bir raporlama sürecine aktarılmasının detaylı olarak değerlendirilmesi ve yorumlanmasıdır. Uygulanan kazığın kalitesi ve yapılan deneyin titizliği kadar yorumlama aşaması da önemlidir. Bu çalışmanın; elde edilen verilerin ve farklı formdaki analizlerin değerlendirilmesi konusunda bu alanda rehber niteliğinde bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kazık Süreklilik, Süreklilik Deneyi, Kazık Süreklilik Testi, Kazık Bütünlük Testi



DETERMINATION OF PILE QUALITY WITH LOW-IMPACT PILE CONTINUITY TEST AND AN EXAMPLE APPLICATION IN THE HATAY REGION

Didem Kasal

Nuh Naci Yazgan University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, July 2023

Supervisor: Assistant Professor Şebnem YALTIR

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the seismic continuity test, which is a non-destructive method used to determine the quality and integrity of the piles buried in the ground. For the test results used in this study, a low-impact integrity test was applied on a total of 50 pile columns, 15 m in length and 80 cm in diameter, on a ground improved by the jet groud method in Hatay Turkey.

Since each ground has a unique physical structure and heterogeneous distribution, it is considered appropriate to make improvements in some soil types. After examining the results of the survey, the improvement project is drawn after the necessary report is written as a result of the decision made by the geotechnical experts for the improvement of the soil. After the application of the project to the ground, the pile integrity test, which we will examine within the scope of the thesis, is performed. The suitability of the drawn project, as well as the decision made during the study phase, and the correct implementation of the project, are also important steps. A low-strength impact test is applied to determine the accuracy of this application. The purpose of the experiment is to review whether the pile contains significant defects. The aim of the thesis is to explain in detail the transfer of the test results to a healthy reporting process. The interpretation phase is as important as the quality of the pile applied and the rigor of the experiment. This thesis will guide us on how to interpret different forms of analysis by interpreting the experimental results graphs one by one.

Key Words: Pile Integrity, Integrity Test, Pile Integrity Testing, Pile Continuity Test

İÇİNDEKİLER

DÜŞÜK DARBE ETKİLİ KAZIK SÜREKLİLİK DENEYİ İLE KAZIK KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE HATAY BÖLGESİNDE ÖRNEK BİR UYGULAMA

	Sayfa
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI	iii
YÜKSEK LİSANS BİTİRME TEZİ KABUL VE ONAY SAYFASI	iv
ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
İÇİNDEKİLER	x
TABLOLAR LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR VE SİMGELER	xvii

1. BÖLÜM: GİRİŞ

1. Giriş	1
----------------	---

2. BÖLÜM: TEMEL KAZIKLARI

2.1. Temel Kazıkları	7
2.2. Kazıklı Temellerin Sınıflandırılması	8
2.2.1. Çalışma Şekline Göre Kazıklar	9
2.2.1.1. Uç Kazığı	9
2.2.1.2. Sürtünme Kazığı	10
2.2.1.3. Kombine Kazık	11
2.2.2. Kullanılan Malzemeye Göre Kazıklar	11
2.2.2.1. Ahşap Kazıklar	11
2.2.2.2. Betonarme Kazıklar	13
2.2.1.3. Çelik Kazıklar	13
2.2.1.4. Kompozit Kazıklar	14

2.2.2. Yapım Şekline Göre	14
2.2.2.1. Çakma Kazıklar	14
2.2.2.2. Yerinde Dökme Çakma Kazıklar	14
2.2.2.3. Sondaj Kazıkları	15
2.3. Jet Grout ile Zemin İyileştirme	16

3.BÖLÜM: KAZIK SÜREKLİLİK DENEYLERİ

3.1. Vibrasyon Deneyi	20
3.2. Sonik Süreklilik Deneyi	22
3.3. Nükleer Loglama.....	23
3.4. Sismik Süreklilik Deneyi	23

4. BÖLÜM: SİSMİK SÜREKLİLİK DENEYİNİN KAZIKLARA UYGULANMASI

4.1. Teknik Hususlar	26
4.2. Raporlama	28
4.3. Deney Sonuç ve Değerlendirme	29

5. BÖLÜM: KAZIK PROFİLLERİ TANIMLAMA VE YANSIMALARI

5.1. Normal Profil	33
5.2. Sabit Uç (Soketli Uç)	34
5.3. Serbest Uç	35
5.4. Kısa Profil	36
5.5. Uzun Profil.....	37
5.6 Artan Empedans (Genişleyen Profil)	37
5.7. Azalan Empedans (Daralan Profil)	38
5.8. Lokal Artan Empedans (Lokal Genişleyen Profil)	39
5.9. Lokal Azalan Empedans (Lokal Daralan Profil).....	40
5.10. Kalitesiz Sinyal	41
5.11. Şekilsiz Yansıma (Düzensiz Profil)	42
5.12. Topuksuz Yansıma.....	43
5.13. Çoklu Yansıma.....	44

5.14. Yalancı Kolon	44
---------------------------	----

6. BÖLÜM: DENEY SONUÇ GRAFİKLERİNİN ANALİZLERİ

6.1. Y1 Aksı Kolonları	47
6.2. Y2 Aksı Kolonları	47
6.3. Y3 Aksı Kolonları	48
6.4. Y4 Aksı Kolonları	49
6.5. Y5 Aksı Kolonları	50
6.6. Y6 Aksı Kolonları	50
6.7. Y7 Aksı Kolonları	51
6.8. Y8 Aksı Kolonları	52
6.9. Y9 Aksı Kolonları	53
6.10. Y10 Aksı Kolonları	53

7. BÖLÜM: SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKÇA.....	58
EKLER.....	60
EK A.....	60
EK B.....	67

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Süreklilik Testinde Tespit Edilemeyen Durumlar	25
Tablo 2. Kazık Profilleri Yansımaları.....	32



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Uç Kazığı	10
Şekil 2. Sürtünme Kazığı	10
Şekil 3. Kombine Kazık	11
Şekil 4. Ahşap Kazıklar	12
Şekil 5. Çelik Kazıklar	14
Şekil 6. Fore Kazıklar	16
Şekil 7. Jet Grout ile Zemin İyileştirme	17
Şekil 8. Jet 1 Tekniği	18
Şekil 9. Jet 2 Tekniği	18
Şekil 10. Jet 3 Tekniği	19
Şekil 11. Vibrasyon Deney Düzeneği Şematik Gösterim	20
Şekil 12. Sonik Süreklilik Deneyi	22
Şekil 13. Sismik Süreklilik Deneyi	23
Şekil 14. Sismik Süreklilik Deneyi İçin Aparatın Şematik Diyagramı	25
Şekil 15. Sismik Süreklilik Deneyi Saha Uygulanması	27
Şekil 16. Sismik Süreklilik Deneyi Ekipmanları	28
Şekil 17. Vuruş ve Topuk Yansıması	30
Şekil 18. Kazık Profilinde Daralma-Çatlak-Genişleme Durumları	33
Şekil 19. Normal Profil Yansıması	34
Şekil 20. Sabit Uç Yansıması	35
Şekil 21. Serbest Uç Yansıması	35
Şekil 22. Kısa Profil Yansıması	36
Şekil 23. Uzun Profil Yansıması	37
Şekil 24. Genişleyen Profil Yansıması	38
Şekil 25. Daralan Profil Yansıması	39
Şekil 26. Lokal Artan Empedans Yansıması	39
Şekil 27: Lokal Azalan Empedans	40
Şekil 28. Lokal Azalan Empedans Yansıması	41
Şekil 29. Kalitesiz Sinyal Yansıması	42
Şekil 30. Şekilsiz Yansıma	43
Şekil 31. Topuksuz Yansıma	43
Şekil 32. Çoklu Yansıma	44

Şekil 33. Yalancı Kolon Yansıması	45
Şekil 34. Jet Grout Kolon Yerleşim Planı.....	51
Şekil A1: Jet Grout Kolonun Kesit Görünüşü	60
Şekil A2: İyileştirme Yapılmadan Önceki 1. Sondaj Logu	61
Şekil A3: İyileştirme Yapılmadan Önceki 2. Sondaj Logu	62
Şekil A4: İyileştirme Yapılmadan Önceki 3. Sondaj Logu	63
Şekil A5: İyileştirme Yapıldıktan Sonra 1. Sondaj Logu	64
Şekil A6: İyileştirme Yapıldıktan Sonra 2. Sondaj Logu	65
Şekil A7: İyileştirme Yapıldıktan Sonra 3. Sondaj Logu	66
Şekil B1: X1Y1 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	67
Şekil B2: X2Y1 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	68
Şekil B3: X3Y1 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	69
Şekil B4: X4Y1 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	70
Şekil B5: X5Y1 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	71
Şekil B6: X1Y2 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	72
Şekil B7: X2Y2 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	73
Şekil B8: X3Y2 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	74
Şekil B9: X4Y2 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	75
Şekil B10: X5Y2 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	76
Şekil B11: X1Y3 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	77
Şekil B12: X2Y3 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	78
Şekil B13: X3Y3 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	79
Şekil B14: X4Y3 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	80
Şekil B15: X5Y3 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	81
Şekil B16: X1Y4 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	82
Şekil B17: X2Y4 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	83
Şekil B18: X3Y4 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	84
Şekil B19: X4Y4 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	85
Şekil B20: X5Y4 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	86
Şekil B21: X1Y5 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	87
Şekil B22: X2Y5 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	88
Şekil B23: X3Y5 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	89
Şekil B24: X4Y5 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	90
Şekil B25: X5Y5 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	91

Şekil B26: X1Y6 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	92
Şekil B27: X2Y6 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	93
Şekil B28: X3Y6 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	94
Şekil B29: X4Y6 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	95
Şekil B30: X5Y6 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	96
Şekil B31: X1Y7 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	97
Şekil B32: X2Y7 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	98
Şekil B33: X3Y7 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	99
Şekil B34: X4Y7 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	100
Şekil B35: X5Y7 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	101
Şekil B36: X1Y8 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	102
Şekil B37: X2Y8 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	103
Şekil B38: X3Y8 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	104
Şekil B39: X4Y8 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	105
Şekil B40: X5Y8 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	106
Şekil B41: X1Y9 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	107
Şekil B42: X2Y9 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	108
Şekil B43: X3Y9 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	109
Şekil B44: X4Y9 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	110
Şekil B45: X5Y9 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	111
Şekil B46: X1Y10 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	112
Şekil B47: X2Y10 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	113
Şekil B48: X3Y10 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	114
Şekil B49: X4Y10 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	115
Şekil B50: X5Y10 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği	116

KISALTMALAR VE SİMGELER

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

Simgeler	Açıklamalar
L	Kazık Boyu
Φ	Kazık Çapı
$JET-1$	Tek Akışkanlı Jet Grout Yöntemi
JG	Jet Grout Kolonu
m	Metre
sn	Saniye
cm	Santimetre
V_c	Ses Dalgasının Beton İçinde Yayılma Hızı
Δf	Frekans Değişim Aralığı
N	Ortalama V/F Değeri
Ac	Kazık Kesit Alanı
Γ_c	Betonun Birim Hacim Ağırlığı
Δt	Vuruş İle Topuk Yansıması Arasında Geçen Süre
SIT	Sonik Süreklilik Deneyi
$CEBTP$	Centre Experimental de Recherche et d'Etudes du Batiment et des Travaux Publics

1. BÖLÜM: GİRİŞ

1. Giriş

Bu tezin kapsamı zemin içinde gömülü olan kazıkların kalitesinin, bütünlüğünün belirlenmesinde kullanılan tahribatsız bir yöntem olan sismik süreklilik deneyini irdelemektir. Bu çalışma kapsamında; Hatay ili Türkiye’de jet grout yöntemi ile iyileştirme yapılmış bir zeminde herhangi bir özelliğe göre seçim olmaksızın toplamda 50 adet kazık üzerinde düşük darbeli bütünlük deneyi uygulanmış ve deney sonuçları değerlendirilmiştir.

Söz konusu bu çalışma kapsamında Hatay ilinde inşa edilecek bir yapının temelinde imalatı tamamlanan $\Phi 80$ cm çapında $L=15.00$ m uzunluğundaki jet grout kazıklar üzerinde kırım ve temizlik işleri yapılmıştır. Jet grout (JET-1) imalatı tamamlanan bu temelde 06.04.2022 tarihinde X1Y1, X2Y1, X3Y1, X4Y1, X5Y1, X1Y2, X2Y2, X3Y2, X4Y2, X5Y2, X1Y3, X2Y3, X3Y3, X4Y3, X5Y3, X1Y4, X2Y4, X3Y4, X4Y4, X5Y4, X1Y5, X2Y5, X3Y5, X4Y5, X5Y5, X1Y6, X2Y6, X3Y6, X4Y6, X5Y6, X1Y7, X2Y7, X3Y7, X4Y7, X5Y7, X1Y8, X2Y8, X3Y8, X4Y8, X5Y8, X1Y9, X2Y9, X3Y9, X4Y9, X5Y9, X1Y10, X2Y10, X3Y10, X4Y10, X5Y10 akslarında yer alan ve isimlendirilmeleri bu şekilde tanımlanan jet kolonlarından toplamda 50 adet kayıt alınmıştır. Yürütülen çalışmalar neticesinde elde edilen veriler incelenerek gerekli değerlendirmeler yapılmış ve sonuçlar grafik olarak sunulmuştur.

Her zeminin kendine özgü bir fiziksel yapısı ve heterojen dağılımı olduğundan; bazı zemin türlerinde iyileştirme yapılması uygun görülür. Kazıklar yapıyı destelemek amacıyla kullanılan ve zemin iyileştirme uygulamalarında büyük öneme sahip olan yapı elemanlarıdır. Yapılan etüt sonuçları neticesinde zeminin iyileştirilmesine gerek

duyulması halinde; geoteknik uzmanları tarafından hazırlanan raporlar neticesinde iyileştirme projesi çizilir. Tez çalışmasında kullanılan jet kolonları ile ilgili projenin zemine uygulanmasının ardından kazık bütünlük deneyi yapılmıştır. Bütünlük deneylerinin sonuçları, etüt aşamasından başlayıp, karar verilen projenin uygun olması ve projenin doğru bir şekilde uygulanmasını da önemli derecede etkilemektedir. Bu amaçla uygulamanın doğruluğunun tespiti için bazı deneysel ve gözlemsel çalışmalar yapılır.

Derin temel sistemlerinden biri de yapı yükünü sağlam zemine ulaştırmamızı sağlayan kazıklı temellerdir. Beton kazıkların ve derin temellerin yapımı ve montajı zorlu bir iştir. Maliyetli bir zemin iyileştirme yöntemi olmasına rağmen olumsuz zeminin olduğu durumlarda kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Yapının inşa edileceği alanda yapılan zemin etüt çalışmalarının ardından hazırlanan geoteknik rapor neticesinde gerekli görülmesi halinde kazıklı temel uygulanmasına karar verilir. Kazıklı temel sistemi projelendirildikten sonra uygulama aşamasına geçilir. İmalatı yeraltında sürdürülen ve göz ile görülemeyen imalat işlemleri sırasında bazı problemler ortaya çıkabilir ve bu problemler kazıklarda birtakım kusurlara veya anormalliklere yol açabilir. Kazığın üzerine gelen yükleri taşıma kapasitesi ve özellikle yatay yükler karşısında talep edilen yüksek dayanım ancak; alt yapı imalatlarının kalitesi ile sağlanabilmektedir. İmalatların kontrolünü yapmak ve uygulamanın doğruluğunu test etmek amacıyla bazı deney metotlarına gidilir. Bu deney metotları uygulanırken kazıkların; projede hesaplanan performans seviyesinden düşük bir seviyeye düşmemesi için herhangi bir deformasyona uğramasından kaçınılır. Söz konusu kazık elemanları genellikle zemin altına gömülü olduğu için bu elemanların kalite kontrol ve kalite güvencesi zorlu bir konu haline gelmektedir. Çoğu zaman, inceleme ve test için tek erişilebilir alan kazık başlarıdır ve kazık elemanına erişim genellikle kazık başı alanı ile sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle testin ya kazık başında yapılması ya da bazı özelliklerin kazık yapımı sırasında uygulanması gerekir. Ortaya çıkan kusurlar, kazığın dayanıklılığını ve mekanik performansını olumsuz etkileyebilir. Bu sorunlar, süreksizlik (çatlaklar, boşluklar) veya kazık bütünlüğü olarak adlandırılan kazık elemanlarında ani kesit değişikliği (şişme, boyun verme) gibi kusurlara neden olabilir.

Kazıklarda bütünlük testi çakılmış beton veya yerinde dökme betona uygulanabilir. Deney sonrasında elde edilen yaklaşık grafikler kazık kesit alanının

değerlendirilmesi ve uzunluğunun belirlenmesi, kazık bütünlüğü ve kazık malzemesinin tutarlılığı ile ilgili bilgi verir. Elemanın kesit alanında daralma genişleme gibi önemli kusurlar içerip içermediği ve yapısal sorunların boyutları hakkında fikir edinmemizi sağlar. Mühendisler bu unsurlardaki kalite ve tutarlılığın değerlendirilmesi için kolay, güvenilir ve uygun maliyetli yöntemler konusunda yardımcı olmak için tahribatsız yöntemler geliştirilmiştir.

Deneyler esnasında kayıt alırken meydana gelen yansımaları çözebilmek için tek boyutlu sismik dalga teorisi kullanılmaktadır. 1931 yılında Isaacs, sismik dalga teorisinin kazık çakma analizine pratik olarak uygulanmasında tek boyutlu dalga analizini uygulayarak bu alandaki ilk çalışmalardan birini yapmıştır. Sonrasında Fox (1932) çakma sırasında kazıklarda meydana gelen gerilme konusunda önemli bir çalışma yayınlamıştır.

Sismik dalga analizinin, kazığa boyuna yapılan etkiyi çözmede üstünlüğünü gösteren bir çalışma Ocak 1940'da Baston İnşaat Mühendisleri Odası Cumming tarafından yayınlanmış ve bu çalışmaya müteakiben 1943'de Terzaghi'nin düşen bir çekiç tarafından darbeye uğrayan kazık içinde oluşan dalga yayılım olayı konusunda geniş araştırmaları başlamıştır (Mohamad ve George, 1999).

1970'lerde ilk olarak Avrupa'da başlayan hasarsız kazık süreklilik deneyleri daha sonra da Amerika'da gelişmiştir. Bu testlerin sonuçlarının yorumlanmasında sismik dalga teorisi kullanılmıştır. Dalga teorisinin kazıklara uygulanması ile ilgili ulusal ilk seminer 1980'de İsveç Stockholm'de yapılmıştır.

Birçok bilim adamının çalışma yaptığı düşük deformasyonlu sismik dalga teorisi analizini 1960'da Jean Paquet kazık başlığına ağır bir vibratör bağlayıp, çeşitli frekanslar vererek bunların yorumlanmasında kullanılmış ve bunun sonucunda da kazık kalitesi hakkında bilgi elde edinmiştir. Paquet aynı uygulamayı daha sonra vibratör yerine çekiç etkisi kullanarak gerçekleştirmiştir (Salman, 2010).

Süreklilik deneylerinin amacı, inşa edilmiş, temelin yapısal olarak sağlam olup olmadığını tespit edebilmek, önemli kusurlar içerip içermediğini doğrulamak, gerekirse kusurlu kazıklarda düzeltme önerilebilmek ve böylece kazık imalat kalitesinin daha iyi belirlenebilmesini sağlamaktır. Derin temellere olan ihtiyaç arttıkça, süreklilik

deneylerinin de önemi artmaktadır (Tomlinson, 1977).

Gelişen günümüz teknolojisi kablosuz bir bağlantı ile ivme ölçerin test ettiği deney sonuçları grafiklerini akıllı bir ekranda görüntülemeye ve kaydetmeye imkân tanımaktadır. Böylece her kalitede beton ve enjeksiyon için yüksek başarıda grafikler alınabilmektedir. Kazıkların taşıma gücü ile ilgili bilgi vermemekle birlikte, söz konusu bu deneyin amacı, elemanın önemli kusurlar içerip içermediğini tespit edebilmektir. Düşük dayanımlı darbe testi bu deney yöntemlerinden biridir. Jet grout kazıklarının zemin içinde gömülü olan yapılar olmasından dolayı kazık kalitesinin belirlenmesi oldukça zor olmaktadır. Bu kalite belirlenirken aynı zamanda kazığın istenen performansı sağlaması için kalıcı bir deformasyona uğramasından kaçınılması istenir. ASTM D5882'ye göre, kazık bütünlük testi, bir kazığın fiziksel boyutlarının, sürekliliğinin ve kazık malzemesinin tutarlılığının niteliksel olarak değerlendirilmesini ifade eder. ASTM D5882'de ki tanımda belirtildiği gibi 'düşük darbe etkili kazık bütünlüğü testi' istenmeyen deformasyon durumundan uzak bir yöntemdir. Deneyin uygulanması neticesinde üretilen sonuçlar kazık kalitesi hakkına bilgi edinmemizi sağlar.

Dünyada ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan sismik süreklilik deneyinin esası, bir ivme ölçerle kaydedilmesine dayanır. Geçmiş yıllarda bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında konu kapsamında ülkemizde 2006 yılında Deneç; sinyal eşleme yöntemi kullanılarak kazık süreklilik deneylerinin değerlendirilmesi ve kazık kalitesinin belirlenmesi konusunda çalışma yapmıştır. Bahsi geçen çalışmanın yapıldığı dönemde kazık kalitesinin belirlenmesine yönelik geçmiş teknolojiler kullanılmaktayken günümüz teknolojisinde yerinde tespit yapmak mümkün olmaktadır. Yerinde görüntülenen grafikte olumsuzluk görülmesi halinde deneyin tekrarlanabilir olması en büyük avantajlardan biridir. Bu sayede deney ekipmanları, çevre şartları, uygulayıcı teknik eleman yetkinliği gibi istenmeyen durumlarda yerinde müdahaleler yapılabilmektedir.

Salman (2010); yaptığı çalışmada, alışveriş merkezi projeleri kapsamında jet grout temel sistemi olarak inşa edilen toplam 44 kazıkta bütünlük incelemesi yaparak P.E.T. programı ile kazık sürekliliği ve imalat kalitesini incelemiştir. Bu kapsamda deneylerden elde edilen sinyaller program yardımı ile analiz edilmiştir. Yapılan analizler neticesinde kazık kesitindeki kusurları büyük bir yaklaşıklık ile belirlemek mümkün olmuştur.

Geçmiş teknoloji ile yapılan deney metodunda sahadaki ölçümler bilgisayar ortamında analiz edilirken; bu tez çalışması kapsamında kullanılan deney yönteminde ölçüm sonuçlarının analizleri yerinde yapılmıştır.

Deney esnasında ses dalgalarını da etkileme olasılığı olduğundan çelik çekiç asla kullanılmamalıdır. Bununla birlikte giriş darbesinde yerel kazık hasarına sebep olmaması açısından mutlaka yumuşak uçlu çekiç tercih edilmelidir. Bu deney yöntemiyle üretilen sonuçların kalitesinin deneyi gerçekleştiren personelin yetkinliğine, kullanılan ekipman ve tesislerin uygunluğuna bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Kazık imalatında kullanılan beton malzemesinin kalitesine göre kazık içerisinde ilerleyen dalga hızının 3500–4000 m/sn ve jet-grout içerisindeki dalga hızının ise 2500–3500 m/sn civarında olduğu bilinmektedir. Bu veriler ışığında yapılan hız ölçümleri sonucunda kazık beton kalitesinde bozukluk olup olmadığını belirlemek mümkündür. Kalitesinde bir bozukluk olması halinde topuk yansımasını erken görebiliriz. Yansıyan dalganın büyüklüğü ve yansıma zamanı Rayleigh dalgaları ile kaydedilir. Daha sonra kazık boyunca yayıldıktan sonra tabandan yansıyan dalgaların ivme-zaman değerleri şeklinde kaydedilen değerleri hız-zaman grafiklerine dönüştürülür (Düzceer, 2002).

Kazık bütünlük deneyinden alınan sinyal kayıtları kullanılarak elde edilen sonuçlar incelendiğinde kazık boylarının bir miktar farklılık gösterdiği bilinmektedir. Bu farklılıkların; kazık boylarının ölçülmesi esnasında titreşim dalgasının kazık içerisinde ilerleme hızından yararlanılması ve bu hız değerinin her kazık için bağımsız olarak ölçülmeyip ortalama bir hız değeri kullanılmasından kaynaklanan ve beklenen bir sonuçtur. Kayıtlarda görülen küçük sapmalara bu metrelerde zemin yapısında meydana gelen değişimler neden olabilecektir. Bu sebeple elde edilen test kayıtlarında bahsi geçen bu nedenlerden ve operatörden kaynaklanabilecek $\pm$ % 2 hata payı göz önüne alınmalıdır. Bu tez çalışma kapsamında kullanılan deney kazıkları üzerinde, temiz kazık yüzeyi elde edinceye kadar sıyırma kazısı ve kırımı yapılmış ve sonra kayıtlar alınmıştır. Elde edilen kayıtlar incelenerek değerlendirmeler ve sonuçlar grafik olarak verilmiştir.

Çalışma prensiplerine göre, kazık ile çevresindeki zemin arasında meydana gelen hareket sonucunda negatif çevre sürtünmesi oluşur. Eğer bu hareket kazığın zemine göre aşağı hareketi şeklinde gerçekleşiyor ise kazığın taşıdığı yükün bir kısmı zemine aktarılır

ve derine gidildikçe kazıktan zemine doğru aktarılan yük artar. Bu olaya pozitif çevre sürtünmesi denir. Zeminin kazığa göre aşağı doğru hareket etmesi halinde ise, bu kez zeminin taşıdığı yük kazığa aktarılmaya başlar, buna da negatif çevre sürtünmesi denir. Negatif çevre sürtünmesi zemin cinsi, kazıkla zemin arasındaki göreceli hareket ve kazık yüzeyi pürüzlülüğü gibi etkenlere bağlıdır. Zemine dolgu yapılması, çok büyük hareketli yüklere maruz kalınması, yeraltı su seviyesinin alçalması, zeminin konsolidasyonunun tamamlanmamış olması gibi faktörler söz konusu olduğunda negatif çevre sürtünmesine daha çok dikkat edilmelidir (Togrol ve Tan, 2003). Kazık kesitindeki genişleme kazık performansını olumsuz yönde etkileyecek bir faktör değilken, kazığın çevre sürtünmesi ile taşınan yükü arttıran bir faktör olmaktadır. Bu sebeple kazık kesitindeki genişlemeler fazla dikkate alınmaz fakat kazık kesitindeki daralmalar kazık performansını olumsuz yönde etkileyebilecek bir durum oluşturur. Böyle bir durumda ya kazığın yerine yeni bir kazık yapılması veya ilave kazık imalatı gibi sonuçlar ortaya çıkabilir (Deneç, 2006). Pozitif çevre sürtünmesi ve kazık kesitindeki genişleme durumlarında kazık ve zemin istenen durumu karşılayabilecekken; negatif çevre sürtünmesi ve kazık kesitindeki daralmalar olumsuz olarak nitelendirilir. Pozitif çevre sürtünmesinde kazık ile zemin zıt yönde hareket ederken kazığa ilave olarak zeminin yükü dahil olmaz. Kazık kesitindeki genişlemede ise kazık ve zemin birbirleri ile etkileşimde olacağından yine olumlu bir durum olarak değerlendirilir. Fakat negatif çevre sürtünmesi durumunda kazık ile zemin aynı yöne hareket edeceğinden kazığa ilave olarak zeminden de gelen bir yük aktarımı olacaktır. Kazık kesitinde daralma olması durumunda zemin ile yeterli düzeyde etkileşime giremeyecektir. Bu da kazığın çalışma performansını olumsuz etkileyecek durumlardan biridir.

Daha önce de bahsedildiği gibi geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda yerinde sonuç alma teknolojisi kullanılmamıştır. Ulusal çalışmalarda kullanılan sismik ölçümlerde sinyal eşleme yöntemi kullanılmış olup yerinde yapılan ölçümler bilgisayar ortamında bir yazılım yardımıyla eşleştirilmiştir. Geçmiş çalışmalar incelendiğinde deneyin uygulama süreci ve raporlama ile ilgili detaylara rastlanılmamıştır. Bu tez kapsamında yapılan deneysel çalışmada yerinde sonuçlar alınmış ve deney sonuçlarının yorumlanması yapılmıştır. Sayılan bu sebeplerden ötürü çalışmanın kılavuz niteliğinde bir çalışma olacağı düşünülmektedir. Elde edilen deney sonuçları; kazık kesit alanının değerlendirilmesi, kazık uzunluğu, bütünlüğü ve sürekliliği, uygulayıcı firma denetlemeleri ve adli olaylarda kullanılabilecek niteliktedir.

2. BÖLÜM: TEMEL KAZIKLARI

2.1. Temel Kazıkları

Üst yapı yüklerini mümkün olan en yüksek güvenlik ve ekonomi ile zemine aktaracak şekilde tasarlanan temeller; yüzeysel temeller ve derin temeller olmak üzere iki şekilde incelenebilir.

Yapı yükünün, zemin yüzeyine yakın bir yerde, güvenle aktarılmasına uygun zemin bulunması durumunda tercih edilen yüzeysel temeller genellikle derin temellerden daha ekonomiktirler. Bu nedenlerle bir yapının temelinin tasarımı ve projelendirilmesi öncelikle yüzeysel temel yapmanın mümkün olup olmayacağı araştırılır. Bu araştırma esnasında temelin oturacağı zeminin sağlam olmadığı ve taşıma gücünün aşıldığı saptanırsa yüzeysel temeller yapının güvenliği açısından yeterli olmazlar. (Özbey, Zeynep Merve 2019)

Yapıların uygulama öncesi yapılan etüt çalışmalarında karşılaşılan zeminin jeolojik durumundaki olumsuz koşullar, zemin iyileştirme işlemlerini zorunlu kılmaktadır. Derin temel çeşitlerinden biri olan kazıklı temeller de bu olumsuz durumları ortadan kaldırmak için başvurulan yöntemlerden biridir. Yüzeysel temellere kıyasla daha yüksek maliyeti olmasına rağmen olumsuz zemin koşullarında, yapı yükünün sağlam zemine aktarılması ve yapı güvenliğinin sağlanması amacıyla tercih edilen ilk yöntemlerden biridir.

Derin temel uygulamalarında en sık tercih edilen yöntemler Jet-grout ve fore kazık

yöntemleridir. Sahada ki uygulama kolaylığı ve maliyeti açısından günümüzde en yaygın kullanılan yöntem Jet grout yöntemidir. Jet Grout ile zemin iyileştirme ilk olarak 1970'li yılların başında Japonya'da denenmiştir. Ülkemizdeki ilk uygulaması 1986 yılında Haliç Kollektörleri Projesi kapsamında Ayvansaray tünel aynasının zemin ıslahında yapılmıştır (Çınar ve Akkaya, 2009).

Zemin, üzerine aktarılan yapı yüklerini taşıma ve oturmaların istenilen sınırlar içinde kalması bakımından kendisinden beklenen verimliliği sağlayamadığı durumda daha derinde bulunan sağlam zeminin desteğine ihtiyaç duyulur. Doğan bu ihtiyaç neticesinde derin temellere başvurulur. Temel ve zemin arasında gerçekleşen yük aktarımı sayesinde derinlerde yer alan sağlam zeminlerin yüksek kayma mukavemeti ve rijitliğinden faydalanılır. Özellikle ağır ve kritik yapılar için oluşabilecek taşıma kapasitesi ve oturma problemleri çözülerek yeterli ve güvenli alanlara ulaşmak mümkün olur. Kazıklar eksenel ve yanal doğrultuda gelen yüklerden dolayı basınç, çekme ve/veya yatay yükler etkisi altında olabilirler. Oturmaların sınırlandırılmasında, şev hareketlerinin engellenmesinde, yataydan ve dikeyden gelen zemin hareketlerini karşılamasında, su içerisinde yapılan köprü ayakları vb. gibi yapılarda, liman yapılarında, sıvılaşmanın olduğu zemin tabakasında gelen yükleri sağlam zemine sağlıklı bir şekilde transfer etmede, gevşek zeminlerin daha sıkı hale getirilerek iyileştirilip yapı yüklerinin güvenli bir şekilde zemine aktarılmasında temel kazıklarının rolü oldukça büyüktür. Derin temel sağlam tabakalara iletme görevini yaparak zeminle yapı temeli arasında rijit bir bağlantı oluşturur.

2.2. Kazıklı Temellerin Sınıflandırılması

En yaygın derin temel sistemi olan kazıklı temeller çalışma şekillerine, yük taşıma şekline göre, kullanılan malzemeye ve yapım şekline göre dört ana başlık altında sınıflandırılabilir.

Çalışma Şekline Göre Kazıklar

- Uç Kazığı
- Sürtünme Kazığı
- Kombine Kazık

Kullanılan Malzemeye Göre Kazıklar

- Ahşap Kazıklar
- Betonarme Kazıklar
- Çelik Kazıklar
- Kompozit Kazıklar

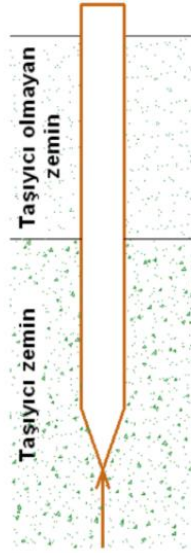
Yapım Şekline Göre

- Çakma Kazıklar
- Çakma Yerinde Dökme Kazıklar (Vibro, vibreks, franki vs.)
- Sondaj Kazıklar

2.2.1. Çalışma Şekline Göre Kazıklar

2.2.1.1. Uç Kazığı

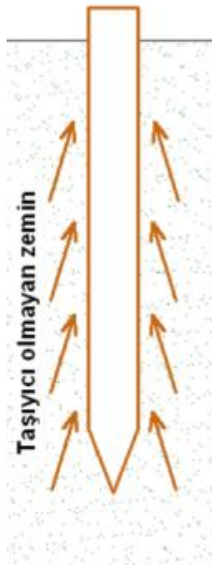
Sağlam zeminin kazık kullanılabilecek bir derinlikte olması ve sağlam zeminin üzerinde tamamen zayıf bir zemin bulunması halinde uç kazıklardan oluşan bir temel sistemi kullanılır. Uç kazığı tipindeki kazıklar, taşıma kapasitelerinin çoğunu kazık ucundaki zeminin penetrasyon direncinden alan ve üzerlerine gelen yükleri yapı tabanından oldukça derindeki sağlam zemine aktaran kazık türleridir. (Şekil 1)



Şekil 1. Uç Kazığı

2.2.1.2. Sürtünme Kazığı

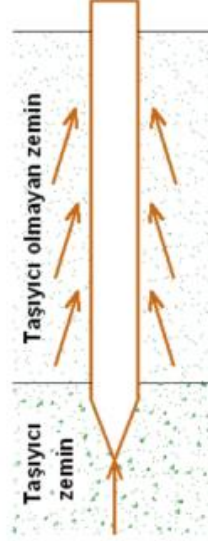
Kazık boyunun sağlam zemine ulaşamadığı durumlarda, kazığın üzerine gelen yükün tamamını sürtünme yoluyla çevresindeki zemine aktarmasının sağlanması şeklinde tasarlanan derin temel sistemi sürtünme kazıklarıdır. Bu kazıklar, zeminin mukavemetini kompaksiyon (sıkıştırma) ile artırmak mantığıyla kullanılır. Kohezyonsuz zeminlerde çakılarak imal edilen bu kazıkların çakımı sırasında oluşan titreşim, kum zeminleri sıkıştırır ve böylece kazık ve zemin blok halinde birlikte çalışırlar. (Şekil 2)



Şekil 2. Sürtünme Kazığı

2.2.1.3. Kombine Kazık

Kısmen uç – kısmen sürtünme kazığı olarak adlandırılan kombine kazıklar, yüklerini hem uç hem de sürtünme kuvvetiyle zemine aktaran derin temel sistemleridir. (Şekil 3)



Şekil 3. Kombine Kazık

2.2.2. Kullanılan Malzemeye Göre Kazıklar

2.2.2.1. Ahşap Kazıklar

Nakliye aşamasındaki kolaylığı ve ekonomik olmasından dolayı çoğu durumda tercih sebebi olan ahşap kazıklar; özel işlemlerden geçirilmeden su seviyesi üzerinde kullanılamamalarından dolayı büyük bir dezavantaja sahiptirler. Ahşap kazık, su ve zeminle ilişkisi kesildiğinde bozulan bir yapıya sahiptir. Su seviyesi altında uzun ömürlü iken; su seviyesi üstünde bazı mantar ve böcek türlerinden dolayı tahribat görebilir. Özellikle killi zeminlerde kazığın zemin ile adezyonu oldukça kuvvetlidir ancak sıkı kum, çakıl gibi zemin tabakalarında ahşap kazığı zemine çakmak çok zordur. Çakma işlemi sırasında zorlamalardan ötürü uçları ve gövdelerinde çatlak ve kırılmalar oluşabilir. Malzeme olarak yaygın bulunduğu bölgelerde maliyeti oldukça düşük olacağından ekonomik bir tercihtir. Kolay işlenebilirliği açısından daha çok müştemilat, ahşap ev vs.

yapımı için uygundur. Mukavemet açısından çok sağlıklı performans gösteremeyeceğinden yüksek ve ağır konut binaların yapımında kullanılamazlar. Koruyucu bir malzeme ile iyileştirmek maliyetli ve meşakkatli bir işlemdir. Bu sebeplerden dolayı çok sık kullanılan bir yöntem değildir. Ahşap kazık uygulamasının ülkemizdeki ilk en büyük örneklerden birisi 114 yıl önce inşa edilen Haydarpaşa Garı'dır.



Şekil 4. Ahşap Kazıklar (Decorexpro.com)

2.2.2.2. Betonarme Kazıklar

Uygulamalarda genel olarak en çok tercih edilen kazık çeşidi olan betonarme kazıklar; dayanım gücü kıyaslamasında da oldukça başarılı olan bir kazık türüdür. Uygulama öncesi projelendirme aşamasında üzerine gelen yükü en verimli şekilde zemine aktarabilmesi için çap ve boy tahlili yapılır. Beton kazıkların yapımında kullanılan beton kalitesine bağlı olarak ömrü oldukça uzundur. Yüksek kaliteli beton kullanılması kazık ömrünü uzatmasının yanı sıra yük taşıma kapasitesi de artacaktır. Betonun basınca olan dayanımından ve çeliğin çekmeye olan mukavemetinden yararlandığı için üzerine gelen yükü taşımada oldukça başarılı olan betonarme kazıkların uygulaması sırasında dikkatli ve özenli olmak gerekir. Yüksek katlı binalarda tercih edilebilir. Önceden dökülen türleri de mevcuttur. Önceden dökme beton kazıklar arazide çakılarak uygulanır. Bu çakma işlemi sırasında başlık ve gövdenin zarar görmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Kazık bütünlüğü kazığın işlevselliği açısından korunması gereken en önemli faktördür.

2.2.1.3. Çelik Kazıklar

Farklı kesitlere sahip olan; H,I ve dairesel profilleri bulunan bu kazık türü çakma kazık olarak kullanılırlar. Yüksek yük taşıma kapasitesine sahip bu kazıklar içleri beton doldurularak kompozit kazık olarak da kullanılabilirler. Uçları açık veya kapalı olabilir. Gövdelerinde oluşacak deformelerden dolayı yeraltı suyu ve deniz içlerinde kullanıma uygun değildir. Oksijenin olduğu yerlerde oksitlenme yaşanabileceğinden; kumlu zeminler gibi oksijenin çok olduğu zeminlerde ömürleri az iken, oksijen az olduğu daha katı zeminlerde ömürleri daha uzundur. Olumsuz dış etkilerden korunması amacıyla koruyucu malzemeler ile kaplanabilirler fakat kullanılan bu malzemeler ve işçilik, maliyeti arttıracaktır. Kaynak ile boyları uzatılabilir. Ahşap kazıkların aksine yeraltı suyu bulunan zeminlerde kullanılamazlar. İşçiliği ve maliyeti yüksek olduğundan ekonomik değildir. Çelikler ağır malzeme olduğundan nakliyesi ve uygulaması da oldukça zordur. Ekonomik ve pratik bir yöntem değildir. Bu dezavantajların yanı sıra oldukça yüksek yük taşıma kapasitesine sahiptirler.



Şekil 5. Çelik Kazıklar (İsapedia.com)

2.2.1.4. Kompozit Kazıklar

Kompozit malzeme, farklı verimli özelliklere sahip birden çok malzemenin en iyi özelliklerinden yararlanmak için bir arada kullanılmasıdır. Kompozit kazıklarda beton-ahşap, çelik-beton gibi farklı malzemelerin bir arada kullanılarak ortaya çıkardığı kazık çeşididir.

2.2.2. Yapım Şekline Göre

2.2.2.1. Çakma Kazıklar

Taşıyıcı eleman olarak da kullanılan çakma kazıklar aynı zamanda zemini sıkıştırma ile iyileştirmede de etkin rol oynayan yapı elemanlarıdır. Fore kazık gibi yöntemlerde zeminin içi boşaltıldığından gözlem yapılabilirken çakma kazıklarda bu çok mümkün değildir. Zemini gözlemleyemeden yerleştirmeye çalışmak önemli bir dezavantaj iken aynı zamanda zemini iterek sıkıştırma yapması da önemli bir avantajdır.

2.2.2.2. Yerinde Dökme Çakma Kazıklar

Sıvılaşma olan deprem bölgelerindeki gevşek zeminlerde suyu uzaklaştırıp zemini

sıklaştırmaları için kullanılabilir kazık çeşididir. Çelik çarıklı ucun kaplama borusuyla birlikte zemine çakılarak yerleştirilmesi şeklinde imal edilen, daha çok kendini tutamayan yumuşak ve balçık zeminlerde uygulanan ekspres kazıkların kullanımına benzeyen bir kazık sistemidir. Derinliğe ulaşılmca kaplama borusu zeminde kalır dış boru çekilir, donatılar konulduktan sonra beton ile sıkıştırılır.

2.2.2.3. Sondaj Kazıkları

Taşıma kapasitesi açısından yeterli olmayan zeminlerin üzerine gelecek yapıları desteklemek için uzun yıllardır kullanılan yöntemlerden biri olan sondaj kazıkları; aynı zamanda yüksek binaları güvenli şekilde taşımak ve inşaat faaliyetlerinin yapılacağı geniş arazi alanlarının altyapısını güçlendirmek için kullanılır. Yaygın olarak kullanılan çeşitleri fore kazık ve jet grout yöntemidir. Fore kazıkla zemin güçlendirmede betonun içerisine donatı yerleştirilirken, jet grout yönteminde zemine su ve çimento karışımı enjekte edilir. Fore kazık, jet grout yöntemine göre daha maliyetli bir yöntemdir. Sondaj kazıkları, yerinde dökme betonarme kazık ve delme kazıkları olarak da adlandırılır.

Fore kazıklar yerinde dökülen ve içerisine donatı yerleştirilen betonarme bir kazık çeşididir. Aynı zamanda hem betonun hem donatının işlevselliğinden yararlanan kompozit bir kolondur. Bu yöntemle elde edilen betonarme kazıklar zeminin çok altında olmasından dolayı yapı ile yer hareketini bütünleştirme görevi üstlenir. Projeye uygun makine ve ekipman seçiminin yanı sıra uygulama esnasındaki hava şartları durumu da sağlıklı bir kazık için önem arz eder. Zemin, projede belirtilen çap ve derinlikte dairesel kesitli delinir. Ardından donatılar yerleştirildikten sonra beton dökülür. Yaygın olarak kullanılan derin tiplerinden biri olan fore kazıklarda kazık çapları genellikle 45, 65, 80, 120 ve 150 cm civarında olmaktadır. Şekil 6'da imalatı tamamlanan fore kazıklar üzerinde kazık bütünlük deneyi yapılmaktadır. Bir diğer yaygın zemin güçlendirme yöntemlerinden jet grout yöntemi 2.2 başlığı altında detaylı bir şekilde anlatılacaktır.



Şekil 6. Fore Kazıklar

2.3. Jet Grout ile Zemin İyileştirme

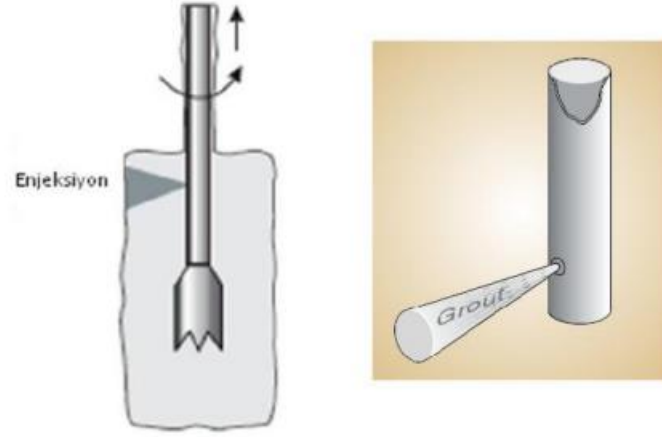
Jet grout yöntemi ile zemin iyileştirilmesinde amaç, olumsuz özellikler gösteren zeminin mekanik ve mukavemet özelliklerini iyileştirmektir. Bu zemin iyileştirme yönteminde kullanılan ana bileşenler; genellikle su ve çimentodur. Bu maddeler yüksek sabit basınç altında, sabit çekme hızı ve sabit dönme hızıyla yeraltında kolon oluşturur. Zemini sıkıştırma jet grout yönteminin görevlerinden biridir. Oluşan bu kolonun zeminle bütünleşmesi istenen durumdur. Bu sebeple yeraltında genişlemesi istenen bir durum iken daralmalar olumsuz etkenlerdir. Üst yapı yükünü taşıyamayan yumuşak zeminler için, zemine yardımcı elemanlar olarak görev yapan jet grout kolonları, homojen yapıdadır. Şekil 7’de iyileştirme uygulanan bir zemini görebiliriz.



Şekil 7. Jet Grout ile Zemin İyileştirme

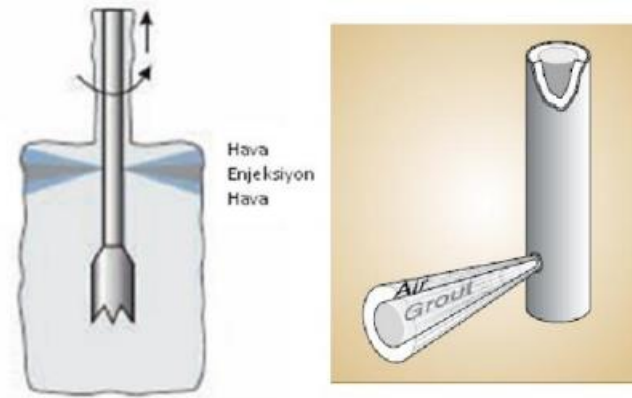
Zemin koşullarına, jet grout kolonundan istenen özelliklerine bağlı olarak Jet grouting teknikleri değişkenlik göstermektedir. Amaçlarına ve kullanım şekline göre Jet 1 (tek akışkanlı sistem), Jet 2 (çift akışkanlı sistem) ve Jet 3 (üç akışkanlı sistem) olmak üzere üç çeşit jet grouting tekniği bulunmaktadır. Bahsi geçen yöntemler temel olarak birbirlerine benzerken, yöntemlerde kullanılan aparatlar ve karışım malzemeleri değişkenlik göstermektedir. Uygulamada hangi yöntemin kullanılacağına karar verilmesi esnasında, zemin özellikleri, uygulama amacı, uygulama bölgesi, istenilen kolon çapı, mukavemet ve geçirgenlik gibi unsurlar ön plana çıkmaktadır.

Uygulamada kullanılan en basit ve yaygın metot olan Jet 1 yönteminde, su ve çimento aynı delgi içinde zemine basılarak kolon oluşturma işlemi gerçekleştirilir. Şekil 8.



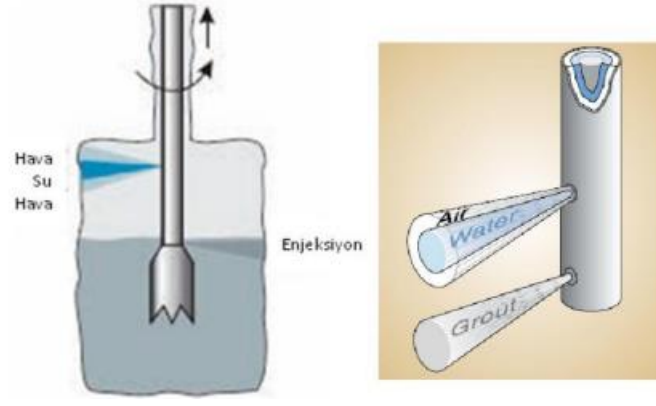
Şekil 8. Jet 1 Tekniği (Stark ve diğ. 2009, Soletanche Bachy)

Diğer bir jet enjeksiyon sistemi olan Jet 2 yönteminde; su ve çimento harcına ek olarak zemine akışkan olarak bir de hava basılır. Böylece zeminin parçalanması ve çimentolanması bu şekilde sağlanır. (Şekil 9)



Şekil 9. Jet 2 Tekniği (Stark ve diğ. 2009, Soletanche Bachy)

Özellikle kohezyonlu zeminlerde en etkili yöntem olan Jet 3 yönteminde ise hava ve su farklı basınçlardan aynı kanala basılırken, su ve çimento ayrı bir kanaldan zemine basılır. Böylece zeminin parçalanması yüksek enerjili su jeti tarafından sağlanırken, çimentolanma ise aynı anda farklı bir enjeksiyon karışımı jeti ile elde edilmektedir. (Şekil 10)



Şekil 10. Jet 3 Tekniği (Stark ve diğ. 2009, Soletanche Bachy)

Zemin etüt raporuna göre gerekli görülmesi halinde öncelikli olarak zemin iyileştirmesi talep edilir. İyileştirme açısından uygun görülen işlem jet grout yöntemi ise konunun uzmanlarınca geoteknik rapor hazırlanır. Bu raporda uygulanacak jet grout yönteminin tipi, kolonların hesapları ve analizleri ile birlikte, temel aplikasyonu baz alınarak ortaya çıkarılmış jet grout kolonları arası mesafeler, kolon çapı ve derinliği, başlangıç kotu ve derinlik kotu hakkında bilgiler verilir. Aynı zamanda, jet grout kolonlarının imalatı sonrası yapılması uygun görülen deneyler ile imalat aşamasında kullanılacak olan su-çimento oranı ve hangi basınç aralıklarında zemine enjekte edilmesi gerektiği yine bu raporda belirtilmelidir. Hazırlanan bu raporun neticesinde iyileştirme projesi çizilir. Projede belirtilen çap, boy ve mesafe gibi teknik detaylar uygulanır.

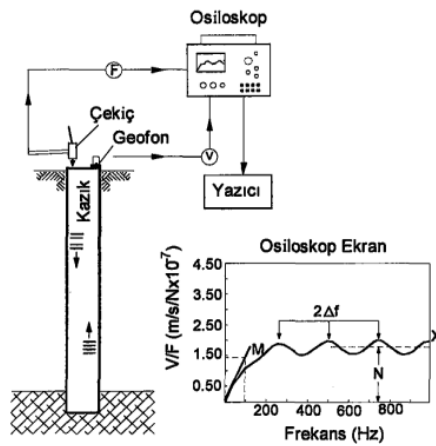
Jet grout uygulama sonrası çap kontrolü, tek eksenli basınç dayanımı kontrolü ve kolon boyu tahlili yapılır. Kolon çapının kontrolünde çalışma alanından seçilen bazı kolonlar meydana çıkartılır ve bir metre yardımıyla kolon çapları ölçülerek projede istenen kolon çapının sağlanıp sağlanmadığının kontrolü yapılır. Tek eksenli basınç dayanımı kontrolü, arazide kolonlardan alınan silindirik numunelerin laboratuvar ortamında basınç dayanımlarının belirlenmesi esasına dayanır. Numune alma işlemleri kolon imal tarihinden 28 gün sonra TS 10465'e göre (Beton Deney Metotları- Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini Yönetmeliği) uygun olacak şekilde yapılır. Kolon boyu tahlilinde kullanılan 3 yöntem vardır. Bunlardan ilki delgi yöntemi, diğeri sonik yol yöntemi ve sonuncusu da tez çalışması kapsamında detaylı olarak anlatılan süreklilik deneyi ile kolon boyu kontrolüdür.

3.BÖLÜM: KAZIK SÜREKLİLİK DENEYLERİ

Uygulanan jet grout kolonlarının fiziksel boyutları, sürekliliği ve tutarlılığı hakkında fikir edinilmesini sağlayan kazık süreklilik deneyleri diğer bir adıyla bütünlük testleri; ülkemizde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu deneyler vibrasyon deneyi, sonik süreklilik deneyi, nükleer loglama ve sismik süreklilik deneyleri olmak üzere 4 ana başlık altında toplanabilir.

3.1. Vibrasyon Deneyi

Titreşim uygulanarak bir ortama gönderilen dalganın geri dönüş hızının ölçülmesi esasına dayanan vibrasyon deneyinde, kazıkta meydana gelen dinamik kuvvetin büyüklüğünü ölçmek için, içerisine yük hücresi yerleştirilmiş küçük bir çekiç kullanılır. Bu çekiç ile kazık başlığına vurularak ortam titreştirilir ve dalganın geri dönüş hızı; bir hız iletim sistemi olan geofonlar aracılığı ile okunur. Vibrasyon deneyinin şematik olarak gösterimi Şekil.11’de verilmiştir.



Şekil 11. Vibrasyon Deney Düzeneği Şematik Gösterim

Deney sonucunda elde edilen veriler ışığında, kuvvet ve hız değerlendirilmesi ile bilgisayar ortamında frekans-hız/kuvvet grafikleri elde edilir. Elde edilen bu grafikler yardımıyla uygulanan kazığın boyu, kesit alanı ve kazık betonunun kalitesi hakkında bilgiye ulaşılmış olur. Kazığın uzunluğu 1 no.lu bağıntı yardımıyla, kazık kesit alanı ise 2 no.lu bağıntı yardımıyla bulunur (Reese 1988).

$$L = \frac{V_c}{2\Delta_f} \dots \dots \dots (1)$$

$$N = \frac{L}{\gamma_c} V_c A_c \dots \dots \dots (2)$$

Bağıntılarda geçen;

L: Kazık Boyu

V_c: Dalga Hızı

2Δ_f: Frekans Değişim Aralığı

γ_c: Betonun Birim Hacim Ağırlığı

A_c: Kazık En Kesit Alanı

N: Ortalama V/F Değeri

Vibrasyon deneyi sonucunda edilen bu grafikler yardımıyla kazıkların tepe noktaları da kolaylıkla görülebilmektedir. Bu tepe noktalar, kazık efektif uzunluğunun anlaşılmasında ve kazıktaki belirgin hataların ortaya çıkmasında kullanılmaktadır (Fleming, 1992).

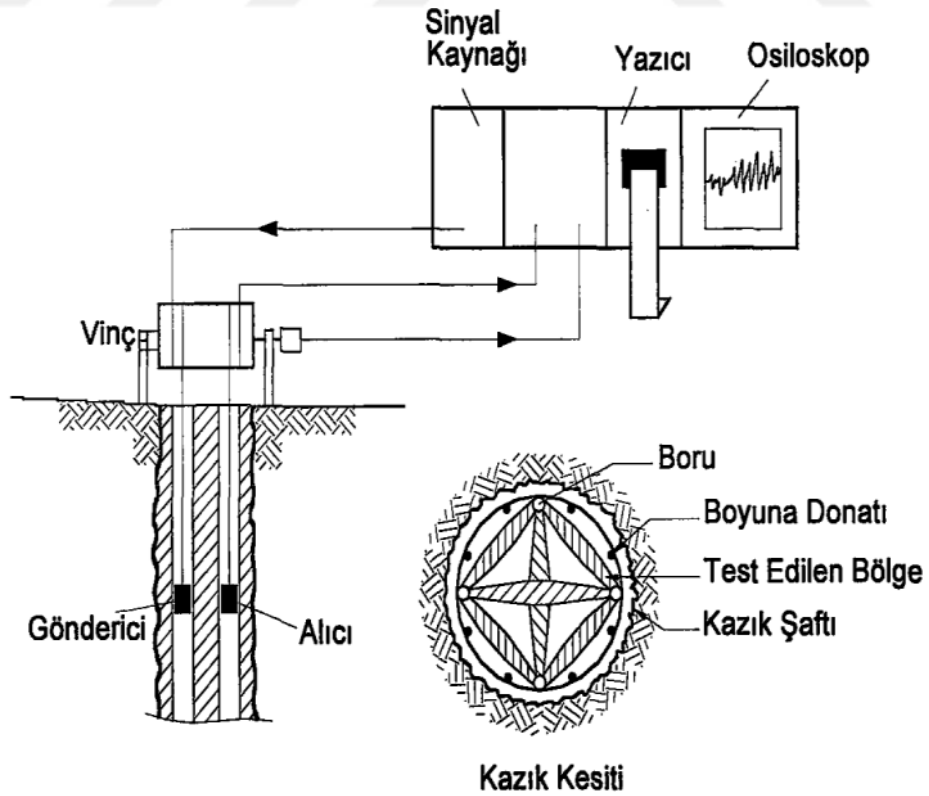
CEBTP tarafından geliştirilen vibrasyon deneyi, kazık geometrisi hakkında benzer bilgilerin elde edildiği sismik süreklilik deneyiyle benzer sonuçlar gösteren bir deney olmakla birlikte, söz konusu bu iki deney birbirlerinden sinyal alımı aşamasında ayrılmaktadır.

Deney sonuçlarına ait grafikler incelendiğinde genellikle rezonans tepe noktaları görülmektedir. Bahsi geçen bu tepe noktaları kazık efektif uzunluğunun anlaşılmasında ve kazıktaki belirgin hataların ortaya çıkmasında kullanılmaktadır (Fleming, 1992).

3.2. Sonik Süreklilik Deneyi

Sonik süreklilik deneyi; beton dökülmeden önce kazık elemanı içerisine yerleştirilen kılavuz borulardan indirilen deney ekipmanını içerisindeki bir kaynağın ses dalgaları üretmesi ve bu sinyallerin, diğer borudan indirilen alıcı vasıtası ile kaydedilmesi esasına dayanan bir deney yöntemidir. Beton kalitesindeki değişimin anlaşılması açısından gönderilen ses dalgalarının beton içinde yayılma hızının bilinmesi büyük avantaj sağlar. Bu sistemin diğer bir avantajı ise, kazık kesitinin tüm kazık derinliği boyunca taranabilmesine imkân tanınmasıdır. Böylece beton kalitesi ve kazığın sürekliliği hakkında kesin bilgiye ulaşılmış olunur. (Düzceer 2002).

Sonik süreklilik deneyi detaylı inceleme gerektiren kazıkları belirler. Özellikle mevcut süreklilik problemlerini ortaya çıkarması açısından yararlıdır. Ancak, bu deney yöntemi kazık taşıma kapasitesinin belirlenmesi amacıyla kullanılmamalıdır. (Deneç, 2006) Şekil 12’de Sonik Süreklilik Deneyi düzeneği gösterilmektedir.



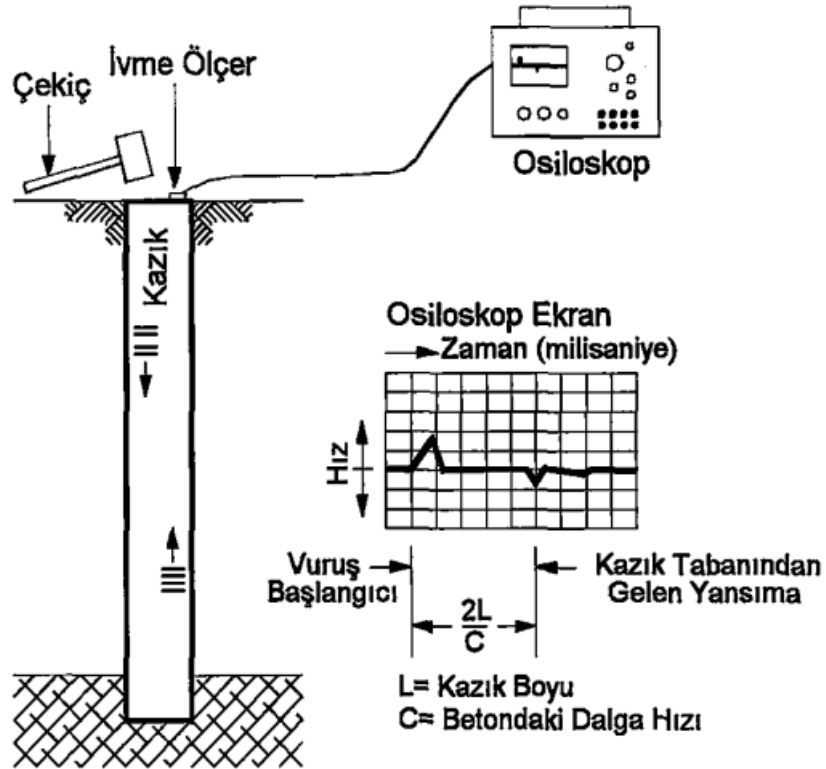
Şekil 12. Sonik Süreklilik Deneyi (Düzceer 2002)

3.3. Nükleer Loglama

Nükleer loglama yöntemi, sonik loglamadaki alıcıya benzer bir sistemle basınç dalgaları yerine radyasyon kullanılan bir yöntemdir. (Salman, 2010)

3.4. Sismik Süreklilik Deneyi

Kazık çap ve boy bütünlük kontrolü için uygulanan bu deneyde yöntem; kazık, ya da jet grout üstüne kendine özgü çekici ile vurulması ile yaratılan basınç dalgalarının kazık başına yerleştirilen bir ivme ölçer vasıtasıyla yansıma sinyallerinin kaydedilmesi prensibine dayanır. Çekiç ile oluşturulan basınç dalgalarının kolon içinde yayılması ve kazık ucu veya içindeki düşük kaliteli beton tabakasından yansıması sonucu elde edilen sinyaller algılanarak hız sinyali olarak kaydedilir. Beton kalitesinin eleman boyunca değişmediği gözlemlendiğinde de kazık durumu elde edilmiş olur. Eğer kazığın boyu biliniyorsa; dalganın yayılma hızı 3 no.lu bağıntı yardımıyla hesaplanabilir.



Şekil 13. Sismik Süreklilik Deneyi (Düzceer 2002)

$$V_c = \frac{2L}{\Delta_t} \dots \dots \dots (3)$$

Bağıntıda geçen;

V_c : Ses dalgasının beton içindeki yayılma hızı

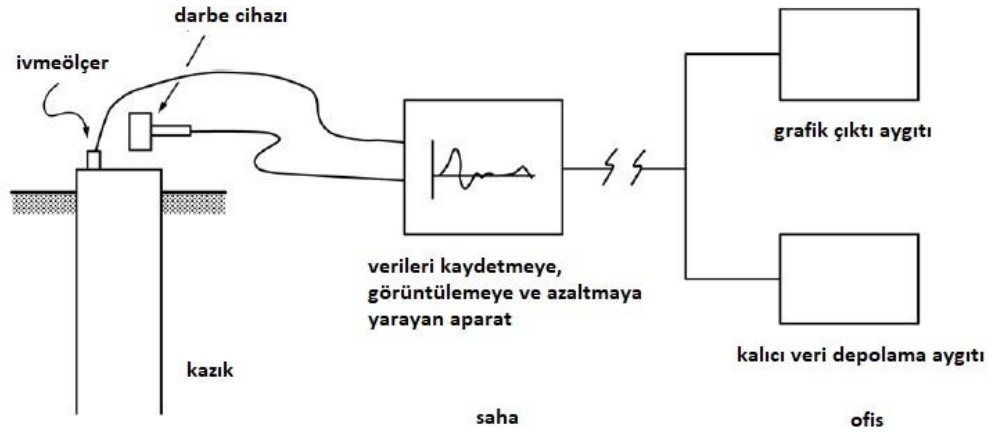
L : Kazık boyu

Δ_t : Kazık başlığına vuruş ile topuk yansıması arasında geçen süre

Düşük deformasyon seviyeli bir deney olan kolon süreklilik deneyini, elemanın çap ve boy sürekliliğinin denetlenmesi için uygun bir yöntemdir. Kullanılan betonun kalitesi ile ilgili olarak dalga hızının 3500–4000 m/sn ve jet-grout içerisindeki dalga hızının 2500–3500 m/sn civarında olduğu bilinmektedir. Böylece elde edilen deney sonuçlarından yola çıkarak kazık ya da jet grout elemanı beton kalitesinde bozukluk olup olmadığını belirlemek mümkündür. Kolon süreklilik deney sonuçları ile, kolon kesit farklılıkları, zemin özellikleri, kolon özgül ağırlığı aynı zamanda kolondaki boşluklar, betonun zemin ile karışması ve çatlaklar gibi kolonun öz direncini etkileyen durumlar ile ilgili bilgilere ulaşılabilir. Kazık kesitinde gözlemlenen azalma ve artışların belirlenmesi, kazık geometrisi hakkında bilgi edinmemizi sağlar.

Dalgadaki yansımalar; eleman bünyesindeki süreksizliklerden ve elemanın zemin ile arasındaki yüzeyin pürüzlülüğünden dolayı da meydana gelebilmektedir. İlerleyen ve yansıyan dalgalar ve daha sonraki yansılardan dolayı oluşacak bütün dalgalar, kolon uzunluğu boyunca birbiriyle girişim halinde bulunabilir. Kazık başlığına monte edilmiş ivme ölçerler aracılığıyla kaydedilen yansıyan dalganın büyüklüğü ve yansıma zamanı verileri ivme-zaman ve sonrasında hız zaman grafiklerine dönüştürülür. Hız, ivme sinyalinin integrali alınarak hesaplanmaktadır.

Sismik süreklilik deneyinin şematik diyagramı Şekil 14’de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü üzere ilk aşamada doğru bir şekilde yerleştirilen ivme ölçerden darbe cihazı yardımı ile ölçüm alınır. Alınan ölçüm sahada verileri kaydetmeye ve görüntülemeye yarayan aparat yardımıyla kaydedilir. Kaydedilen veriler ofis ortamında rapor edildikten sonra çıktı alınır ve saklanmak üzere depolama aygıtına atılır.



Şekil 14. Sismik Süreklilik Deneyi İçin Aparatın Şematik Diyagramı (ASTM D5882)

Süreklilik deneyinde boy tahlili, kalite ve süreklilik durumu kontrolü yapılabilirken; kolon içindeki yabancı cisimlerin kontrolü, kazık eksenindeki sapmalar ve düşey eksenindeki sapmalar gibi olumsuz durumların tespitini yapmak mümkün değildir. Bahsi geçen bu ve benzeri süreklilik deneyi ile tespit edilemeyen durumlar Bkz. Tablo 1’ de özetlenmiştir. Bu tablodan da görüldüğü üzere bu gibi durumlar ile karşılaşıldığında yansılarda herhangi bir değişim söz konusu olmamaktadır. Yansımanın üniform bir şekilde devam etmesinden kaynaklı bu problemler deneyi yapan mühendis tarafından tahsil edilemez. Yansımaların detaylı bir şekilde yorumlanmasına rehberlik edecek bilgiler tez çalışması kapsamında 5. Bölüm ’de detaylı olarak verilmiştir. Rapora eklenirken yansımaların doğru bir şekilde analiz edilmesi oldukça önemlidir.

Tablo 1. Süreklilik Testinde Tespit Edilemeyen Durumlar (Salman, 2010)

KAZIK PROFİLİ	TANIMLAMA	YANSIMALAR
	Uzunluk/Çap oranı yüksek çevre sürtünmesi -topuk yansıması yok	
	Kesitte aşamalı artım azalış	
	Ufak tefek karışımlar	
	Kazık eksenindeki sapmalar	
	Düşey eksen sapmalar	

4. BÖLÜM: SİSMİK SÜREKLİLİK DENEYİNİN KAZIKLARA UYGULANMASI

4.1. Teknik Hususlar

Kazıklarda bütünlük testi çakılmış beton veya yerinde dökme betona uygulanabilir. Deney sonrasında elde edilen yaklaşık grafikler kazık kesit alanının değerlendirilmesi ve uzunluğunun belirlenmesi, kazık bütünlüğü ve kazık malzemesini tutarlılığı ile ilgili bilgi verir. Kesit alanındaki daralma genişleme gibi yapısal sorunların boyutları hakkında fikir edinmemizi sağlar. Beton dökümden en erken 7 gün sonra ya da tasarım dayanımının 3/4'üne ulaştıktan sonra deney metodu uygulanabilir. Kazık başı yüzeyi erişilebilen tek alan olduğundan ölçümler oradan sağlanır. Kazık üstünün doğru bir şekilde hazırlanması başarılı sonuçlar için kritik öneme sahiptir. Test yönteminin sağlıklı bir şekilde uygulanması için sensörün ucu ile beton yüzeyi (kazık ucu) arasında sağlam bir bağlantı gereklidir. Ölçüm alınacak alan, varsa su seviyesinin üstünden ve toprak, toz veya inşaatın kaynaklanan bütün yabancı maddelerden arındırılmalıdır. İstenmeyen durumda bulunan kısım sağlam yüzeye ulaşmak için çıkarılır. Uygulama yapılacak alanda su mevcut ise kesinlikle uzaklaştırılmalıdır. Sensör ince bir bağlayıcı malzeme (mum, vazelin, oyun hamuru, macun vb.) ile temizlenmiş kazık başına yerleştirilir. Darbe konumu ve sensör arası 300 mm'den büyük olmamalıdır. Kazık başında düşük darbe etkisi yaratmak için darbe kaynağı (genellikle yumuşak uçlu çekiç) eksenel olarak kullanılır. Giriş kuvveti darbesi yerel kazık hasarına sebep olmadan yumuşak uçlu bir çekiç yardımıyla 45 derecelik açıyla uygulanır. Kauçuk darbeli çekiç, kazık veya temelin ucunda darbe yapmak için kullanılır. Çekiç ucu değiştirilebilir. Giriş darbesi yönü her zaman pozitif göstermelidir. Eksenel olarak uygulanan bu darbe sonucunda ivme ölçerden gelen sinyallerin hıza göre entegresi ile veriler alınır. Birkaç darbe uygulayarak ölçüm sonuçlarından birbiriyle çakışanlar daha sonra analiz edilmek

üzere kaydedilir. Birbiriyle çakışma göstermeyen grafikler sonuca yanlış etkileşim vermemesi açısından mutlaka silinmelidir. En az 3 adet uygun darbeye ait verilerin ortalaması alınır ve rastgele oluşan gürültü etkileri azaltılmalıdır. Dalga grafiklerini çevresel faktörler de etkileyebileceğinden, ölçüm alınan alanda yüksek tonajlı iş makineleri çalıştırılmamalıdır. Şekil 15’de sahada ölçüm yapıldığı görülmektedir. Tez kapsamında yapılan deney anında çekilen fotoğrafta da görüldüğü üzere kazık başı yabancı cisimlerden uzaklaştırılmış ve tıraşlanmıştır. Kireç tozu ile kazık başı işaretlenmiştir. Deneyin yapıldığı aksın sisteme doğru girilmesi için proje ile koordineli çalışılmalıdır. İnce bir bağlayıcı malzeme ile kazık başına yerleştirilen ivme ölçer ile darbe konumu arası 300 mm’den azdır.



Şekil 15. Sismik Süreklilik Deneyi Saha Uygulanması

Deney tahribatsız bir yöntem olduğundan tekrarlanabilir. Bu deney yöntemiyle üretilen sonucun kalitesi gerçekleştiren personelin yetkinliğine, kullanılan ekipman ve

uygulama alanının uygunluğuna bağlıdır. Şekil 16’da görseli verilen cihaz aparatları yumuşak dizaynlı bir çanta ile darbe ve toz gibi olumsuz durumlarından korunmalıdır. Deney sırasında sismik ölçüm yapan geofon oldukça hassas bir cihazdır. Deney uygulama aşamasında da şantiye alanındaki toz ve yabancı cisimlerden, yağmur, kar gibi hava olaylarından titizlikle korunmalıdır. Deneyde kullanılan kayıt cihazının yazılımını düzenli olarak güncellenmeli ve őarj edilmelidir. Deney esnasında ki darbelerden zarar gören yumuşak uçlu eki düzenli aralıklarla deđiőtirilmelidir. Kullanılan test cihazının tüm aparat bileőenlerinin durumunun da grafik sonuçlarını etkileyeceğinden düzenli aralıklarla kalibre edilmelidir. Uygun maliyetli, yerinde değerlendirme, tahribatsız ve tekrarlanabilir bir deney olduğundan oldukça kullanıőlı bir yöntemdir.



Şekil 16. Sismik Srekliplik Deneyi Ekipmanları (fprimec.com)

4.2. Raporlama

Deneyin uygulama aşaması kadar rapor edilme aşaması da önemlidir. Teste tabi tutulan her kazık için mevcut durum kayıt altına alınmalıdır. Bu kayıt esnasında kazığın

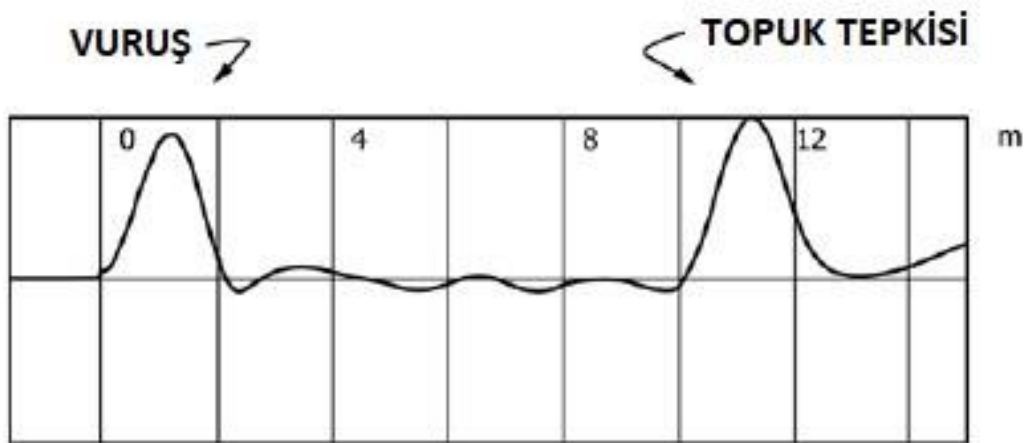
doğru bir şekilde tanımlanması gereklidir. Kazığın konumunu tanımlama ve isimlendirme aşamasında akslardan yararlanılabilir. Betonun toplam hacmi, geometrisi, yerleştirilme tarihi ve yöntemi ile birlikte deneyin yapıldığı tarihte kayıtlarda mutlaka belirtilmelidir. Zemin tabakaları ve katmanlarını belirlemede kullanılan tüm zemin etüt sonuçlarının raporları eklenmelidir. Aynı zamanda gözlemlene sonrasını not edilmek istenen önemli detaylar, çatlaklar ve kafa yüzeyi durumları eklenebilir. Dönüştürücü sensörlerin kazık başındaki konumu görsellerle desteklenmeli ve karşılık gelen ölçümler ile birlikte sunulmalıdır. Proje bilgileri, açıklamalar, değerlendirmeler ve proje tanımlama, konumu mutlaka bulunmalıdır. Kazık kurulum detayları; boyut, tip, çalışma performansı, ekipman bilgilerine yer verilmelidir. Test kazıklarının adı, tanımı, tipi, konumu, boyutları (uzunluk ve çap bilgisi) eklenir. Testte kullanılan ekipman bilgisi de verildikten sonra test sonuçları ve yorumu da eklenerek grafikler istenen sonuç raporuna dönüştürülmüş olur. Yorumlama yetisi mühendisin bilgi birikimine bağlıdır. Bu aşamada da diğer tüm aşamalarda olduğu gibi oldukça titiz ve dikkatli olunmalıdır.

4.3. Deney Sonuç ve Değerlendirme

Tutarlı kazık malzemesine, tekdüze kesit alanına ve uzunluk boyunca büyük kusurlara sahip olmayan sağlam bir kazık için, ana yansımanın kazık ucundan olması beklenir. Kazık uzunluğu boyunca herhangi bir büyük kusur varsa, bu kusurlardan gelen yansımalar tespit edilebilir. Kazıkların bütünlüğünü değerlendirmek için yansımalar incelenir. Kazık ucu (topuk) yansıması belirgin olmadığında, bütünlük değerlendirmesi kesin olmayabilir. Bazı durumlarda, zemin tepkisini ve kazık ucu topuk tepkisini ayırt etmek zordur. Çatlağa çarpıp yansıyan dalgadan dolayı deformasyonun altındaki kazık bölümünün değerlendirilmesi mümkün değildir. Tüm kusurları tanımlayamasa da büyük kusurları belirlemede yararlı bir araç olabilir. Kazığın kullanım amacını değiştirmeyecek ölçüde ki küçük değişimleri gözlemlememize olanak sağlar. İlk vuruş sinyalinin yansıması ve son topuk sinyali aynı yönde ise kazığın ucu serbesttir. Sert zemine soketlenmemiştir ve çevre sürtünmesine maruz kalabilir. Sert zemine soketlenmesi, sabit durabilmesi ve maksimum verim alınabilmesi için istenen bir durumdur. Deney sonuçlarının değerlendirmesinde başvurulabilecek bir Türk standardı veya yönetmeliği bulunmadığından deney sonuçları basınç dalgaları teorisini kullanarak değerlendirmeyi esas alan ASTM D5882 yönetmeliğine göre değerlendirilmektedir. Sonuçlar, zamanın bir fonksiyonu olarak analiz edilir. Çoğu durumda bu değerlendirme yeterli bilgi verir. Yatay

eksen, kazık derinliğini gösterirken dikey eksen, sinyalin normalleştirilmiş genliğidir. Bu eksenin mutlak değeri, test sonuçlarında herhangi bir fark yaratmaz. Bitiş noktası ise kullanıcı tarafından belirlenen kazık derinliğidir. Kesme dalgası etkisi, kazık içindeki çelik donatıdan kaynaklanan yüksek frekanslı yansımaların etkisini azaltmak için kullanılır. Dalga hızı, kazık malzemesinin cinsine ve durumuna göre ayarlanabilir. Bir dizi araştırmacı ve mühendis, malzemenin kalitesi ile malzemedeki sıkıştırma dalgası hızı arasında korelasyon tabloları geliştirmiştir. Deney sonuçları değerlendirilirken normal, kalitesiz sinyal, genişleme, daralma, şekilsiz sinyal, yalancı kolon, topuksuz yansıma, soketli uç, artan empedans, azalan empedans, lokal olarak artan empedans, lokal olarak azalan empedans, çoklu yansımadan dolayı anlaşılmayan topuk yansıması gibi durumlardan ötürü grafikte farklı formlar gözlemlenebilir.

ASTMM D5882'den alınan Şekil 17 görselinde de anlaşılabacağı üzere; vuruş yansıması ve topuk yansıması net olmalıdır. Kazık bütünlüğü sağlıklı olan bir betonda beklenen grafik bu şekildedir. Sürekliliğin devam etmemesi, topuk ve vuruş yansımalarının okunamaması veya hiç olmaması gibi durumlar uygun olmayan sonuçlardır. Uygun olmayan sonuçların çıkması durumunda kazık onarımı ya da değiştirilmesi talep edilmelidir. Bu kazıkların kabul edilebilirliği grafik sonuçlarını yorumlayan mühendisin muhakemesine bağlıdır. Deneylerin bütünlük değerlendirmesini yalnızca bu alanda uzmanlaşmış deneyime sahip mühendisler tarafından yapılmalıdır.



Şekil 17. Vuruş ve Topuk Yansıması (ASTM D5882)

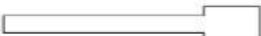
Test, fiziksel boyutların, kazığın sürekliliğinin ve kazık malzemesinin tutarlılığının değerlendirilmesi için niteliksel bir temel sağlar. Kazık bütünlüğü testi, mevcut kazıkların adli değerlendirmeleri için veya yeni inşaatın kalite kontrolü ve bütünlük değerlendirmesi için kullanılabilir. Kazık bütünlük testi, kazıkların bütünlüğünü ölçmek için saha veya laboratuvar uygulamalarında kullanılabilir.



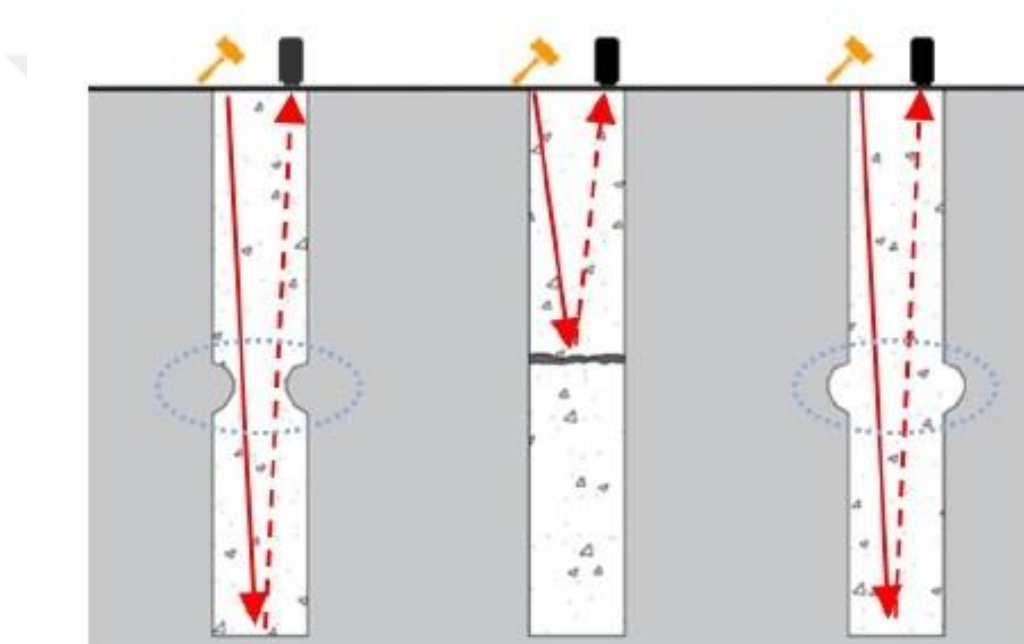
5. BÖLÜM: KAZIK PROFİLLERİ TANIMLAMA VE YANSIMALARI

Bu bölümde kazık süreklilik deneylerinin analizinde kullanılan profillerin tanımlama ve yansımaları açıklanacaktır. ASTM D5882 standardı baz alınarak hazırlan Tablo 2’de verilen bilgiler farklı kazık profillerinin oluşturacağı yaklaşık grafiği şematik olarak göstermektedir. Profillerin oluşturacağı yaklaşık grafiği şematik olarak bilmek; deney grafiklerinin yorumlanması ve raporlanmasında büyük rol oynar. Yansımaların sağlıklı okunabilmesi açısından da oldukça önemlidir.

Tablo 2. Kazık Profilleri Yansımaları (ASTM D5882)

KAZIK PROFİLİ	TANIMLAMA	YANSIMALAR
	düz kazık, serbest uç, beklenen uzunluk	
	düz kazık, sabit uç, beklenen uzunluk	
	düz kazık, serbest uç, beklenenden kısa	
	artan empedans	
	azalan empedans	
	lokal olarak artan empedans	
	lokal olarak azalan empedans	
	ince kazık, topuksuz yansıma	
	topuğa benzer çoklu yansımalar	
	düzensiz profil	

Kazık profilinde daralma, deformasyon, genişleme gibi durumlar oluştuğunda dalganın ilerlemesinin nasıl gelişeceği Şekil 18’de gösterilmektedir. Daralma ve genişleme durumlarında geri dönme hareketi yapmayan yansıma dalgası deformasyon durumunda geri dönüş sergilemektedir. Kazık süreklilik deneylerinde daralma ve genişleme durumlarını grafiğin şeklinden yola çıkarak yorumlamak mümkündür. Geri dönüş yansımasını topuğa kadar ileten sinyal bize kazık boyu hakkında fikir verir. Fakat deformasyon durumunda yansıma topuğa kadar ulaşmayacaktır. Deforme olmuş kazık verimli çalışamayacağından kısa kolon veya deforme olmuş kolon olarak yorumlanır ve ilave kolon önerilir.

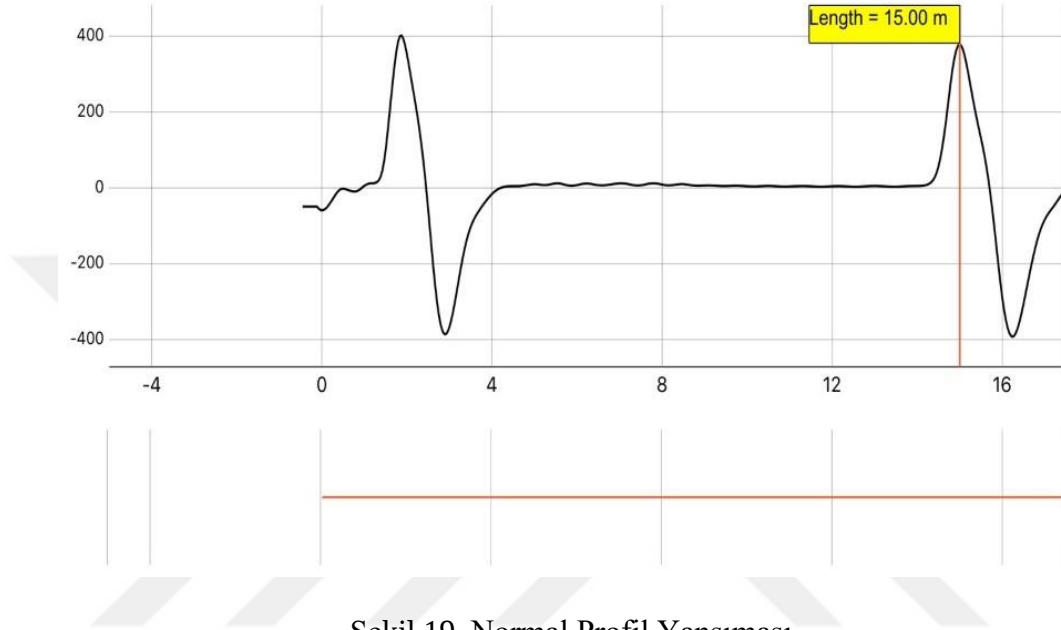


Şekil 18. Kazık Profilinde Daralma-Çatlak-Genişleme Durumları (2019 fprimec.com)

5.1. Normal Profil

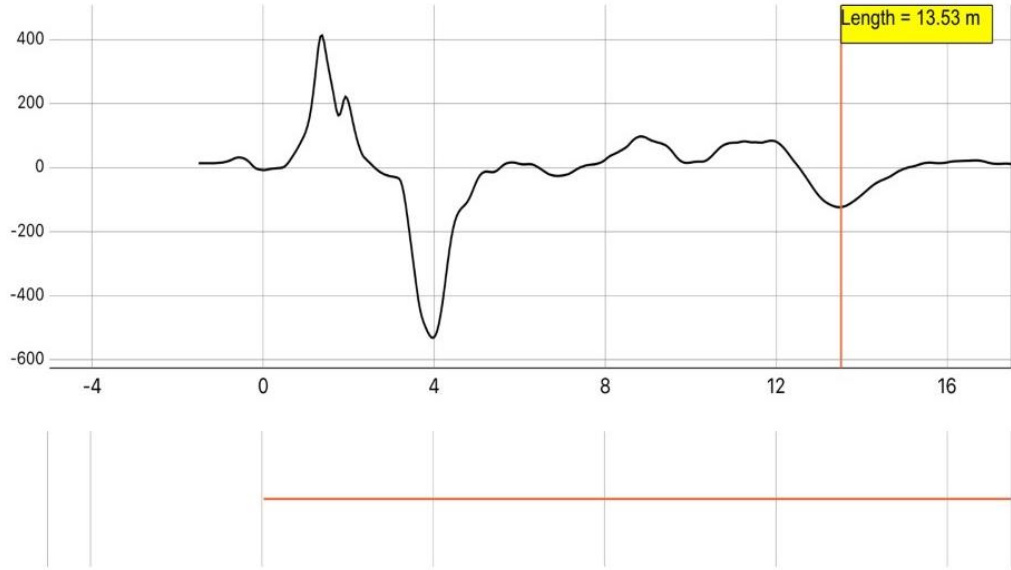
Normal profil olarak değerlendirilen yansılarda; vuruş yansıması ve topuk yansımasının belirgin olması beklenir. Vuruş yansıması ve topuk yansıması aynı yöne bakıyorsa serbest uç olduğu belirlenirken zıt yöne bakıyorsa sabit uçlu profildir. Lokal veya ara ara daralma ve genişleme olması beklenmez. Kazık profilinin normal profil olarak değerlendirilmesi için grafik yansımasının düzenli yansıması ve sağlıklı okunması beklenir. 15 m uzunluğundaki bir kolona ait bu Şekil 19’da verilen grafik, söz konusu bu elamanın istenen uzunluk ve kalite değerlerine sahip olduğu sonucunu vermektedir. X3Y1 no’lu aksta bulunan Jet-Grout kolonunda anormal bir duruma rastlanılmamıştır ve

herhangi bir yapısal bütünlük bozukluğu gözlemlenmemiştir. Kolonda daralma, genişleme veya norm dışı bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir. Kolonda şekilsizlik, yalancı kolon, artan azalan empedans gibi olumsuz etki yaratacak bir durum bulunmamıştır. Projede istenen değere uygun bir form çıkmıştır. Bu kolondaki değerler sağlıklı bir şekilde okunabilmiş ve bir süreksizlik bulunmadığı kanaatine varılmıştır.



5.2. Sabit Uç (Soketli Uç)

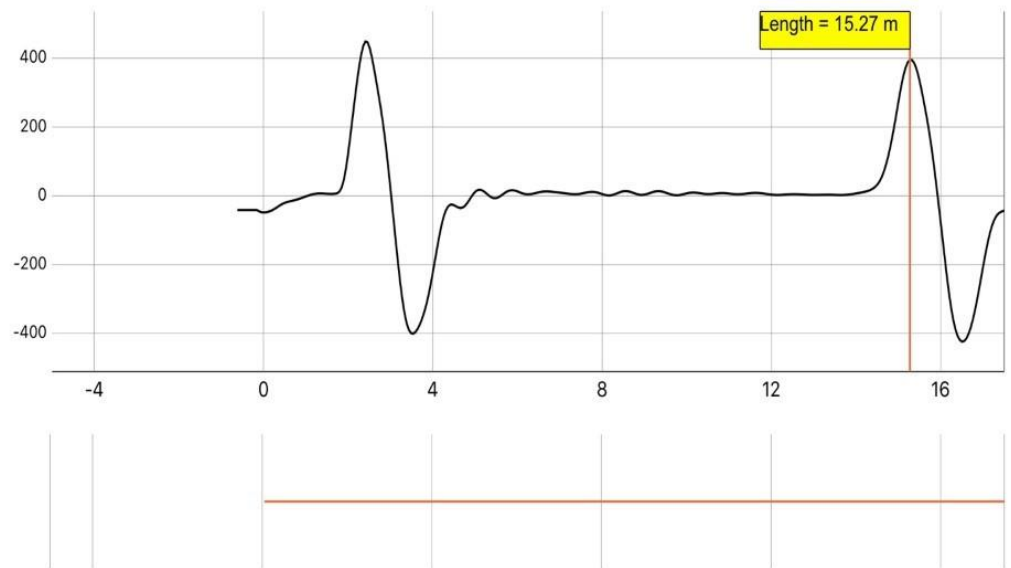
Jet grout kolonunun zemine sabitlenmesi durumudur. Sabit uç yansıması; vuruş yansıması ve topuk yansımasının zıt yönlerde bakması durumunda ortaya çıkan yansıma şeklidir. tez kapsamındaki yapılan deneylerde incelenen elemanların hiçbirinde uç yansıması örneğine rastlanılmadığı için konuya ait görsel örnek olması açısından başka bir deney sonucundan alınmış ve Şekil 20’de sunulmuştur. Görselde verilen ve 15.53 m boyunda olduğu bulunan bu kolonda yer yer genişlemeler gözlemlenmiştir. Genişlemenin olumsuz bir durum olmamasından kaynaklı yapısal bir süreksizlik gözlemlenmemiştir. Normal profil statüsünde değerlendirilen bu grafikte sabit uç gözlemlenmektedir.



Şekil 20. Sabit Uç Yansıması

5.3. Serbest Uç

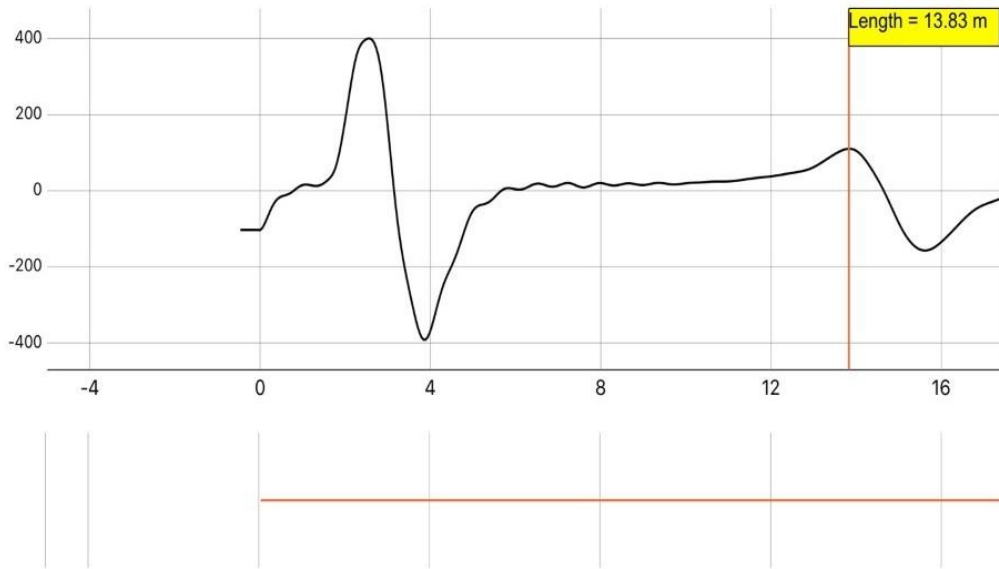
Serbest uç yansıması ise sabit uç yansımasının aksine vuruş yansıması ve topuk yansımasının aynı yöne bakması durumudur. Kazık kolonunun ucunun zemine sabitlenmemiş ve serbest durumda olduğunu gösteren yansıma çeşididir. Şekildeki yansıma serbest uçlu normal yansıma profilidir. X4Y4 no'lu aksta bulunan 15.27 uzunluğunda bulunan Jet grout kolonunun istenen uzunluk ve kalite değerlerine sahip olduğu deney sonucunda gözlemlenmiştir. Yapısal hiçbir sorun teşkil etmemektedir.



Şekil 21. Serbest Uç Yansıması

5.4. Kısa Profil

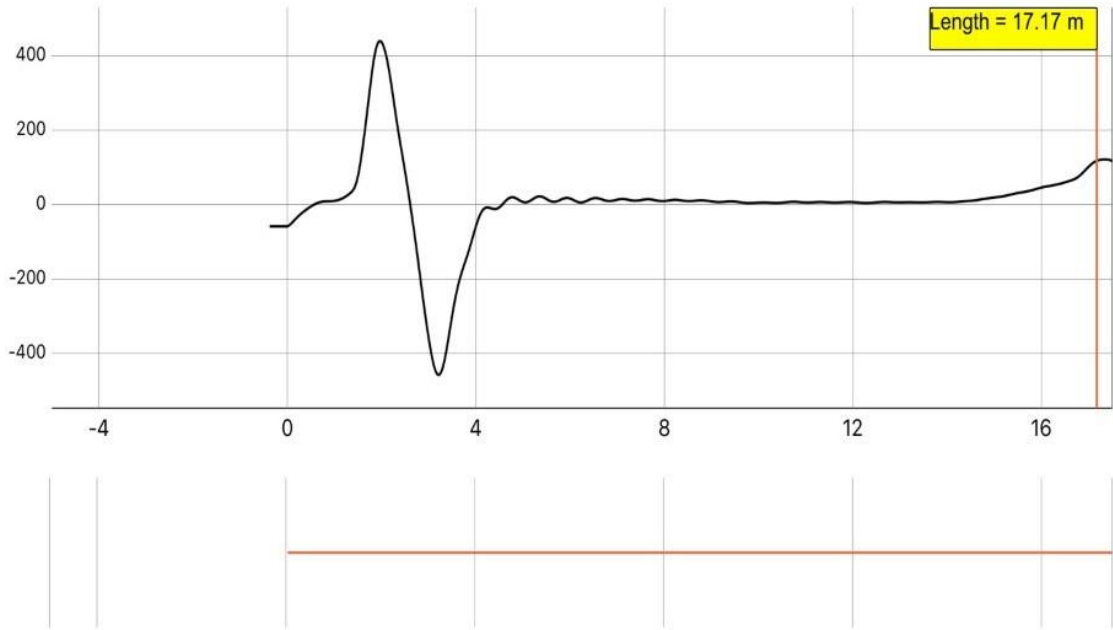
Kısa profil, beklenen uzunluktan ölçülen değerin kısa çıkması durumudur. Deneyin yapılma esnasındaki çevresel gürültü, karayolundan geçen taşıt, şantiye alanında çalışabilecek yüksek tonajlı iş makinelerinin zemini titreştirmesi, uygulayıcı mühendisin çekiç vuruş açısında yapmış olabileceği hata gibi sebeplerden dolayı yansıma sonucunun kısa çıkabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Kolon içerisindeki çatlak, boşluk ve derzlerin yanı sıra betonun kademeli dökülmesi, yanlış traşlama ve zemindeki yabancı maddelerin kazığa karışması gibi etkenler sinyalin çarpıp geri dönmesi yani topuk oluşturmaları sonucunda kısa çıkabilme olasılığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durumda deney tekrar edilebilir. Tekrarlanan deney sonuçlarında da kolonun kısa çıkması durumunda ilave kolon önerilmelidir. Şekil.22’de verilen X4Y9 no’lu aksta bulunan Jet-grout kolonu kısa kolon yansımasına bir örnek teşkil etmektedir. Uzunluğu 13.83 m olarak bulunan kolon istenen uzunluğun oldukça altındadır. Grafikteki geri dönüş yansımasının kolondaki herhangi bir çatlaktan dolayı da oluşması muhtemeldir. Kolon yapısında bir anomali gözlemlenmemiştir. Bu durum kolonda normal dışı form veya azalan empedans olmamasından kaynaklı negatif bir etki yaratmayacağından bir sorun teşkil etmemekle birlikte yalnızca kolon boyunun kısalığından dolayı ilave kolon önerilebilir. Fakat bunların yanı sıra taşıma gücüne etkisi olup olmadığına da bakılmalıdır. Topuk yansıması oldukça nettir.



Şekil 22. Kısa Profil Yansıması

5.5. Uzun Profil

Uzun profil, kolonun beklenen uzunluk yansımasından uzun çıkması durumudur. Kolonun uzun çıkması durumunun negatif bir etkisi yoktur. Kazığın çevresindeki yeraltı suyunun uzaklaştırılamaması, kazık başlığında oluşan yalancı kolon veya kabarmalar ile çevresel etkilere bağlı olarak oluşan istenmeyen durumlar başlık yansımasını uzatabilir. Kesitinde daralma veya yapısal bozukluk (çatlak, boşluk vs.) olmadığı sürece uzunluğun kazık süreksizliğine olumsuz bir etkisi olmamaktadır. Kazık başının iyi tıraşlanmamasından kaynaklı da kolon boyu uzun çıkabilir. Şekil.23’de X5Y3 no’lu aksta uzunluğu 17.17 m bulunan bu kazıkta uzun yansıma haricinde bir anormallik gözlemlenmemiştir. Grafikteki yansımada daralma-genişleme gibi durumlar görülmemektedir. Projede belirtilen uzunluktan yaklaşık 2 m uzun yapılan bu kolonda yapısal bir süreksizliğe veya kazık kalitesizliğine rastlanılmamıştır. Kazık zemin ilişkisi sağlıklıdır.



Şekil 23. Uzun Profil Yansıması

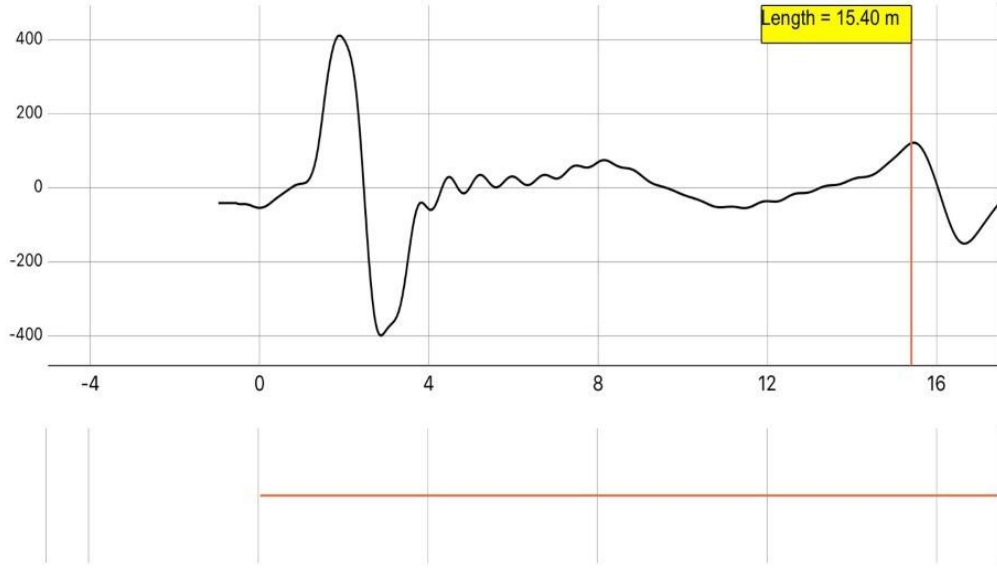
5.6 Artan Empedans (Genişleyen Profil)

Kolonun bazı noktalarında genişleme göstermesi durumudur. Kazıkta oluşan genişleme zeminle daha iyi bir etkileşime gireceğinden istenen bir durum söz konusudur.

Şekil 24. Genişleyen Profil Yansıması

5.7. Azalan Empedans (Daralan Profil)

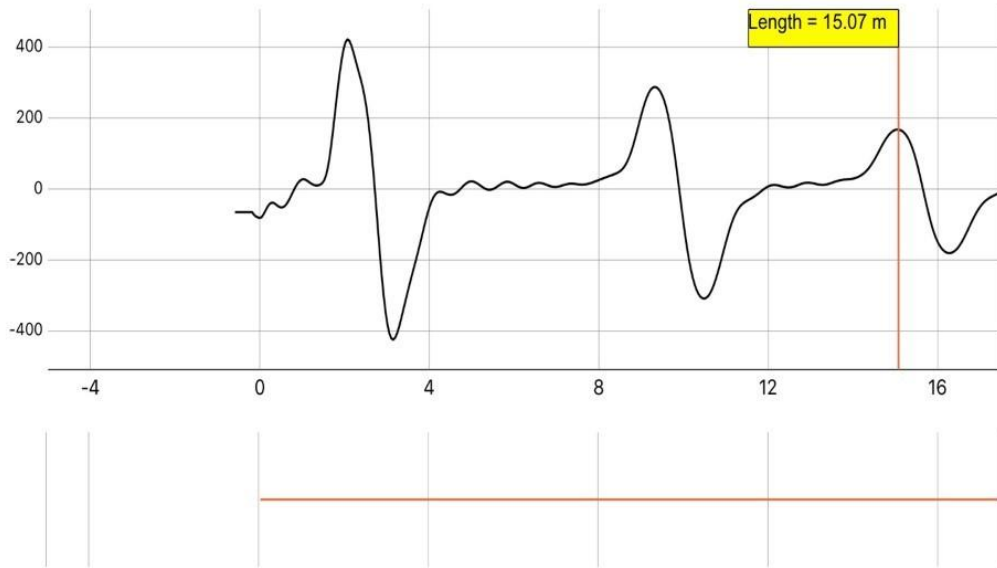
38



Şekil 25. Daralan Profil Yansıması

5.8. Lokal Artan Empedans (Lokal Genişleyen Profil)

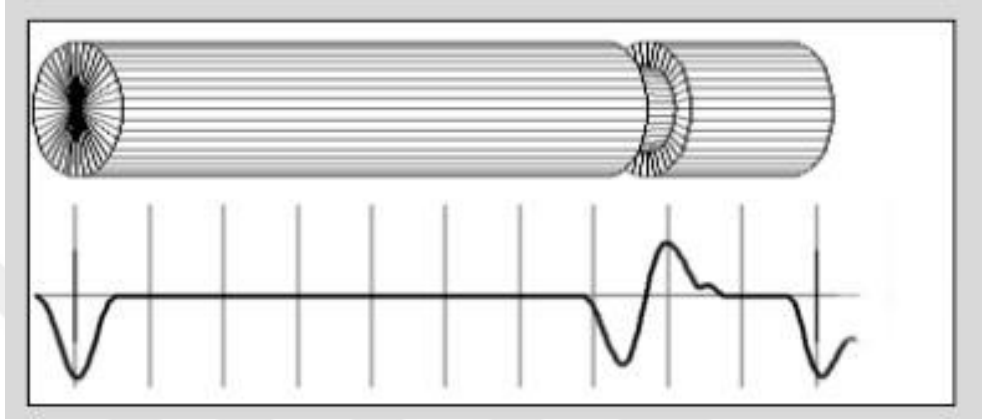
Genişlemenin zemin ile yapacağı pozitif çevre sürtünmesi etkisinden dolayı istenen bir durumdur. Genişleme durumlarında zemin ile kolonun tutunma durumu daha sağlıklı olacağından pozitif etki yaratır. Kazığın çalışma prensibini etkileyecek bir durum yoktur. Şekildeki X2Y1 no'lu aksta bulunan jet grout kolonu uzunluğu 15.07 m olarak bulunmuştur. 8-11 m aralığında lokal olarak artan empedans gözlemlenmiştir.



Şekil 26. Lokal Artan Empedans Yansıması

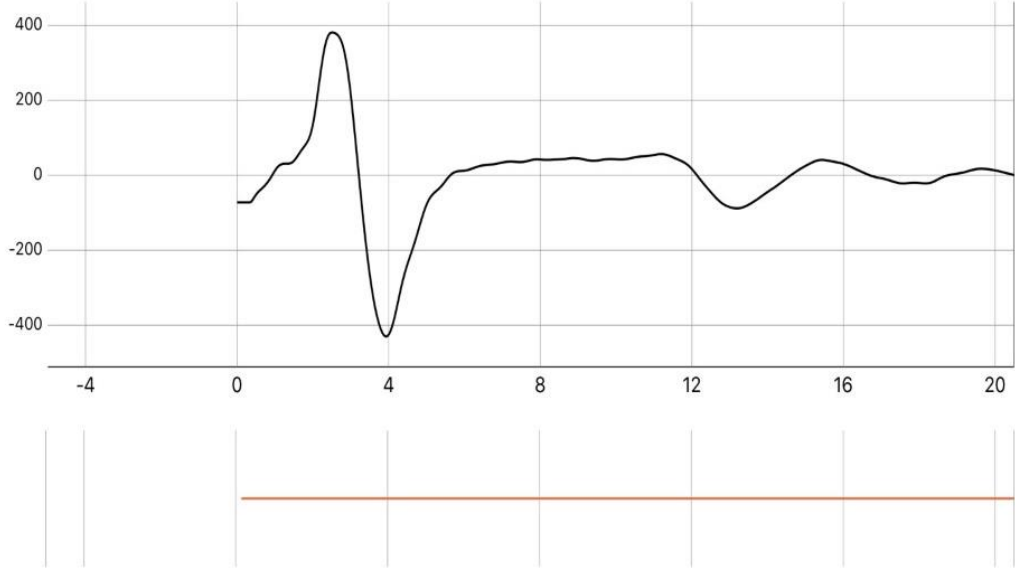
5.9. Lokal Azalan Empedans (Lokal Daralan Profil)

Genişlemenin zemin ile yapacağı pozitif çevre sürtünmesi etkisinden dolayı bir problem oluşturmamasının aksine daralma istenmeyen bir durumdur. Daralma durumlarında zemin ile kolonun tutunma durumu güçleşeceğinden göz önüne alınması gereken bir problemdir. Şekilde verilen görsel lokal olarak azalan empedansa örnektir.



Şekil 27. Lokal Azalan Empedans (İstanbul İmo Arşiv)

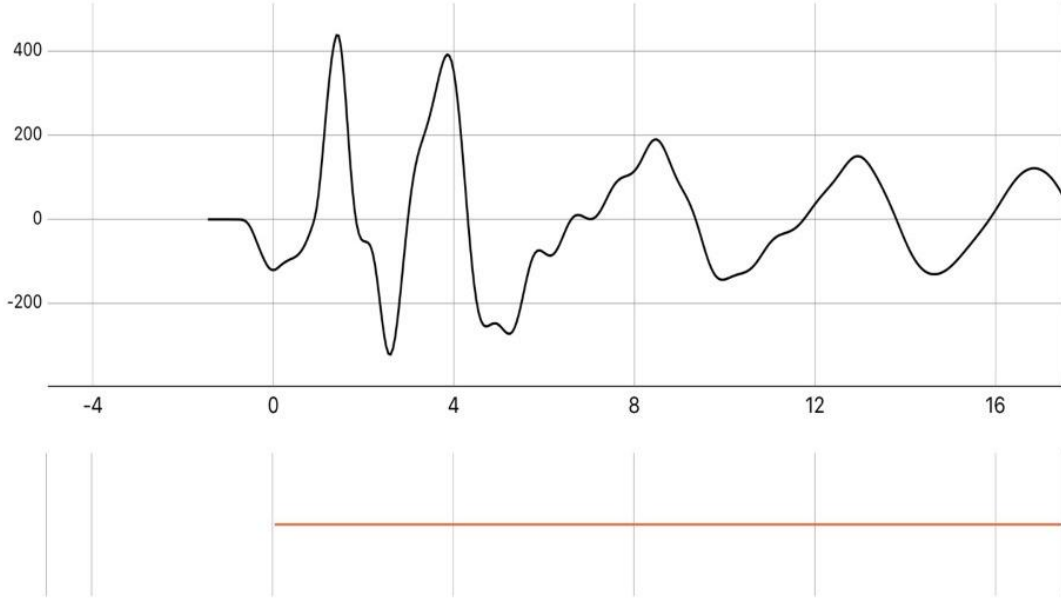
Şekildeki kolonda 12-16 m aralıklarında lokal olarak azalan empedans tespit edilmiştir. Kazığın çalışma prensibini negatif etkileyecek bu durum için ilave kazık gibi çözüm önerisi sunulabilir. Kolonda oluşan genişleme çevre sürtünmesi ile zeminle daha iyi etkileşim kurarken daralma olan kısımda bu durum olumsuz sonuç doğurmaktadır. Şekilde görülen yansıma şekli tez kapsamındaki yapılan deneylerde lokal azalan empedans yansıması örneği çıkmadığı için başka bir deney sonucundan bu yansıma şeklinin gösterilebilmesi için örnek olarak alınmıştır.



Şekil 28. Lokal Azalan Empedans Yansıması

5.10. Kalitesiz Sinyal

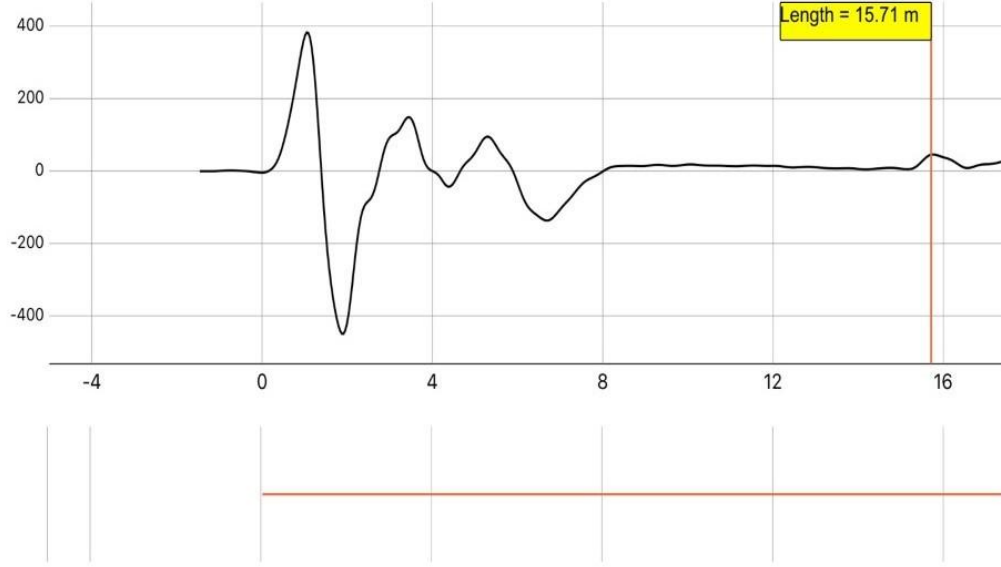
Kalitesiz sinyal, deneyin yapılma esnasındaki çevresel gürültü, karayolundan geçen taşıt, şantiye alanında çalışabilecek yüksek tonajlı iş makinelerinin zemini titreştirmesi, uygulayıcı mühendisin çekiç vuruş açısında yapmış olabileceği hata vs. gibi sebeplerden dolayı yansıma sonucunun kalitesiz çıkması durumudur. Topuk yansıması alınamayan sonuçlar da kalitesiz sonuç olarak değerlendirilebilir. Bu deney sonucu kesinlikle kullanılmamalıdır ve deney tekrar edilmelidir. Şekilsiz yansıma sonucu yansıması ile karıştırılmamalıdır. Bu iki durumun ayrımı yapılabilmesi için tekrar eden deney sonucuna bakılmalıdır. Aynı sonucun tekrar etmesi durumunda uygulanan kolonda sorun vardır. Aksi durumda deney sonucu hatalıdır. Bu hata tekrarlama ile giderilebilir.



Şekil 29. Kalitesiz Sinyal Yansıması

5.11. Şekilsiz Yansıma (Düzensiz Profil)

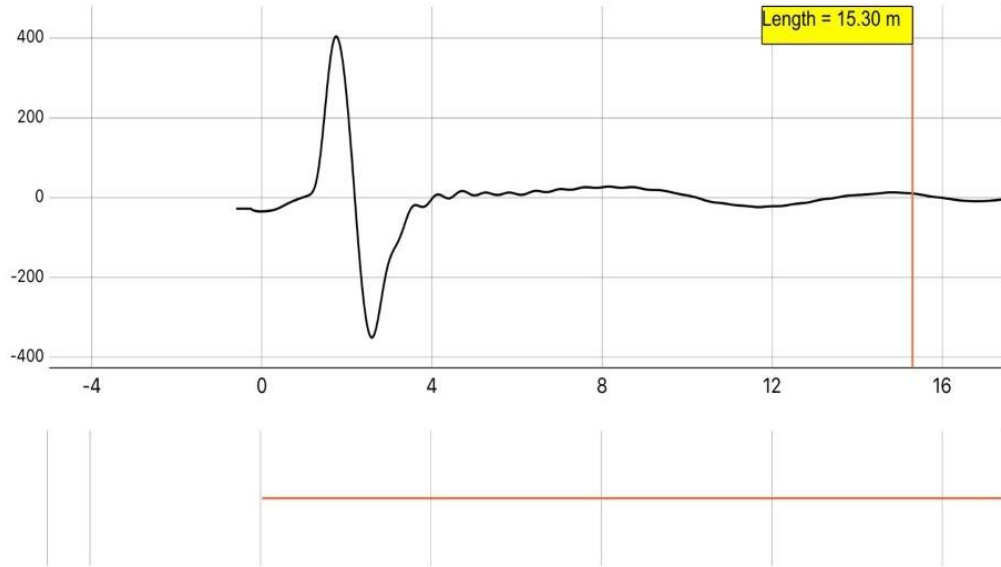
Şekilsiz yansıma üniform olarak dağılmayan yansıma şeklidir. Sıklıkla daralma genişleme durumları bir arada görülür. Dalgalanma şeklinde görünür. Deneyin uygulanması aşamasında bir hata yapıp yapılmadığının anlaşılabilmesi için deney sonucu tekrarlanır. Bu tekrarlama sonucu kalitesiz yansıma ile karışması engellenmiş olur. X3Y6 no'lu aksta bulunan Jet-grout kolonu; uzunluk olarak 15.71 m okunan bu kolon da yer yer daralma ve genişlemeler tespit edilmiştir. 3-4 m aralığında görülen genişlemenin istenen bir durum olmasının yanı sıra 6-8 m arasındaki daralma istenmeyen bir durumdur. Kolonda oluşan genişleme çevre sürtünmesi ile zeminle daha iyi etkileşim kurarken daralma olan kısımda bu durum olumsuz sonuç doğurmaktadır. Bu sebeple genişleme istenen bir durum iken daralma değildir. Bu şekilsiz yansıma grafiğinden dolayı kolon yerine ilave kolon düşünülebilir.



Şekil 30. Şekilsiz Yansıma

5.12. Topuksuz Yansıma

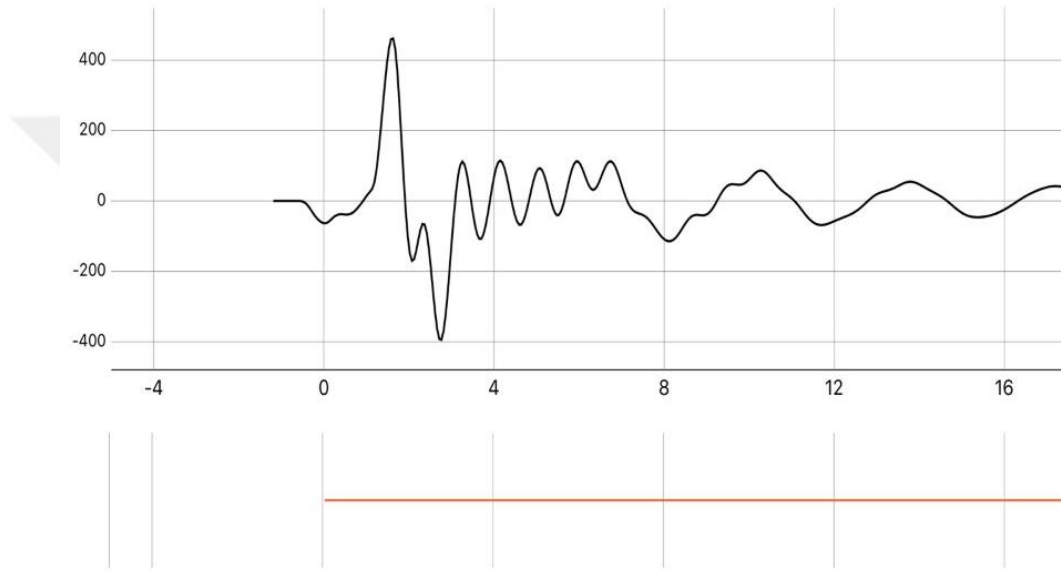
Topuk yansımasının deney grafiğinde görüntülenmemesi durumudur. X5Y8 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.30 m olan bu kolon, diğer 49 kolona nispeten topuk yansıması okuması alınamayan tek kolondur.



Şekil 31. Topuksuz Yansıma

5.13. Çoklu Yansımada

Birden fazla topuk yansımasına benzer yansımada oluşması durumudur. Şekilde görülen yansımada şekli tez kapsamındaki yapılan deneylerde çoklu yansımadan dolayı topuksuzluk örneği çıkmadığı için başka bir deney sonucundan bu yansımada şeklinin gösterilebilmesi için örnek olarak alınmıştır. Şekilsiz yansımada ile karıştırılmamalıdır. Şekilsiz yansımada topuk net bir şekilde okunmaktadır. Okunmaması durumu çoklu yansımada olarak nitelendirilir.

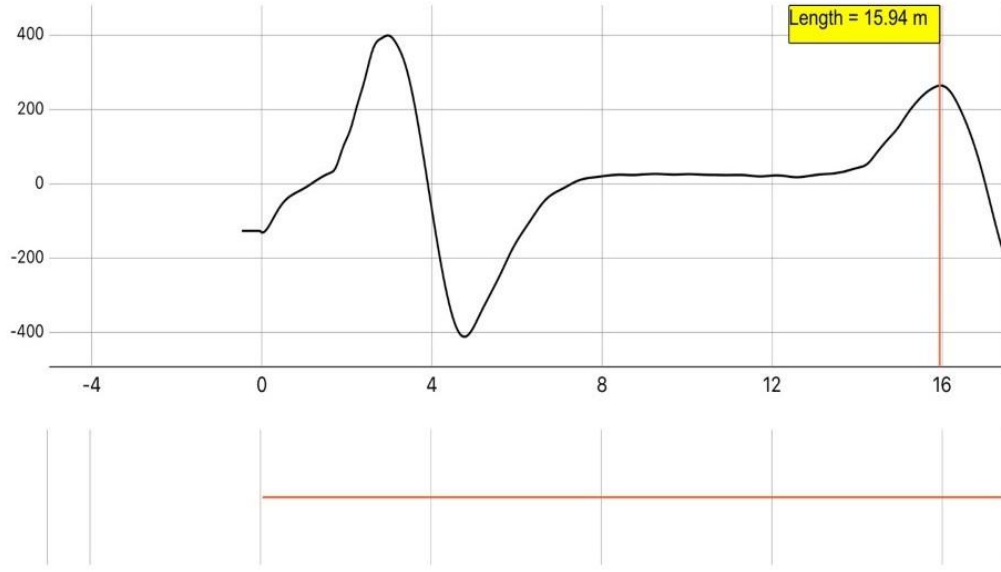


Şekil 32. Çoklu Yansımada

5.14. Yalancı Kolon

Zemin içerisinde oluşturulan kolonun yüzeyde kabarma oluşturmaması için tiji çekerken basıncın düşürülmesi sonucunda yalancı kolon oluşabilir. X1Y8 aksında 15.94 m bulunan jet grout kolonunun başlık yansıması çok uzun gözlemlenmiştir. Bu kolonda 0-1 m aralığında yalancı kolon olduğu tespit edilmiştir. Projede belirtilen uzunluktan daha uzun uygulanması sebebiyle yalancı kolonun yaratacağı etki minimize edilmiş olup güvenli tarafta kalınmıştır. Kazığın çevresindeki suyun uzaklaştırılamaması, kazık başlığında oluşan yalancı kolon veya kabarmalar ile çevresel etkilere bağlı olarak oluşan istenmeyen durumlar başlık yansımasını 4 m uzaklığa kadar iletmiştir. Bu sebeple başlık yansımasından kaynaklı bir sapma varsa bile bunu tolere edecek uzunluk ölçümde

görülmektedir. Bu durum göz ardı edilmemelidir.



Şekil 33. Yalancı Kolon Yansıması

6.1. Y1 Aksı Kolonları

X1Y1 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.40 m olarak bulunmuştur. Kolonda anormal bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

X2Y1 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.07 m olarak bulunmuştur. 8-11 m aralığında lokal olarak artan empedans gözlemlenmiştir.

X3Y1 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.00 m olarak deney sonuç garfğinde gözlemlenmektedir. Kolonda daralma, genişleme veya norm dışı bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

X4Y1 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.03 m olarak gözlemlenmektedir. Kolonda şekilsizlik, yalancı kolon, artan azalan empedans gibi olumsuz etki yaratacak bir durum bulunmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

X5Y1 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 14.91 olarak bulunan bu kolon projede istenen uzunluktan 9 cm kısa gözlemlenmektedir. Deneyin yapılma esnasındaki çevresel gürültü, karayolundan geçen taşıt, şantiye alanında çalışabilecek yüksek tonajlı iş makinelerinin zemini titreştirmesi, uygulayıcı mühendisin çekiç vuruş açısında yapmış olabileceği hata vs gibi sebeplerden dolayı %2 hata payı göz önünde bulundurularak bu kolon kabul edilebilir standartlar içerisinde. Kolon yapısında bir anomali gözlemlenmemiştir.

6.2. Y2 Aksı Kolonları

X1Y2 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; yapısında normal dışı bir durum olmayan bu kolonun uzunluğu 15.16 m olarak bulunmuştur. Şekilsiz yansıma, çoklu yansıma, istenmeyen empedanslar gibi olumsuz durumlara bu kolonda rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik gözlemlenmemektedir.

X2Y2 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 15.09 m bulunan kolon uzunluğunun içerisinde 5-8 m aralıklarında kolonun çalışma prensibini etkilemeyecek ufak çaplarda artan azalan empedanslar görülmektedir. Yapısal bir süreksizliğe rastlanılmamıştır.

X3Y2 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 15.56 m olarak bulunmuştur. Kolonda normal dışı bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

X4Y2 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 15.63 m uzunluğu bulunan bu kolonda herhangi bir süreksizlik gözlemlenmemiştir. Projede istenen değere uygun bir form çıkmıştır.

X5Y2 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.26 m olarak bulunmuştur. Kolonda anormal bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

6.3. Y3 Aksı Kolonları

X1Y3 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.21 m olarak bulunmuştur. Kolonda anormal bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

X2Y3 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.28 m olarak bulunmuştur. Kolonda anormal bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

X3Y3 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 14.55 uzunluğunda bulunan bu kolon istenen boyundan 45 cm daha kısa olduğunun gözlemlenmesinin yanı sıra 9-11.5 m aralıklarında lokal olarak artmış empedansa rastlanılmıştır. Bu normal dışı form azalan olmamasından kaynaklı negatif bir etki yaratmayacağından bir sorun teşkil etmemekle birlikte kolon boyunun kısalığından dolayı ilave kolon önerilebilir.

X4Y3 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 15.31 m bulunan bu kolonda 0-1 m

aralığında yalancı kolon olduğu gözlemlenmektedir. Zemin içerisinde oluşturulan kolonun yüzeyde kabarma oluşturmaması için tiji çekerken basıncın düşürülmesi sonucunda bu grafikte görüldüğü gibi yalancı kolon oluşabilir. Projede belirtilen uzunluktan daha uzun uygulanması sebebiyle yalancı kolonun yaratacağı etki minimize edilmiş olup güvenli tarafta kalınmıştır. Yapısal bir süreksizliğe veya kazık kalitesizliğine rastlanılmamıştır.

X5Y3 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 17.17 m bulunan bu kazıkta herhangi anormal bir duruma rastlanılmamıştır. Projede belirtilen uzunluktan yaklaşık 2 m uzun yapılan bu kolonda yapısal süreksizlik gözlemlenmemiştir.

6.4. Y4 Aksı Kolonları

X1Y4 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.90 m olarak bulunmuştur. Kolonda anormal bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

X2Y4 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 16.39 m bulunan bu kolonda ufak çaplı daralma genişlemeler gözlenmekte fakat süreksizliğe sebebiyet vermemesi açısından herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. Yapısal bir bozukluk veya süreksizliğe rastlanmamıştır.

X3Y4 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.40 m bulunan kolon istenen ölçütlere sahiptir. Fakat 9-13 m aralığında daralma gözlenmesi sebebiyle ilave kolon önerilebilir.

X4Y4 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 15.27 uzunluğunda bulunan bu kolon istenen uzunluk ve kalite değerlerine sahip olduğu deney sonucunda gözlemlenmiştir. Yapısal hiçbir sorun teşkil etmemektedir.

X5Y4 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.36 m olarak bulunmuştur. Kolonda anormal bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

6.5. Y5 Aksı Kolonları

X1Y5 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 14.95 olarak bulunan bu kolon projede istenen uzunluktan 5 cm kısa gözlemlenmektedir. Yapısal bir süreksizliğe rastlanılmamıştır.

X2Y5 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 14.51 olarak bulunan bu kolon projede istenen uzunluktan 49 cm kısa gözlemlenmektedir. Yapısal bir süreksizliğe rastlanmamasının yanı sıra 49 cm kısa olmasından kaynaklı ilave kolon önerilebilir.

X3Y5 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 15.07 uzunluğunda bulunan bu kolonda yer yer şekilsizlikler gözlemlenmiştir. Bu şekilsizliklerin kolonun taşıma gücüne negatif bir etkisi olacağı düşünülmemektedir.

X4Y5 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 15.71 uzunluğunda bulunan bu kolonda ufak çaplı anomalilere rastlanılmıştır. Fakat kolonun taşıma gücüne bir tehdit oluşturmayacak minimalde olan bu değişimler göz ardı edilebilir düzeydedir.

X5Y5 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 15.11 m bulunan bu kolondaki şekilsiz yansıma grafiğinde yer yer daralmalara ve genişlemelere rastlanılmıştır. 8.5-12 m arasında görülen daralmadan dolayı ek kolon önerilebilir.

6.6. Y6 Aksı Kolonları

X1Y6 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 16.35 m bulunan bu kolon projede belirlenen uzunluktan fazladır. Yapısal bir bozukluk veya süreksizlik yansımasına rastlanmamıştır.

X2Y6 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 15.92 m uzunluğundaki kolonda alınan sinyal kaliteli ve başarılıdır. Grafikteki yansıma okunduğunda herhangi bir problem olmadığı gözlemlenmiştir.

X3Y6 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluk olarak 15.71 m okunan bu kolon da yer yer daralma ve genişlemeler tespit edilmiştir. 3-4 m aralığında görülen genişlemenin istenen bir durum olmasının yanı sıra 6-8 m arasındaki daralma istenmeyen bir durumdur. Genişlemenin zemin ile yapacağı pozitif çevre sürtünmesi etkisinden dolayı bir problem oluşturmamasının aksine daralma istenmeyen bir durumdur. Daralma durumlarında zemin ile kolonun tutunma durumu güçleşeceğinden göz önüne alınması gereken bir problemdir. Kazığın çalışma prensibini negatif etkileyecek bu durum olduğu için ilave kazık gibi çözüm önerisi sunulabilir. Kolonda oluşan genişleme çevre sürtünmesi ile zeminle daha iyi etkileşim kurarken daralma olan kısımda bu durum olumsuz sonuç doğurmaktadır. Bu sebeple genişleme istenen bir durum iken daralma değildir. Bu şekilsiz yansıma grafiğinden dolayı kolon yerine ilave kolon düşünülebilir.

X4Y6 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 15.19 m uzunluğunda okunmuştur. 8-12 m aralığındaki artan azalan empedanstan dolayı ilave kazık önerilebilir. Çoklu yansımadan dolayı topuk yansıması sağlıklı okunamamıştır. Grafikte soketli ucu da gözlemlemek mümkündür.

X5Y6 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.36 m olarak bulunmuştur. Kolonda anormal bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

6.7. Y7 Aksı Kolonları

X1Y7 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 16 m bulunan kolonda başlık yansıması çok uzun gözlemlenmiştir. Kazığın çevresindeki suyun uzaklaştırılamaması, kazık başlığında oluşan yalancı kolon veya kabarmalar ile çevresel etkilere bağlı olarak oluşan istenmeyen durumlar başlık yansımasını 4 m uzaklığa kadar iletmiştir.

X2Y7 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğunun yansıması 14.96 m okunmuştur. 4 cm kısa olarak okunan bu kolonda yapısal bozulma veya süreksizliğe rastlanılmamıştır. İlave kolona gerek duyulmamaktadır.

X3Y7 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 14.81 m olarak yansıyan bu kolonda süreksizlik bulunmamasının yanı sıra yalancı kolon gözlemlenmiştir. Topuk yansıması oldukça nettir.

X4Y7 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 15.25 m uzunluğu bulunan bu kolondaki değler sağlıklı bir şekilde okunabilmiş ve bir süreksizlik bulunmadığı kanaatine varılmıştır.

X5Y7 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 14.61 m bulunan bu kolonda 8-11.5 m aralığındaki anomali sorun teşkil etmektedir. Daralma ve genişlemelerin yanı sıra 39 cm kısa olan bu kolon sağlıklı bir formdadır. Grafikteki geri dönüş yansıması kolondaki herhangi bir çatlaktan dolayı da oluşması muhtemeldir. Yerine ilave kolon önerilmelidir.

6.8. Y8 Aksı Kolonları

X1Y8 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.94 m bulunan kolonda başlık yansıması çok uzun olduğu saptanmıştır. Kazığın çevresindeki yeraltı suyunun uzaklaştırılamaması, kazık başlığında oluşan yalancı kolon veya kabarmalar ile çevresel etkilere bağılı olarak oluşan istenmeyen durumlar başlık yansımasını 4 m uzaklığa kadar iletmiştir. Bu durum neticesinde kolon 1 m uzun okunmuş olabilir. Bu durum göz ardı edilmemelidir.

X2Y8 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; 15.15 m okunan kolonda artan empedansa rastlanılmıştır. Kolonda şekilsiz grafik yansımaları istenmeyen bir durumdur fakat bu kolondaki bozulma genişleme yansıması olduğundan istenen bir durumdur. Kazık zemin ilişkisi sağlıklıdır.

X3Y8 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; grafik yansımasındaki uzunluğu 16.08 okunmaktadır. Fakat başlık yansıması 5 m ye kadar ulaşmaktadır. Kolon boyunun 1 m uzun ölçülmesinin sebebi bu başlık yansıması olabilir.

X4Y8 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; çoklu yansımadan dolayı başlık yansıması okunamayan kolondan kalitesiz sinyal alınmıştır. Uzunluğu 16.42 m

okunmaktadır. Projede belirtilen değerden 1.42 m uzun yansımasının sebebi sağlıklı okunan başlık yansımasından kaynaklanabilir.

X5Y8 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.30 m olan bu kolon, diğer 49 kolona nispeten topuk yansıması okuması alınamayan tek kolondur.

6.9. Y9 Aksı Kolonları

X1Y9 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 13.74 olarak bulunan bu kolon istenen uzunluktan kısa olduğu tespit edilmiştir. Şekilsiz yansıma grafiği analiz edildiğinde üniform dağılmayan bir kazık olduğu gözle görülmektedir. Kısa olması da baz alındığında ilave kazık önerilmektedir.

X2Y9 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.70 m olarak bulunmuştur. Kolonda anormal bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

X3Y9 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.08 m olarak bulunmuştur. Kolonda anormal bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

X4Y9 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 13.83 m olarak bulunan kolon istenen uzunluğun oldukça altındadır. Bu durum olumsuz değerlendirildiğinden yapısal bozulma ve süreksizlik gözlenmese dahi ilave kazık önerilebilir.

X5Y9 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 16.50 m bulunan kolonun 11.5-12.5 m aralığında ufak çaplı bir daralma gözlemlenmiştir.

6.10. Y10 Aksı Kolonları

X1Y10 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.02 m olarak bulunmuştur. Kolonda anormal bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

X2Y10 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.82 m olarak bulunmuştur. Kolonda anormal bir duruma rastlanılmamıştır. Yapısal bir süreksizlik görülmemektedir.

X3Y10 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.86 m olarak bulunan yansımada ufak çaplı değişimler gözlemlenmiştir. Özellikle daralma olan alanda kolonun taşıma gücünde zayıflama etkisi yaratıp yaratmayacağı kontrol edilmelidir.

X4Y10 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; uzunluğu 15.85 m olarak okunmuştur. Başlık yansıması biraz uzakta okunmasına karşın projede belirtilen uzunlukta 85 cm daha uzun bir kolon olduğu saptanmıştır. Bu sebeple başlık yansımasından kaynaklı bir sapma varsa bile bunu tolere edecek uzunluk ölçümde görölmektedir.

X5Y10 no'lu aksta bulunan Jet-Grout Kolonu; son ölçüm alınan kolonumuzun boyu 15.46 m sağlıklı ve üniform oluşmuş bir kolondur. Herhangi bir yapısal süreksizlik veya bozukluk gözlemlenmemiştir.

7. BÖLÜM: SONUÇ VE ÖNERİLER

Kazık bütünlüğü testi veya ASTM D 5882'nin 'düşük darbe etkili kazık bütünlüğü testi' olarak adlandırdığı deney yöntemi, kazık bütünlüğünün ve derin temellerin uzunluğunun değerlendirilmesi için kullanılan tahribatsız bir test yöntemidir. Bütünlük deneyinden alınan sinyal kayıtları kullanılarak elde edilen sonuçlarda kazık boylarının bir miktar farklılık gösterdiği bilinmektedir. Bu farklılıklar; kazık boylarının ölçülmesinde titreşim dalgasında kazık içerisinde ilerleme hızından yararlanılması ve bu hız değerinin her kazık için bağımsız olarak ölçülmeyip ortalama bir hız değeri kullanılmasında kaynaklanan beklenen bir sonuçtur.

“Hatay ilinde yapılması planlanan tez kapsamındaki temelde imalatı tamamlanan $\Phi 80$ cm çapında $L=15.00$ m uzunluğundaki jet grout kazıklar üzerinde kırım ve temizlik işleri yapıldıktan sonra 06.04.2022 tarihinde Jet grout (JET-1) imalatı tamamlanan temel de X1Y1, X2Y1, X3Y1, X4Y1, X5Y1, X1Y2, X2Y2, X3Y2, X4Y2, X5Y2, X1Y3, X2Y3, X3Y3, X4Y3, X5Y3, X1Y4, X2Y4, X3Y4, X4Y4, X5Y4, X1Y5, X2Y5, X3Y5, X4Y5, X5Y5, X1Y6, X2Y6, X3Y6, X4Y6, X5Y6, X1Y7, X2Y7, X3Y7, X4Y7, X5Y7, X1Y8, X2Y8, X3Y8, X4Y8, X5Y8, X1Y9, X2Y9, X3Y9, X4Y9, X5Y9, X1Y10, X2Y10, X3Y10, X4Y10, X5Y10, akslarındaki jet kolonlarından 50 adet kayıt alınmış, elde edilen kayıtlar incelenerek değerlendirmeler ve sonuçlar grafik olarak verilmiştir.

X1Y1, X3Y1, X4Y1, X1Y2, X3Y2, X4Y2, X5Y2, X1Y3, X2Y3, X1Y4, X2Y4, X4Y4, X5Y4, X3Y5, X4Y5, X1Y6, X2Y6, X5Y6, X4Y7, X2Y9, X3Y9, X1Y10, X2Y10

ve X5Y10 kolonlarının uzunluğunda veya yapısal formunda olumsuz bir durum gözlemlenmemiştir. Alınan kaliteli sinyaller neticesinde genişleme ve daralmaların minimum seviyede olduğu rapor edilmiştir. Kolonların üzerine gelen yükü en iyi performansla zemine aktarmasında hiçbir sakınca görülmemiştir. Bu aks kolonlarından topuk yansıması net bir şekilde alınmıştır. Şekilsiz yansıma, üniform olmayan dağılım, çoklu yansıma gibi istenmeyen durumlar görülmemiştir. Bahsedilen 24 adet kolonun sağlıklı bir biçimde mukavemet sağlayacağı düşünülmektedir.

X5Y1, X3Y3, X1Y5, X2Y5, X2Y7, X3Y7, X5Y7, X1Y9 ve X4Y9 aks no'lu kolonların boyları 15 metreden kısa çıkmıştır. Deneyin yapılma esnasındaki çevresel gürültü, karayolundan geçen taşıt, şantiye alanında çalışabilecek yüksek tonajlı iş makinelerinin zemini titreştirmesi, uygulayıcı mühendisin çekiç vuruş açısında yapmış olabileceği hata vs. gibi sebeplerden dolayı %2 hata payı göz önünde bulundurularak ve yapısal durumları da göz önüne alınarak bu kolonların kabul edilebilir standartlarda olanları seçilip geriye kalan 5 adet (X3Y3, X2Y5, X5Y7, X1Y9, X4Y9) kısa kolona ilave kolon önerilmiştir. Kolon içerisindeki çatlak, boşluk ve derzlerin yanı sıra betonun kademeli dökülmesi, yanlış traşlama ve zemindeki yabancı maddelerin kazığa karışması gibi etkenler sinyalin çarpıp geri dönmesi yani topuk oluşturması sonucunda kısa çıkabilme olasılığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

X4Y3, X5Y3, X1Y7, X1Y8, X2Y8, X3Y8, X4Y8, X5Y9 ve X4Y10 aks no'lu kolonlar ise 15 metreden uzun çıkmıştır. Başlık yansıması uzak okunmalarda kolonun uzun çıktığı saptanmıştır. Kazığın çevresindeki yeraltı suyunun uzaklaştırılamaması, kazık başlığında oluşan yabancı kolon veya kabarmalar ile çevresel etkilere bağlı olarak oluşan istenmeyen durumlar başlık yansımasını uzatabilir. Kesitinde daralma veya yapısal bozukluk (çatlak, boşluk vs.) olmadığı sürece uzunluğun kazık süreksizliğine olumsuz bir etkisi olmamaktadır. Kazık başının iyi traşlanmamasından kaynaklı da kolon boyu uzun çıkabilir.

X2Y1, X2Y2, X3Y4, X5Y5, X3Y6, X4Y6 ve X3Y10 aks no'lu kolonlarda daralma ve genişlemeler gözlemlenmiştir. Genişlemenin zemin ile yapacağı pozitif çevre sürtünmesi etkisinden dolayı bir problem oluşturmamasının aksine daralma istenmeyen bir durumdur. Daralma durumlarında zemin ile kolonun tutunma durumu güçleşeceğinden göz önüne alınması gereken bir problemdir. Kolonda oluşan genişleme

evre sürtünmesi ile zeminle daha iyi etkileşim kurarken daralma olan kısımda bu durum olumsuz sonuç doğurmaktadır. Bu sebeple genişleme istenen bir durum iken daralma değildir. Kazığın alışma prensibini negatif etkileyecek bu durum için ilave kazık gibi çözüm önerisi sunulabilir. X3Y4, X5Y5, X3Y6 ve X4Y6 kolonlarında ki daralmalar sebebiyle ilave kolon önerilir. X5Y8 no'lu aksta bulunan Jet-Grout kolonu diğer 49 kolona nispeten topuk yansıması okuması alınamayan tek kolondur.

Test, fiziksel boyutların, kazığın sürekliliğinin ve kazık malzemesinin tutarlılığının değerlendirilmesi için niteliksel bir temel sağlar. Kazık bütünlüğü testi, mevcut kazıkların adli değerlendirmeleri için veya yeni inşaatın kalite kontrolü ve bütünlük değerlendirmesi için kullanılabilir. Kazık bütünlük testi, kazıkların bütünlüğünü ölçmek için saha veya laboratuvar uygulamalarında kullanılabilir.

KAYNAKÇA

1. BOWLES, J.E., Foundation Analysis and Design, McGraw-Hill Book Company, USA, 1988.
2. MOHAMAD, H.H. ve GEORGE, G.G., A brief history of the application of the stress wave theory to piles, USA, 1999.
3. Salman O.F., Sismik Süreklilik Testi Yöntemi ve Uygulamaları. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
4. Tomlinson., Pile Design and Construction Practice, A Viewpoint Publication, London, 1977.
5. Düzceer D.R., Kazık Yükleme Deneyleri İle Nihai Kazık Taşıma Kapasitesinin belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
6. Togrol, E. ve Tan O., Kazıklı Temeller, Temel Arastırma A.S. Yayınları, İstanbul, 2003.
7. Deneç G., Sinyal Eşleme Yöntemi Kullanılarak Kazık Süreklilik Deneylerinin Değerlendirilmesi ve Kazık Kalitesinin Belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, 2006.
8. Özbey, Z.M., Kazıklı temeller ve negatif çevre sürtünmesi analizlerinin bilgisayar programı kullanılarak desteklenmesi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi, 2009.
9. Yıldırım, S., Zemin İncelemesi Temel Tasarımı, Birsan Yayınevi, İstanbul, 2004.
10. ÇINAR, M., AKKAYA, A.B., Jet Grouting Uygulama Tekniği, Dizayn Dergisi Yayınları, 2009.
11. Decorexpro.com (Erişme Tarihi: 18.12.2022)
12. İsapedia.com (Erişme Tarihi: 09.11.2022)
13. Stark, T., D., Axtell, P., J., Lewis, J., R., Dillon, J., C., Empson, W., B., Topi, J., E. Ve Walberg, F., C., 2009. Soil Inclusions in Jet Grout Columns, DFI Journal, Vol.3, No.1, May, 33-44.
14. Reese, L.C. and O'Neill, M.W. (1988). "Drilled Shafts: Construction and Design." FHWA, Publication No. HI-88-042.
15. Fleming W.G.K., An Imprint of Routledge, Piling Engineering 2nd Edition, E &

FN Spon, London and New York, 1992.

16. ASTM D-5882-16, Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations, American Society for Testing and Materials, USA, 2020.

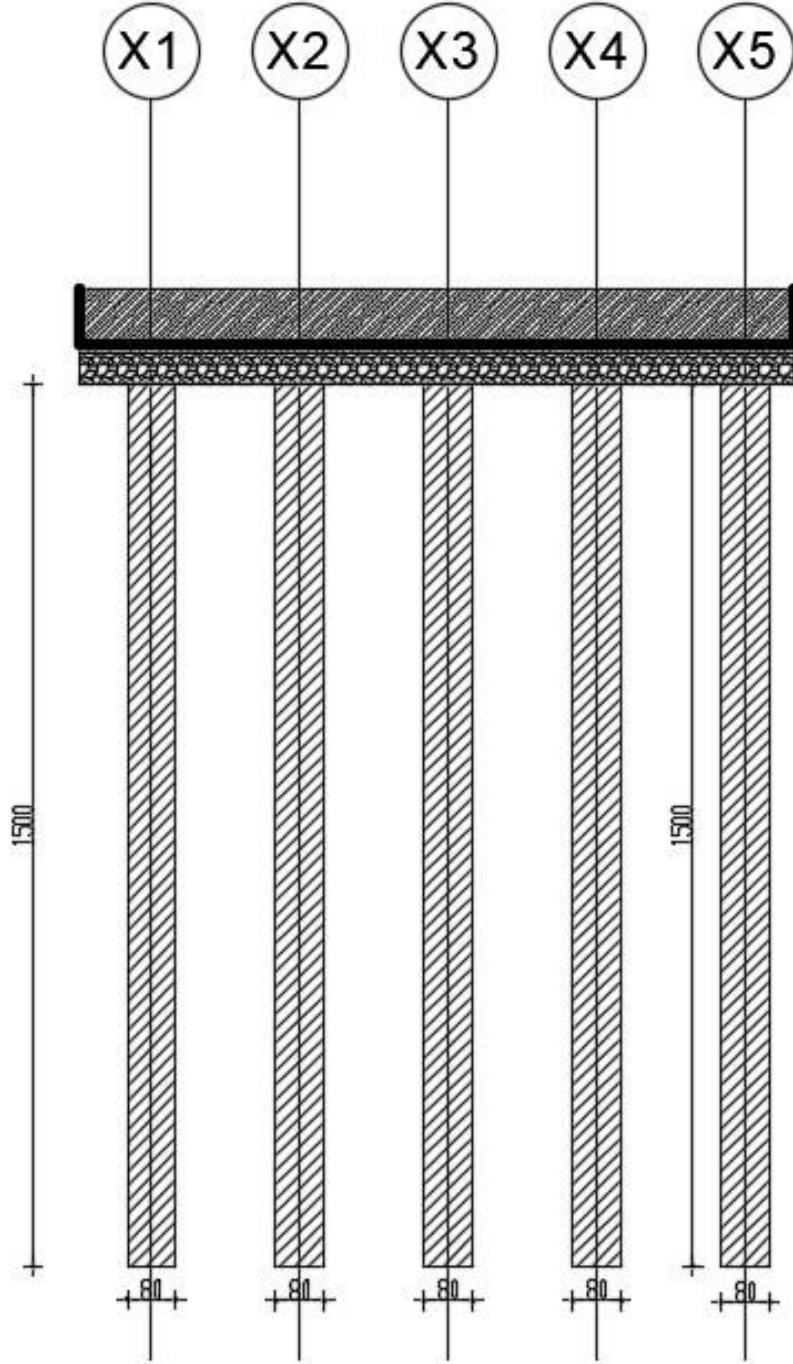
17. Fprimec.com (Erişme Tarihi: 11.09.2022)

18. İmoistanbul.org/imoarsiv/geoteknik kurs notları 2017 (Erişme Tarihi: 11.01.2023)



EKLER

EK A



Şekil A1: Jet Grout Kolonun Kesit Görünüşü

Yüklenici Firma		SONDAJ LOGU				İşveren													
Proje Adı																			
İl		HATAY	Sondaj Derinliği (m)		20,0 m	Sondaj No	SK-1												
İlçe		İSKENDERUN	Başlama Tarihi			Sayfa No	1												
Mahalle/Köy			Bitiş Tarihi			Sorumlu Jeoloji Mühendisi													
Pafta			Makine Tipi/Metodu		Hidrolik	Adı Soyadı İmza													
Ada/Parsel			SPT Şahmerdan Tipi		Otomatik														
Sondaj Kotu			Delgi Çapı		89														
Koordinatlar X			Yeraltı Suyu (m)		Derinlik	Tarih	Açık.												
Koordinatlar Y					1,50	-	-												
Sondaj derinliği (m)	Muhafaza borusu derinliği (m)	Kuyu içi deneyler	Örnek derinliği (m)	Örnek türü ve no	Standart Penetrasyon		Presiyometre Deneyi	Kaya özellikleri						zemin profili	Zemin Tanımlaması	Sondaj Derinliği (m)			
					Darbe sayısı				Elastisite Modülü (kg/cm2)	Limit Basınç (kg/cm2)	TCR %	SCR %	RQD %				Ayrışma derecesi	Çatlak sıklığı	Dayanım
					0-15	15-30	30-45	N											
0																		0	
1																		1	
2		SPT	(1,50-1,95) m	6	4	3	7											2	
3		SPT	(3,00-3,45) m	6	4	5	9											3	
4		SPT	(4,50-4,95) m	3	5	3	8											4	
5																		5	
6		SPT	(6,00-6,45) m	4	5	4	9											6	
7		SPT	(7,50-7,95) m	8	4	4	8											7	
8																		8	
9		SPT	(9,00-9,45) m	6	5	3	8											9	
10		SPT	(10,50-10,95) m	8	4	5	9											10	
11																		11	
12		SPT	(12,00-12,45) m	5	4	6	10											12	
13		SPT	(13,50-13,95) m	5	4	5	9											13	
14																		14	
15		SPT	(15,00-15,45) m	7	6	5	11											15	
16		SPT	(16,50-16,95) m	4	5	4	9											16	
17																		17	
18		SPT	(18,00-18,45) m	7	4	6	10											18	
19																		19	
20		SPT	(19,50-19,95) m	7	5	4	9											20	

Şekil A2: İyileştirme Yapılmadan Önceki 1. Sondaj Logu

Yüklenici Firma		SONDAJ LOGU				İşveren	
Proje Adı							
İl	HATAY	Sondaj Derinliği (m)		20,0 m	Sondaj No	SK-2	
İlçe	İSKENDERUN	Başlama Tarihi			Sayfa No	2	
Mahalle/Köy		Bitiş Tarihi			Sorumlu Jeoloji Mühendisi		
Pafta		Makine Tipi/Metodu		Hidrolik	Adı Soyadı İmza		
Ada/Parsel		SPT Şahmerdan Tipi		Otomatik			
Sondaj Kotu		Delgi Çapı		89			
Koordinatlar X		Yeraltı Suyu (m)		Derinlik	Tarih	Açık.	
Koordinatlar Y				1,50	-	-	
Sondaj derinliği (m)		Muhafaza borusu derinliği (m)		Kuyu içi deneyler		Örnek derinliği (m)	
						Örnek türü ve no	
						Standart Penetrasyon	
						Presiyometre Deneyi	
						Kaya özellikleri	

Şekil A3: İyileştirme Yapılmadan Önceki 2. Sondaj Logu

Yüklenici Firma		SONDAJ LOGU						İşveren											
Proje Adı																			
İl		HATAY		Sondaj Derinliği (m)		20,0 m		Sondaj No		SK-3									
İlçe		İSKENDERUN		Başlama Tarihi				Sayfa No		3									
Mahalle/Köy				Bitiş Tarihi				Sorumlu Jeoloji Mühendisi											
Pafta				Makine Tipi/Metodu		Hidrolik		Adı Soyadı İmza											
Ada/Parsel				SPT Şahmerdan Tipi		Otomatik													
Sondaj Kotu				Delgi Çapı		89													
Koordinatlar X				Yeraltı Suyu (m)		Derinlik	Tarih	Açık.	Sondör Belge No										
Koordinatlar Y						1,50	-	-											
Sondaj derinliği (m)	Muhafaza borusu derinliği (m)	Kuyu içi deneyler	Örnek derinliği (m)	Örnek türü ve no	Standart Penetrasyon		Presiyometre Deneyi		Kaya özellikleri					zemin profili	Zemin Tanımlaması	Sondaj Derinliği (m)			
					Darbe sayısı				Elastisite Modülü (kg/cm2)	Limit Basınç (kg/cm2)	TCR %	SCR %	RQD %				Ayrışma derecesi	Çatlak sıklığı	Dayanım
					0-15	15-30	30-45	N											
0																	0		
1																	1		
2		SPT	(1,50-1,95) m		4	4	3	7									2		
3		SPT	(3,00-3,45) m		5	4	3	7									3		
4		SPT	(4,50-4,95) m		5	4	4	8									4		
5																	5		
6		SPT	(6,00-6,45) m		5	3	4	7									6		
7		SPT	(7,50-7,95) m		6	4	5	9									7		
8																	8		
9		SPT	(9,00-9,45) m		6	5	4	9									9		
10		SPT	(10,50-10,95) m		8	4	5	9									10		
11																	11		
12		SPT	(12,00-12,45) m		6	5	6	11									12		
13		SPT	(13,50-13,95) m		8	5	4	9									13		
14																	14		
15		SPT	(15,00-15,45) m		8	4	5	9									15		
16		SPT	(16,50-16,95) m		6	5	5	10									16		
17																	17		
18		SPT	(18,00-18,45) m		7	4	5	9									18		
19																	19		
20		SPT	(19,50-19,95) m		5	6	5	11									20		

Şekil A4: İyileştirme Yapılmadan Önceki 3. Sondaj Logu

Yüklenici Firma		SONDAJ LOGU					İşveren													
Proje Adı																				
İl	HATAY	Sondaj Derinliği (m)		20,0 m		Sondaj No		SK-1												
İlçe	İSKENDERUN	Başlama Tarihi				Sayfa No		1												
Mahalle/Köy		Bitiş Tarihi				Sorumlu Jeoloji Mühendisi														
Pafta		Makine Tipi/Metodu		Hidrolik		Adı Soyadı İmza														
Ada/Parsel		SPT Şahmerdan Tipi		Otomatik																
Sondaj Kotu		Delgi Çapı		89																
Koordinatlar X		Yeraltı Suyu (m)		Derinlik	Tarih	Açık.	Sondör Belge No													
Koordinatlar Y				1,50	-	-														
Sondaj derinliği (m)	Muhafaza borusu derinliği (m)	Kuyu içi deneyler	Örnek derinliği (m)	Örnek türü ve no	Standart Penetrasyon				Presiyometre Deneyi	Kaya özellikleri				zemin profili	Zemin Tanımlaması	Sondaj Derinliği (m)				
					Darbe sayısı				Elastisite Modülü (kg/cm2)	Limit Basınç (kg/cm2)	TCR %	SCR %	RQD %	Ayrışma derecesi	Çatlak sıklığı	Dayanım				
					0-15	15-30	30-45	N												
0																				0
1																				1
2		SPT	(1,50-1,95) m	8	10	10	20													2
3		SPT	(3,00-3,45) m	9	11	12	23													3
4		SPT	(4,50-4,95) m	9	12	12	24													4
5																				5
6		SPT	(6,00-6,45) m	9	13	15	28													6
7		SPT	(7,50-7,95) m	10	14	16	30													7
8																				8
9		SPT	(9,00-9,45) m	10	13	17	30													9
10		SPT	(10,50-10,95) m	10	14	17	31													10
11		SPT	(12,00-12,45) m	10	15	18	33													11
12		SPT	(13,50-13,95) m	12	16	18	34													12
13																				13
14																				14
15		SPT	(15,00-15,45) m	12	17	19	36													15
16		SPT	(16,50-16,95) m	14	17	19	36													16
17																				17
18		SPT	(18,00-18,45) m	16	16	19	35													18
19																				19
20		SPT	(19,50-19,95) m	16	17	19	36													20

Şekil A5: İyileştirme Yapıldıktan Sonra 1. Sondaj Logu

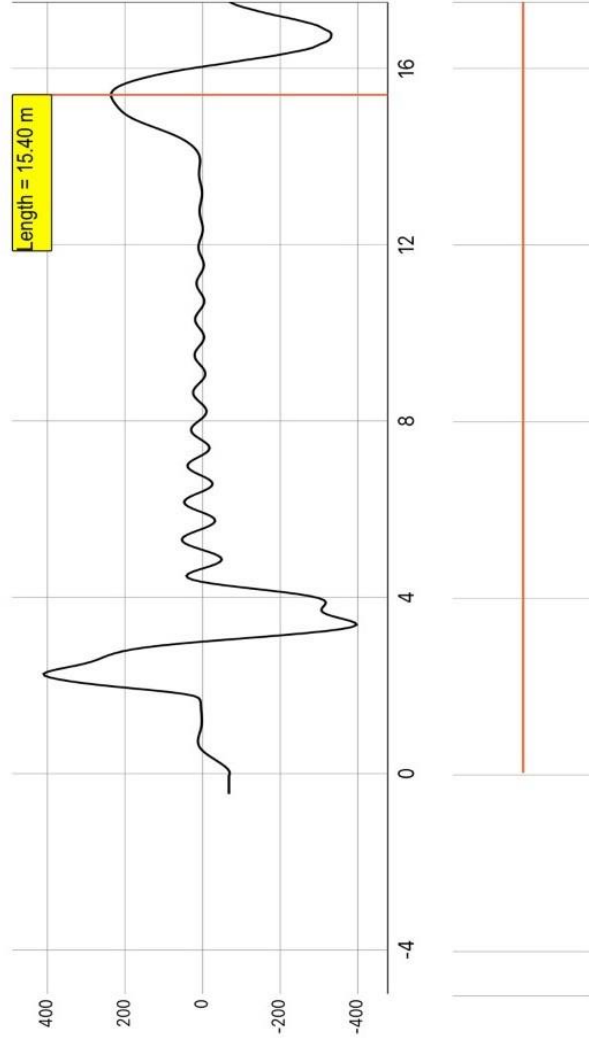
Yüklenici Firma		SONDAJ LOGU				İşveren														
Proje Adı																				
İl	HATAY	Sondaj Derinliği (m)		20,0 m	Sondaj No	SK-2														
İlçe	İSKENDERUN	Başlama Tarihi			Sayfa No	2														
Mahalle/Köy		Bitiş Tarihi			Sorumlu Jeoloji Mühendisi															
Pafta		Makine Tipi/Metodu		Hidrolik	Adı Soyadı İmza															
Ada/Parsel		SPT Şahmerdan Tipi		Otomatik																
Sondaj Kotu		Delgi Çapı		89																
Koordinatlar X		Yeraltı Suyu (m)		Derinlik	Tarih	Açık.														
Koordinatlar Y				1,50	-	-														
Sondaj derinliği (m)	Muhafaza borusu derinliği (m)	Kuyu içi deneyler	Örnek derinliği (m)	Örnek türü ve no	Standart Penetrasyon				Presiyometre Deneyi	Kaya özellikleri				zemin profili	Zemin Tanımlaması	Sondaj Derinliği (m)				
0					Darbe sayısı				Elastisite Modülü (kg/cm2)	Limit Basınç (kg/cm2)	TCR %	SCR %	RQD %	Ayrışma derecesi	Çatlak sıklığı	Dayanım				
					0-15	15-30	30-45	N												
1																				
2	SPT	(1,50-1,95) m	8	11	10	21														
3	SPT	(3,00-3,45) m	8	11	13	24														
4	SPT	(4,50-4,95) m	8	12	13	25														
5																				
6	SPT	(6,00-6,45) m	8	13	16	29														
7	SPT	(7,50-7,95) m	10	13	17	30														
8																				
9	SPT	(9,00-9,45) m	10	13	17	30														
10	SPT	(10,50-10,95) m	10	14	18	32														
11	SPT	(12,00-12,45) m	10	14	19	33														
12	SPT	(13,50-13,95) m	11	17	18	35														
13																				
14																				
15	SPT	(15,00-15,45) m	11	17	20	37														
16	SPT	(16,50-16,95) m	12	18	20	38														
17																				
18	SPT	(18,00-18,45) m	14	18	20	38														
19																				
20	SPT	(19,50-19,95) m	15	18	20	38														

Şekil A6: İyileştirme Yapıldıktan Sonra 2. Sondaj Logu

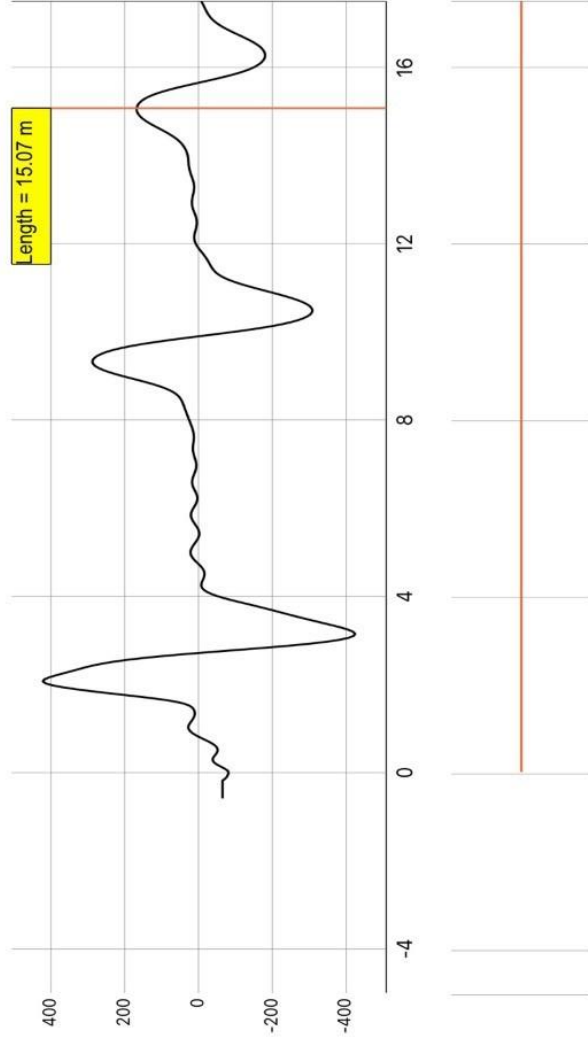
Yüklenici Firma		SONDAJ LOGU				İşveren													
Proje Adı																			
İl		HATAY	Sondaj Derinliği (m)		20,0 m	Sondaj No	SK-3												
İlçe		İSKENDERUN	Başlama Tarihi			Sayfa No	3												
Mahalle/Köy			Bitiş Tarihi			Sorumlu Jeoloji Mühendisi													
Pafta			Makine Tipi/Metodu		Hidrolik	Adı Soyadı İmza													
Ada/Parsel			SPT Şahmerdan Tipi		Otomatik														
Sondaj Kotu			Delgi Çapı		89														
Koordinatlar X			Yeraltı Suyu (m)		Derinlik	Tarih	Açık.	Sondör Belge No											
Koordinatlar Y					1,50	-	-												
Sondaj derinliği (m)	Muhafaza borusu derinliği (m)	Kuyu içi deneyler	Örnek derinliği (m)	Örnek türü ve no	Standart Penetrasyon		Presiyometre Deneyi	Kaya özellikleri					zemin profili	Zemin Tanımlaması	Sondaj Derinliği (m)				
					Darbe sayısı				Elastisite Modülü (kg/cm2)	Limit Basınç (kg/cm2)	TCR %	SCR %				RQD %	Ayrışma derecesi	Çatlak sıklığı	Dayanım
					0-15	15-30	30-45	N											
0																	0		
1																	1		
2		SPT	(1,50-1,95) m	9	10	10	20										2		
3		SPT	(3,00-3,45) m	9	11	12	23										3		
4		SPT	(4,50-4,95) m	9	12	12	24										4		
5																	5		
6		SPT	(6,00-6,45) m	9	13	15	28										6		
7		SPT	(7,50-7,95) m	11	12	17	29										7		
8																	8		
9		SPT	(9,00-9,45) m	11	12	18	30										9		
10		SPT	(10,50-10,95) m	12	13	18	31										10		
11		SPT	(12,00-12,45) m	12	14	18	32										11		
12		SPT	(13,50-13,95) m	12	15	18	33										12		
13																	13		
14																	14		
15		SPT	(15,00-15,45) m	12	16	19	35										15		
16		SPT	(16.50-16.95) m	13	17	19	36										16		
17																	17		
18		SPT	(18.00-18.45) m	15	17	19	36										18		
19																	19		
20		SPT	(19.50-19.95) m	16	17	20	37										20		

Şekil A7: İyileştirme Yapıldıktan Sonra 3. Sondaj Logu

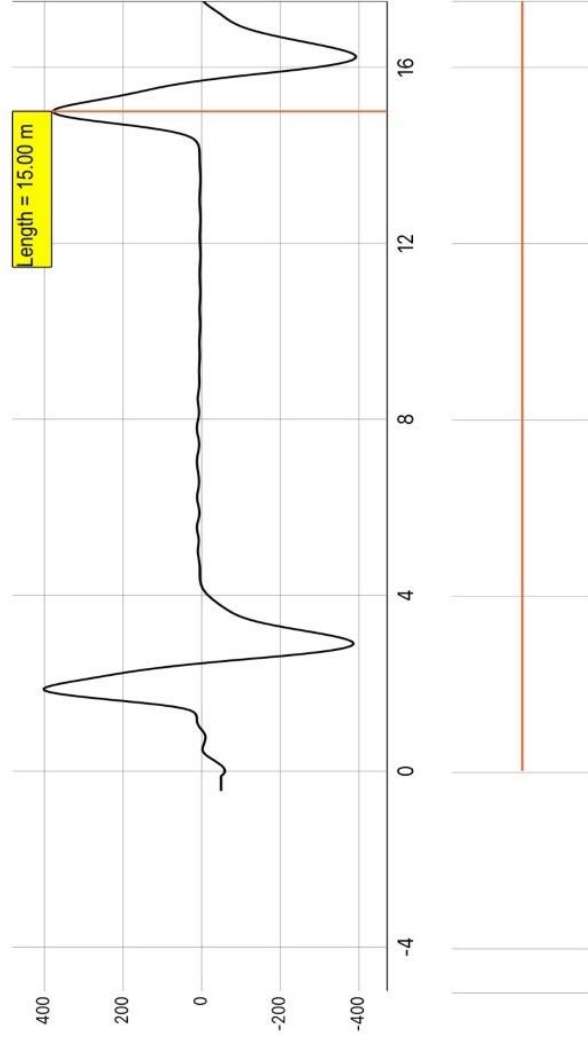
EK B



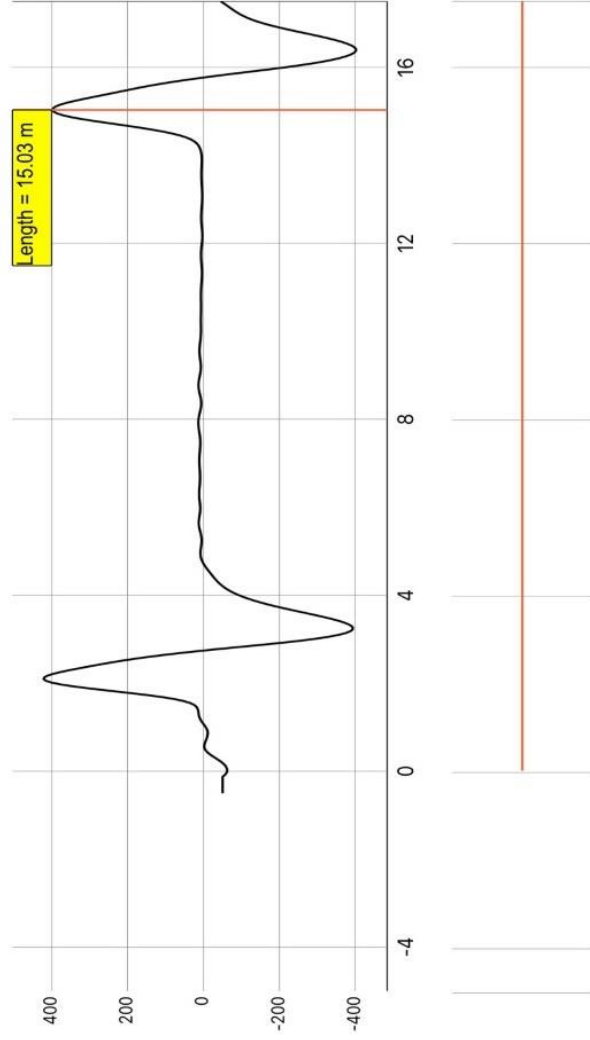
Şekil B1: X1Y1 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



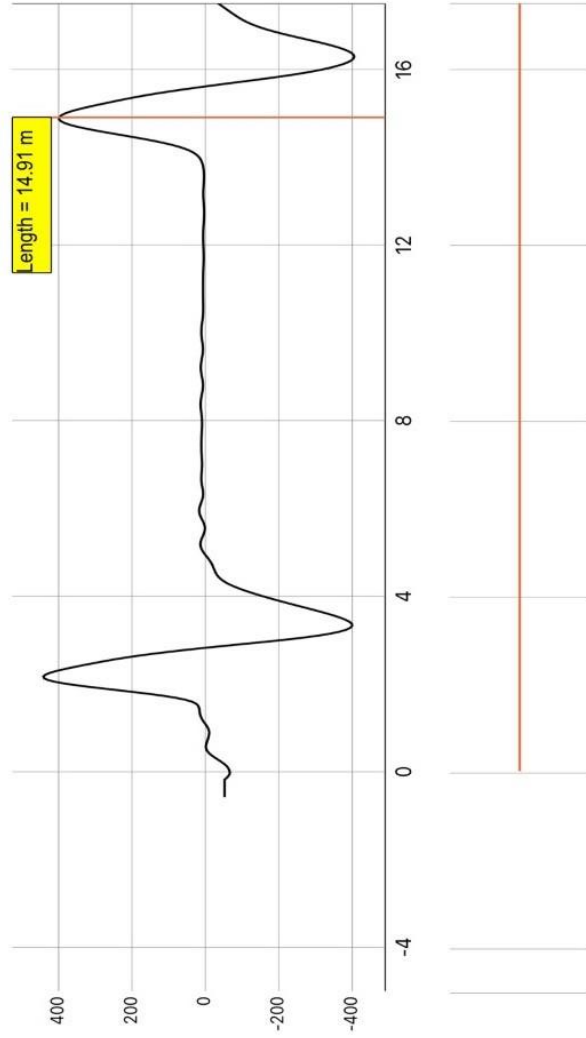
Şekil B2: X2Y1 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



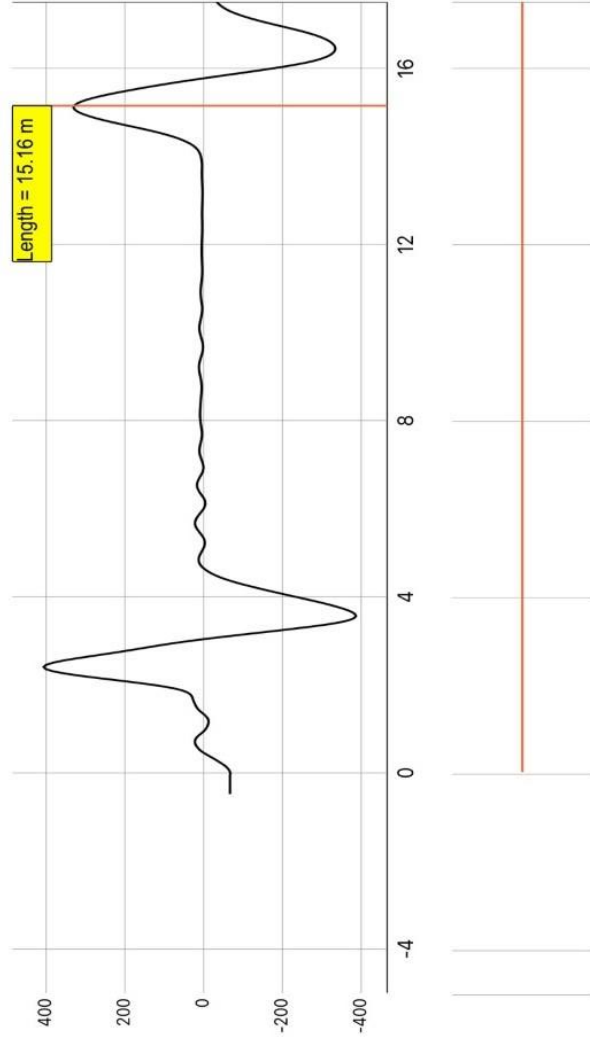
Şekil B3: X3Y1 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



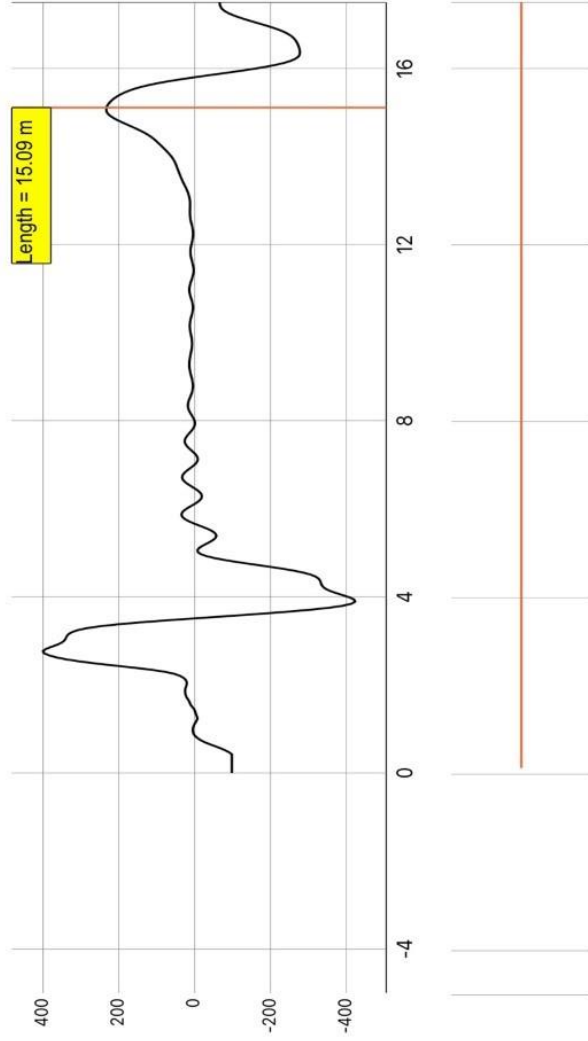
Şekil B4: X4Y1 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



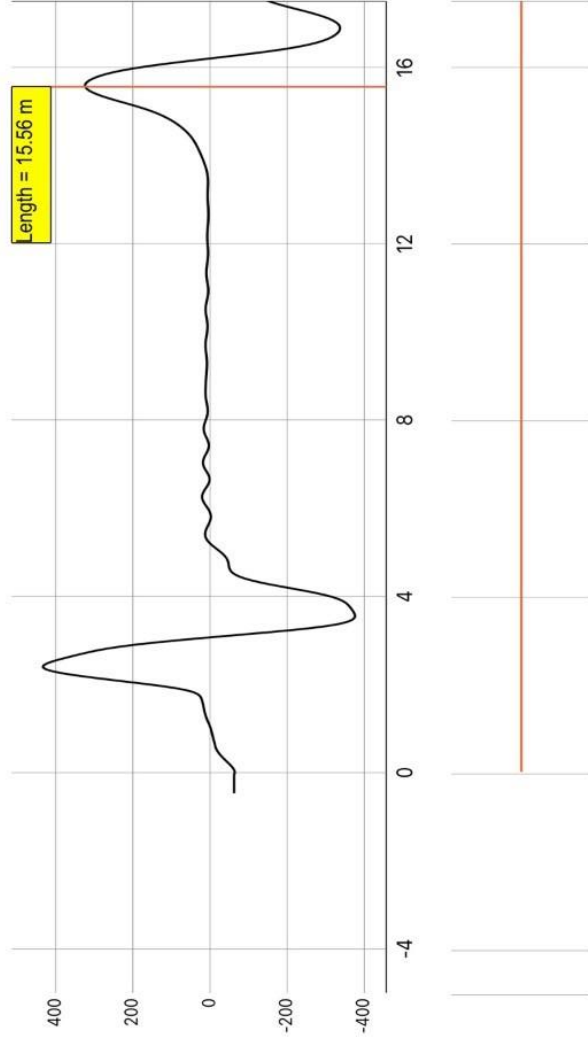
Şekil B5: X5Y1 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



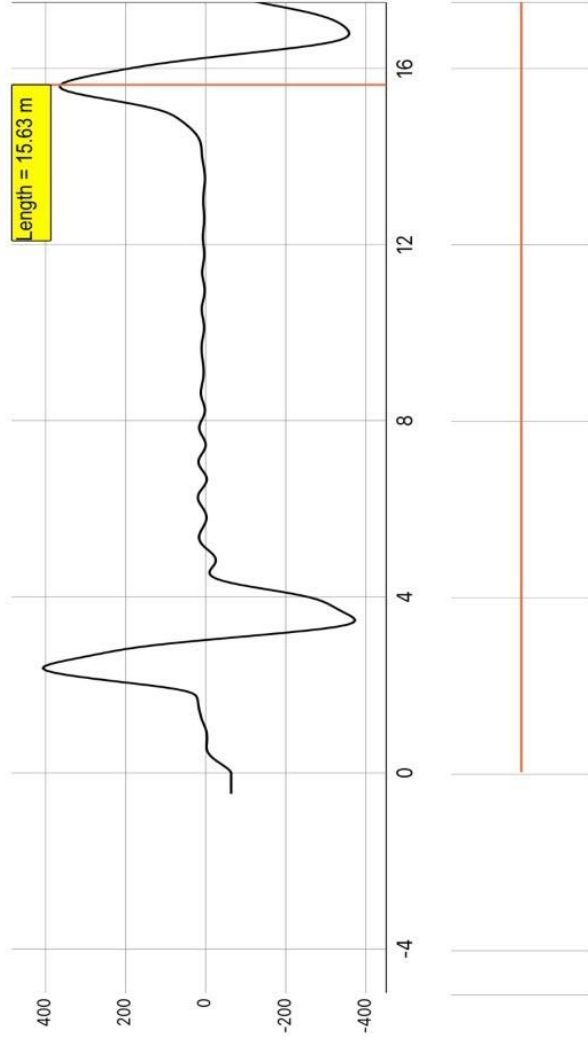
Şekil B6: X1Y2 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



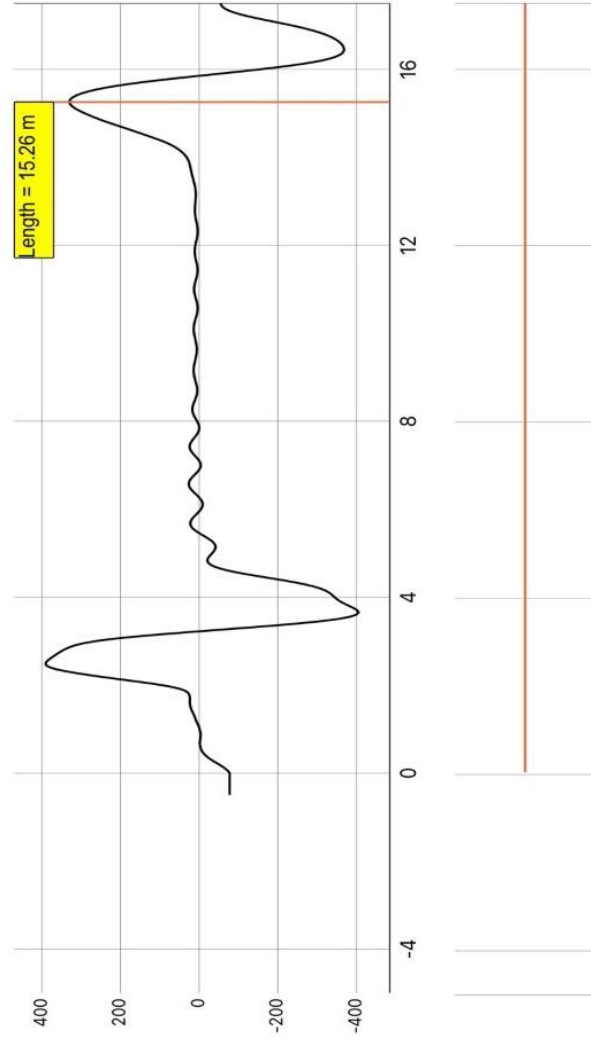
Şekil B7: X2Y2 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



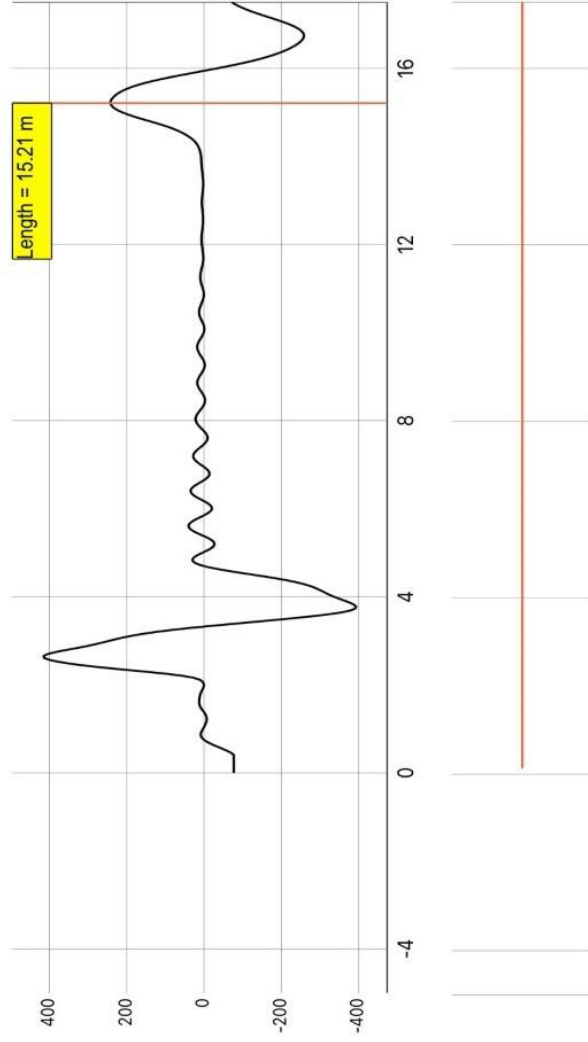
Şekil B8: X3Y2 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



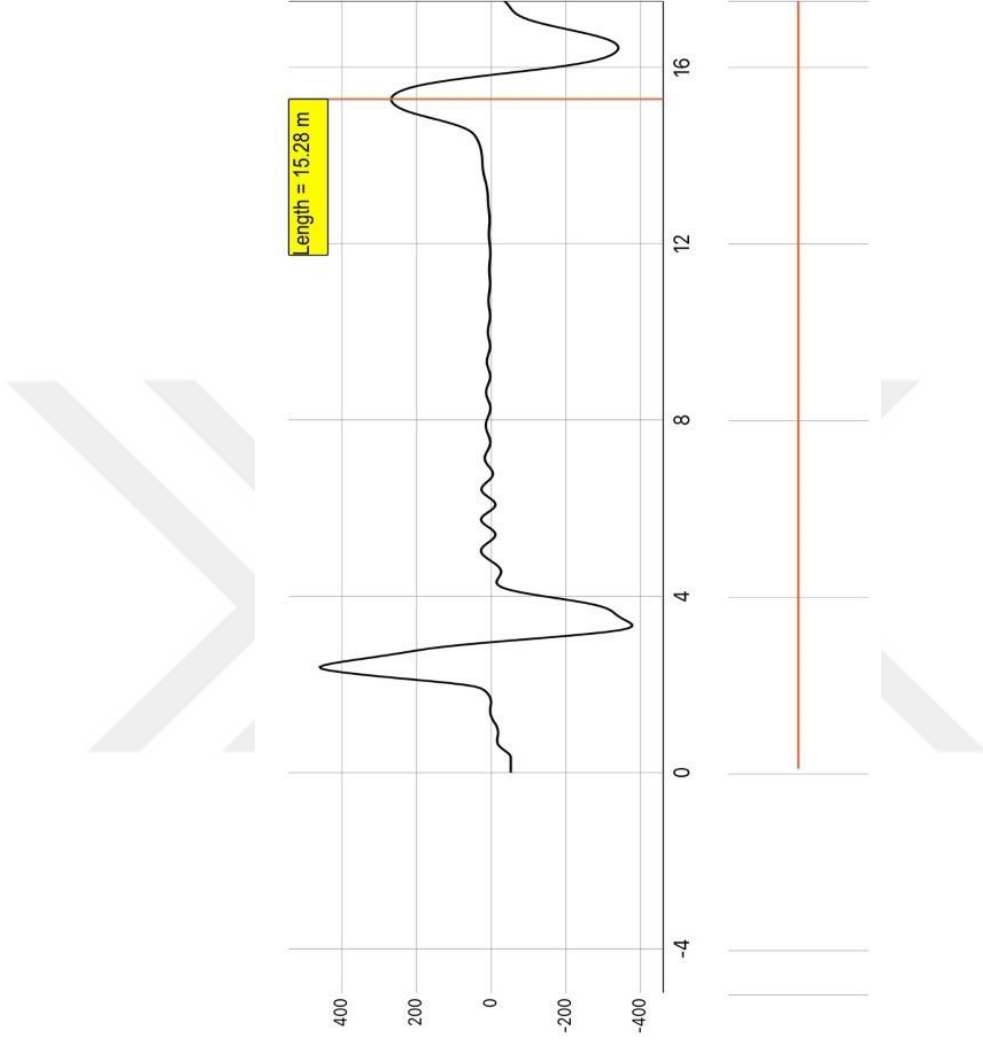
Şekil B9: X4Y2 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



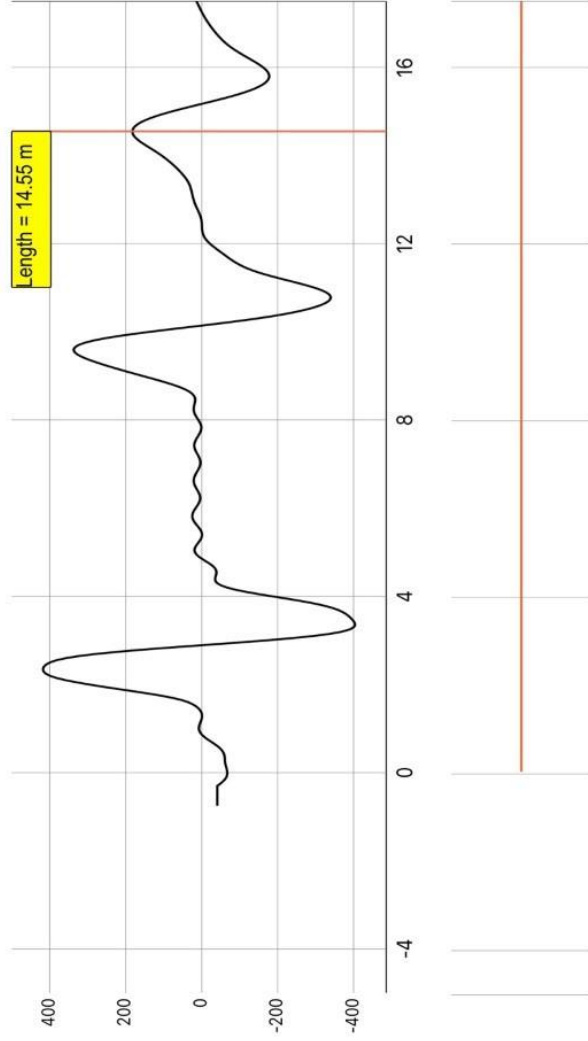
Şekil B10: X5Y2 numaralı kazığin süreklilik deney grafiğı



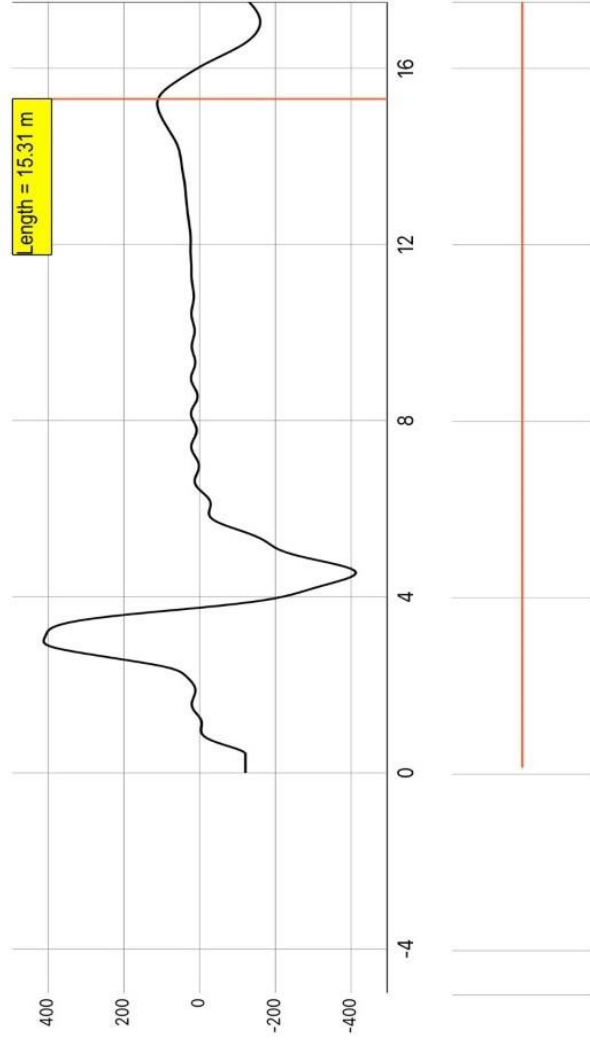
Şekil B11: X1Y3 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



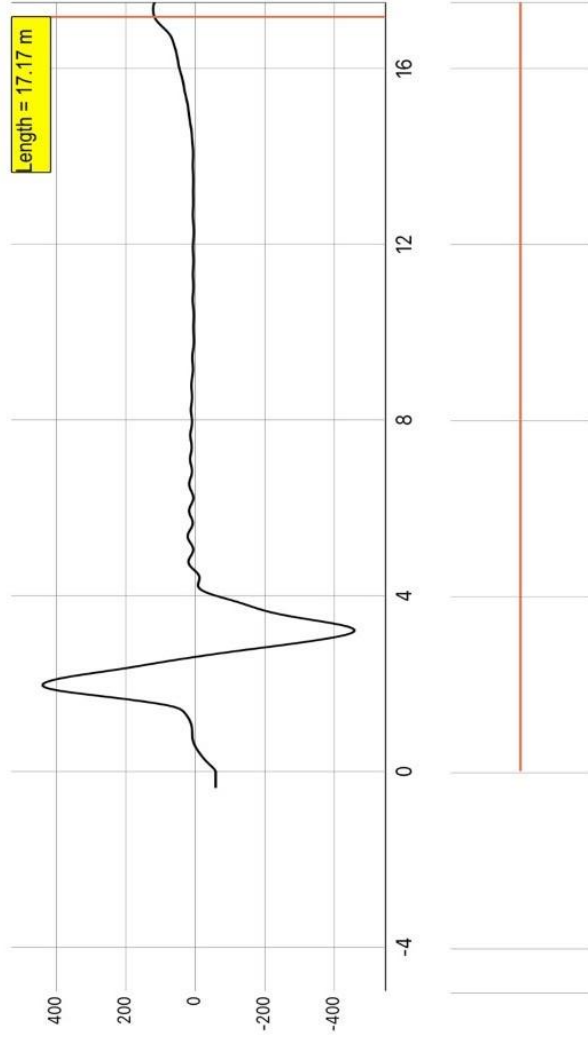
Şekil B12: X2Y3 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



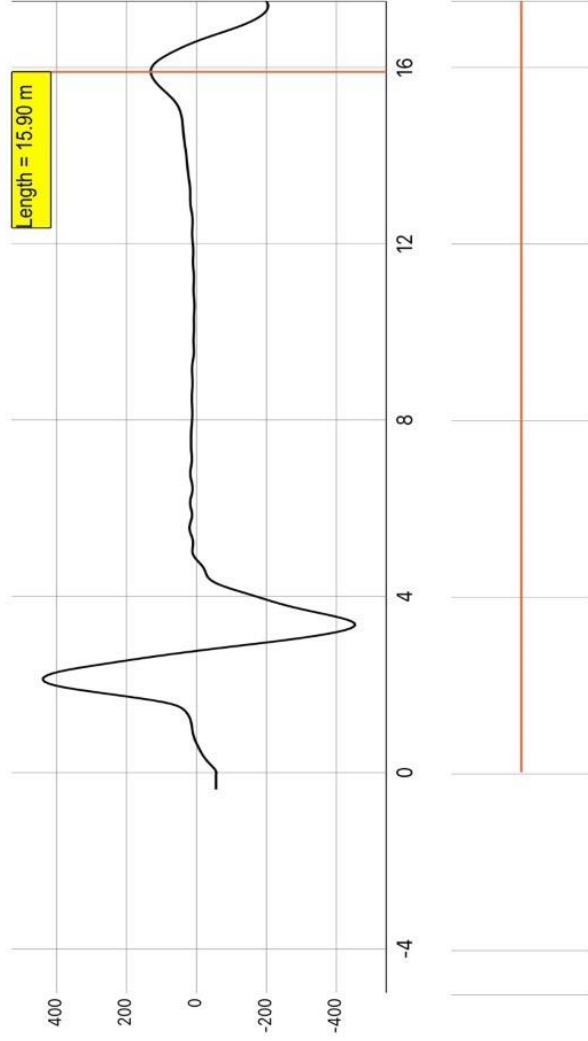
Şekil B13: X3Y3 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



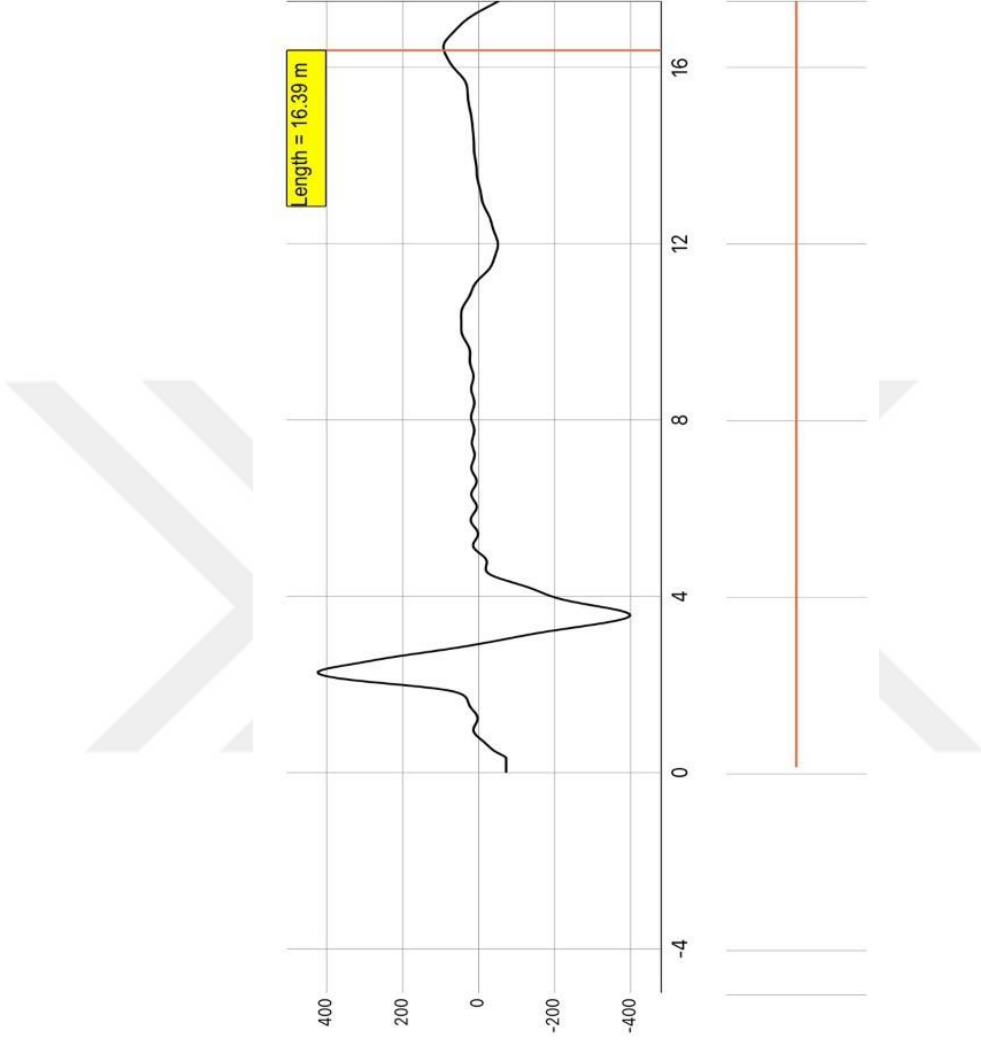
Şekil B14: X4Y3 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



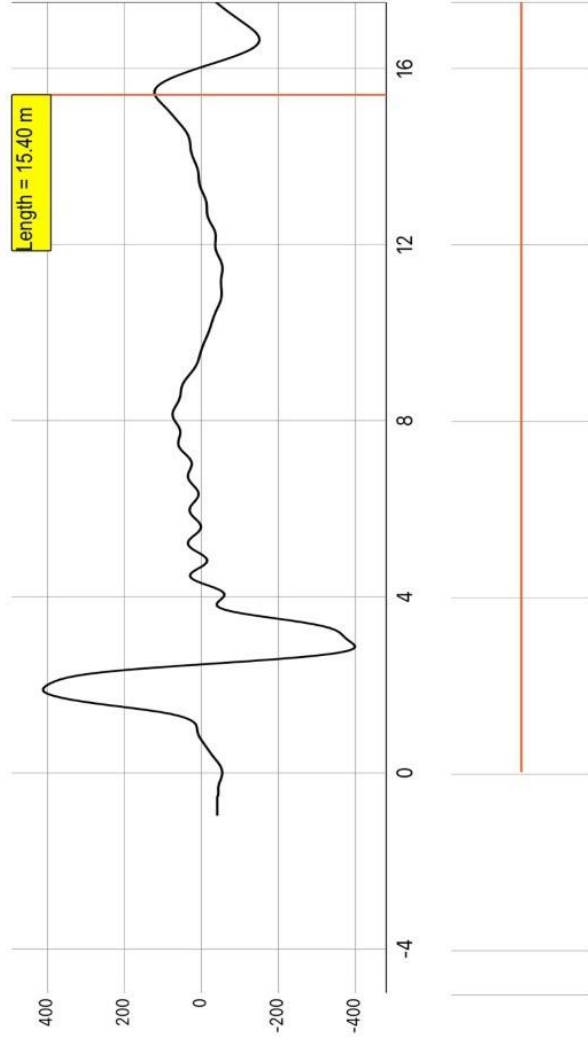
Şekil B15: X5Y3 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



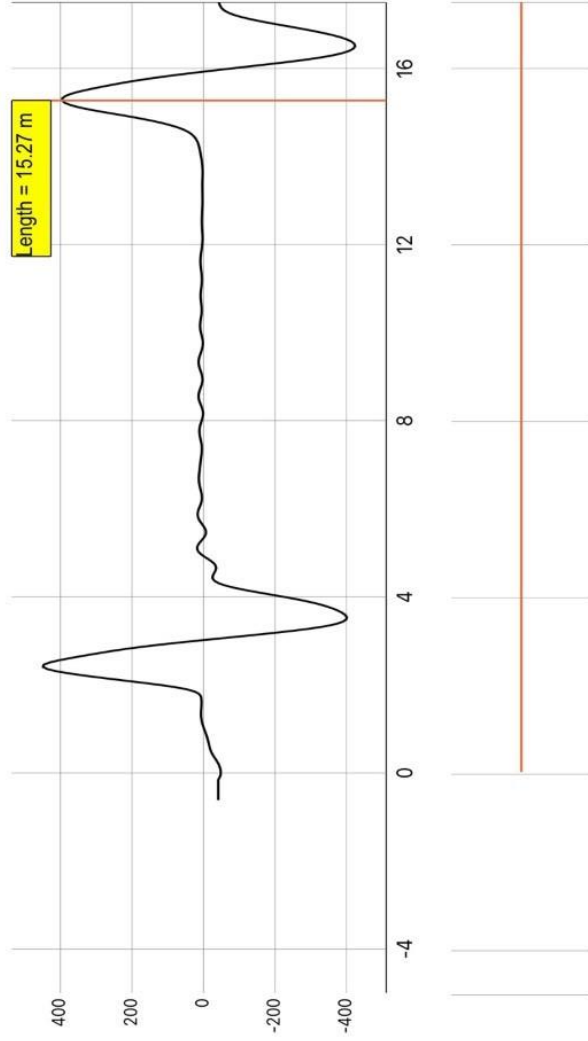
Şekil B16: X1Y4 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



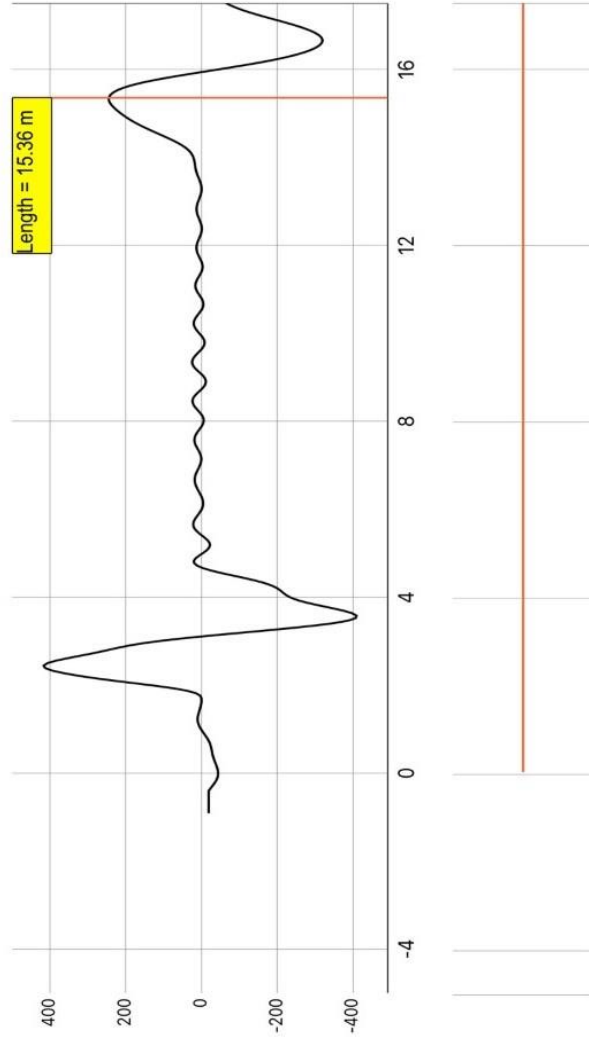
Şekil B17: X2Y4 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



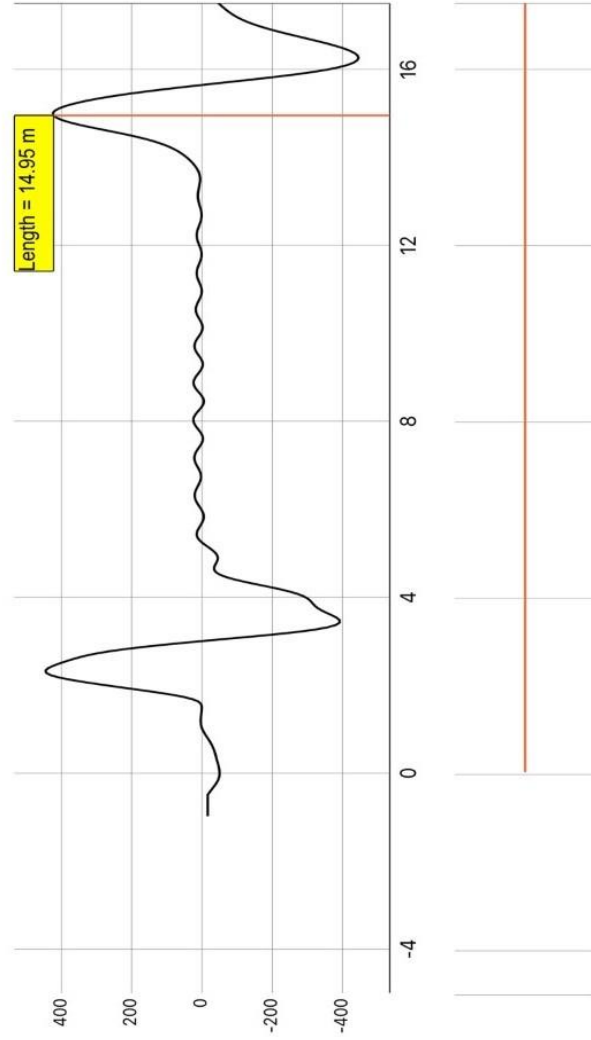
Şekil B18: X3Y4 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



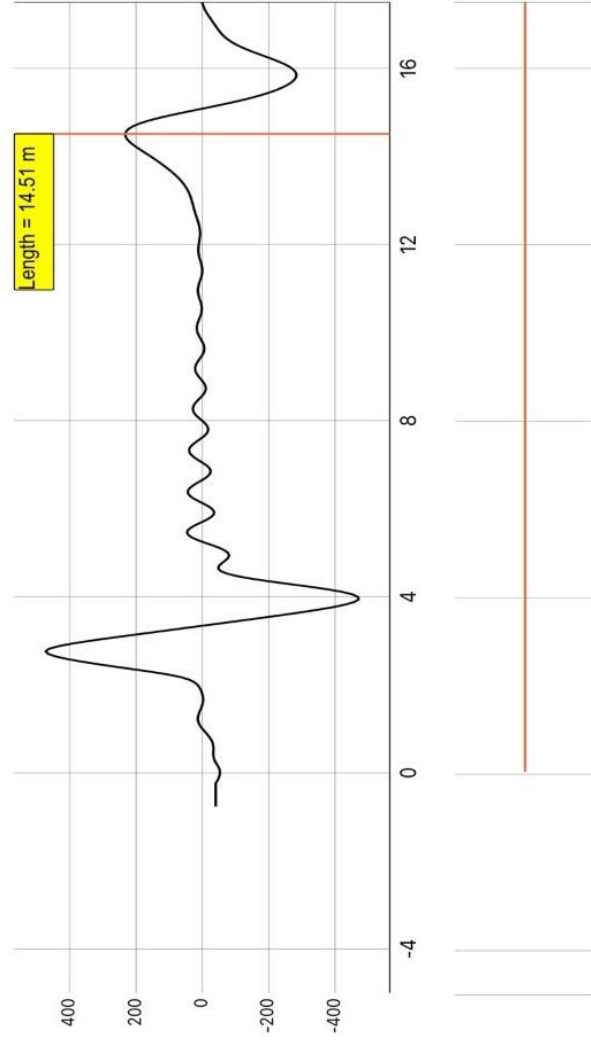
Şekil B19: X4Y4 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



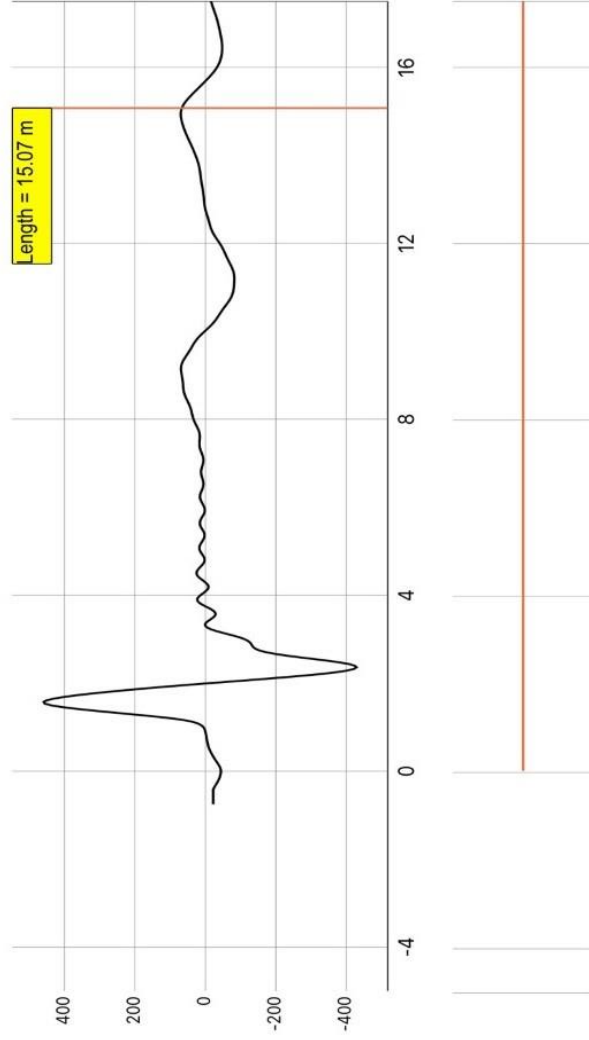
Şekil B20: X5Y4 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



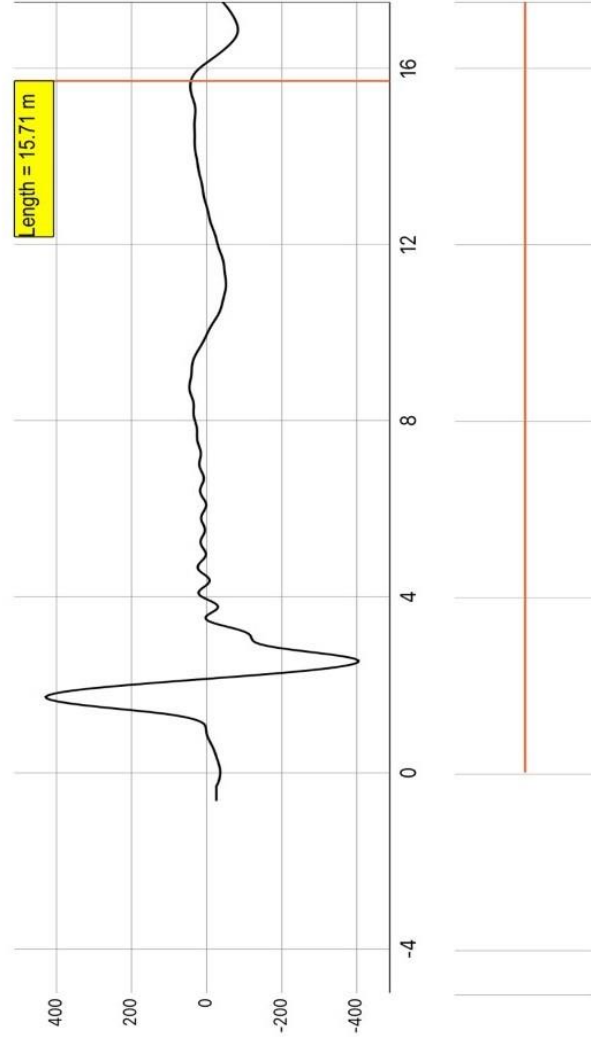
Şekil B21: X1Y5 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



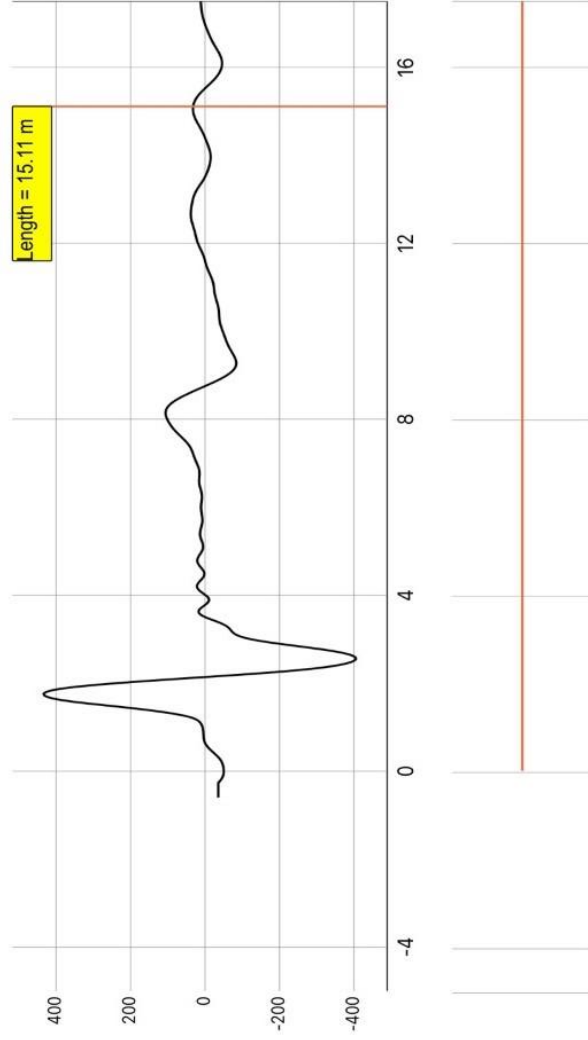
Şekil B22: X2Y5 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



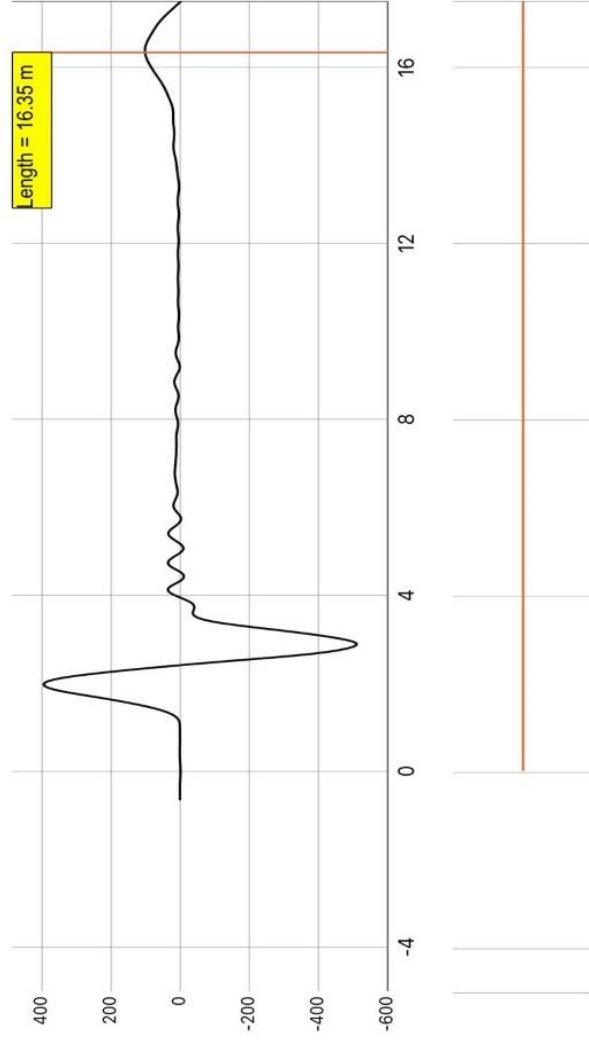
Şekil B23: X3Y5 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



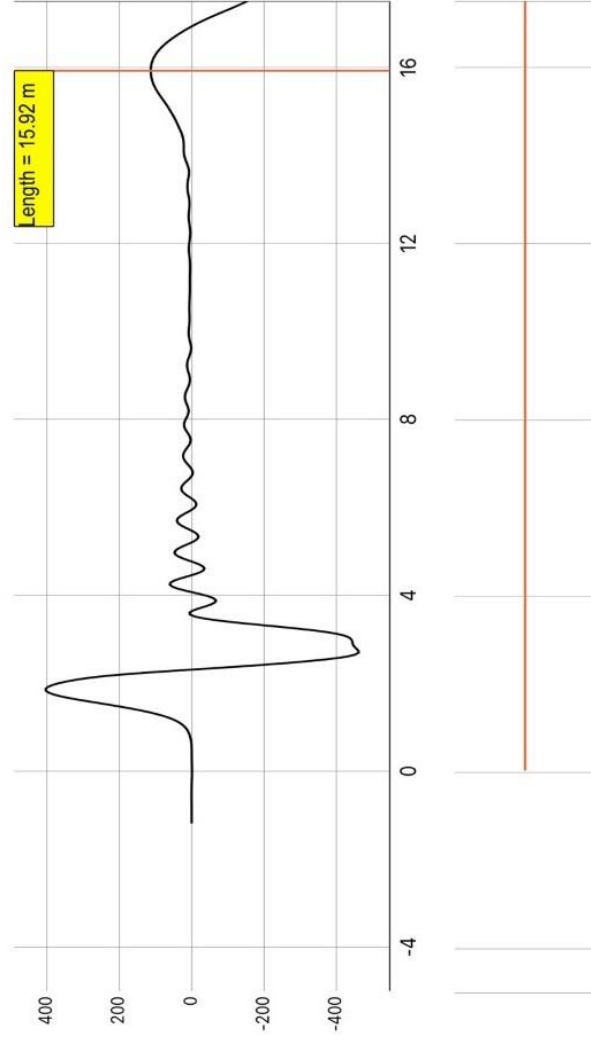
Şekil B24: X4Y5 numaralı kazığin süreklilik deney grafiğı



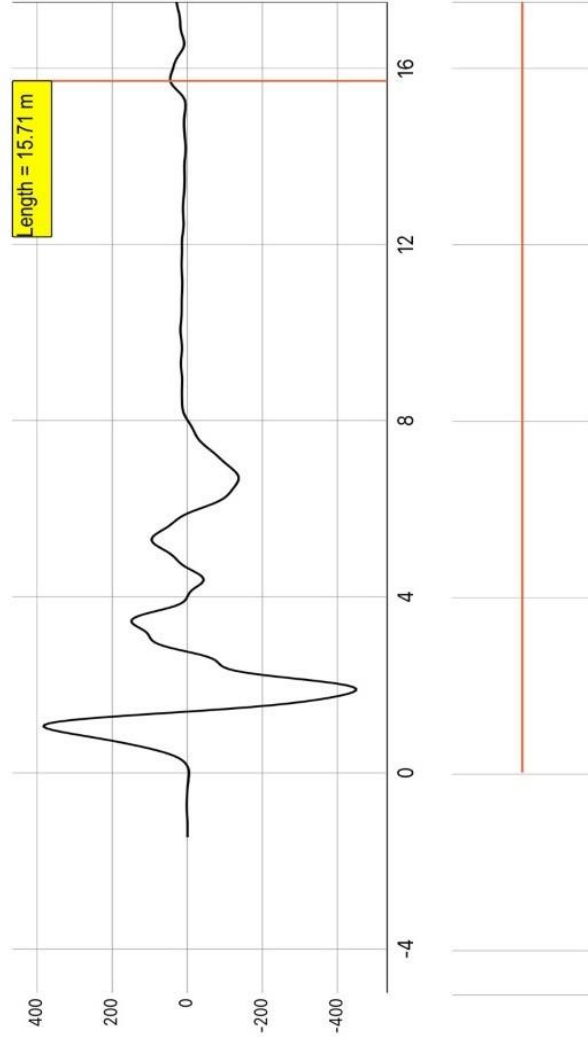
Şekil B25: X5Y5 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



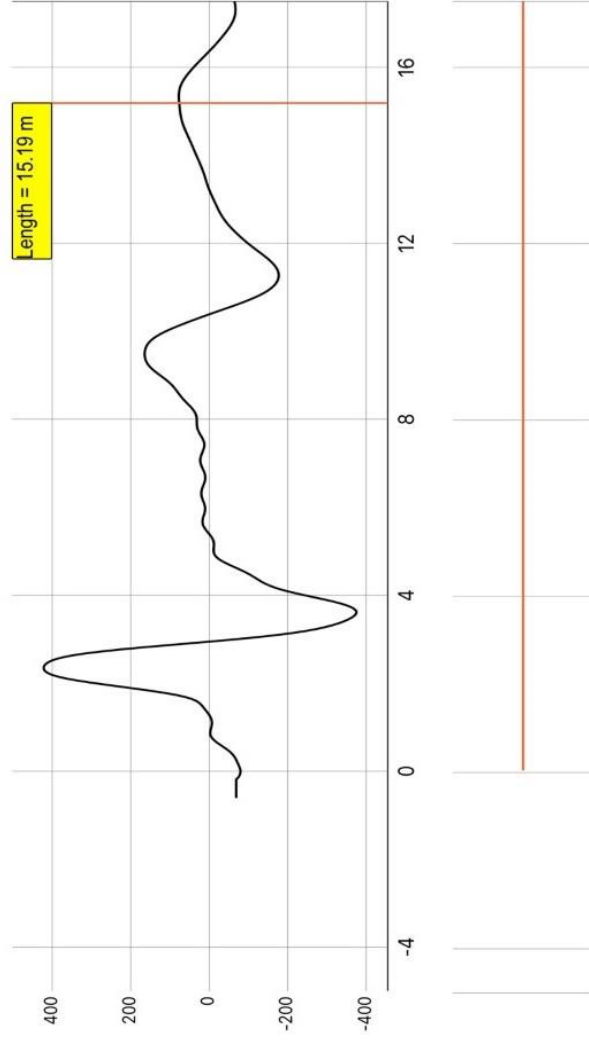
Şekil B26: X1Y6 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



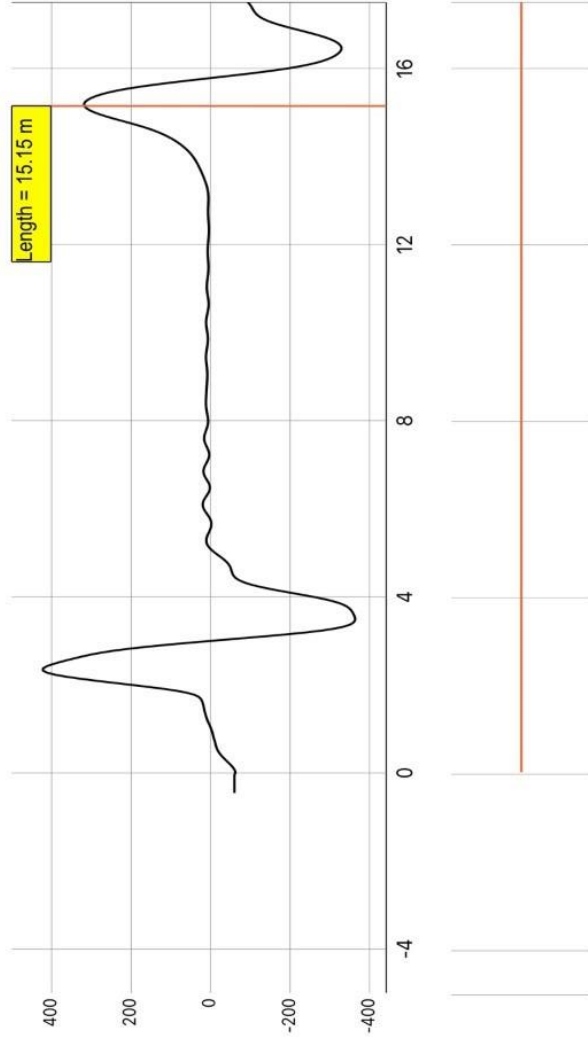
Şekil B27: X2Y6 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



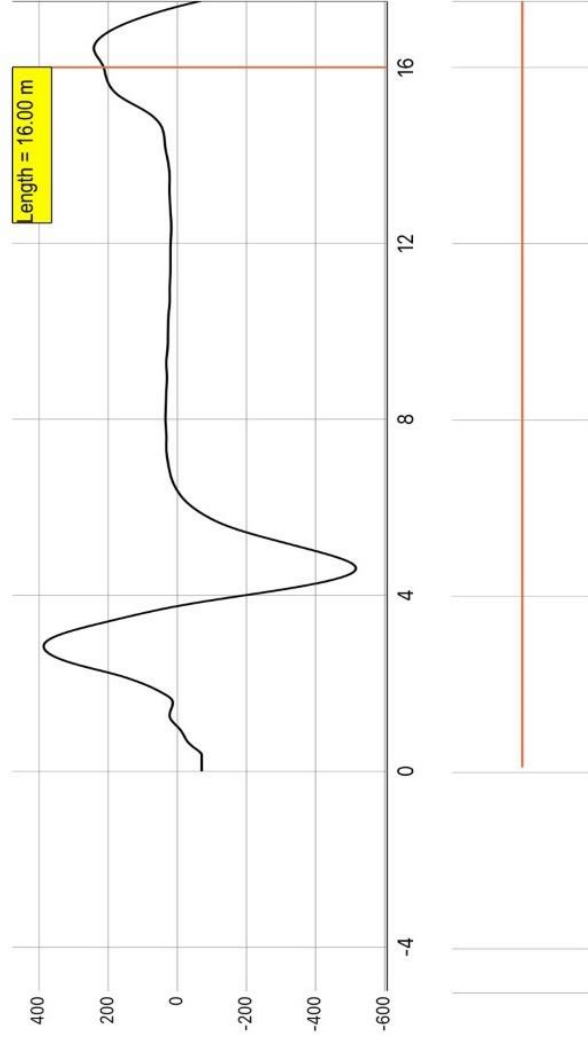
Şekil B28: X3Y6 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



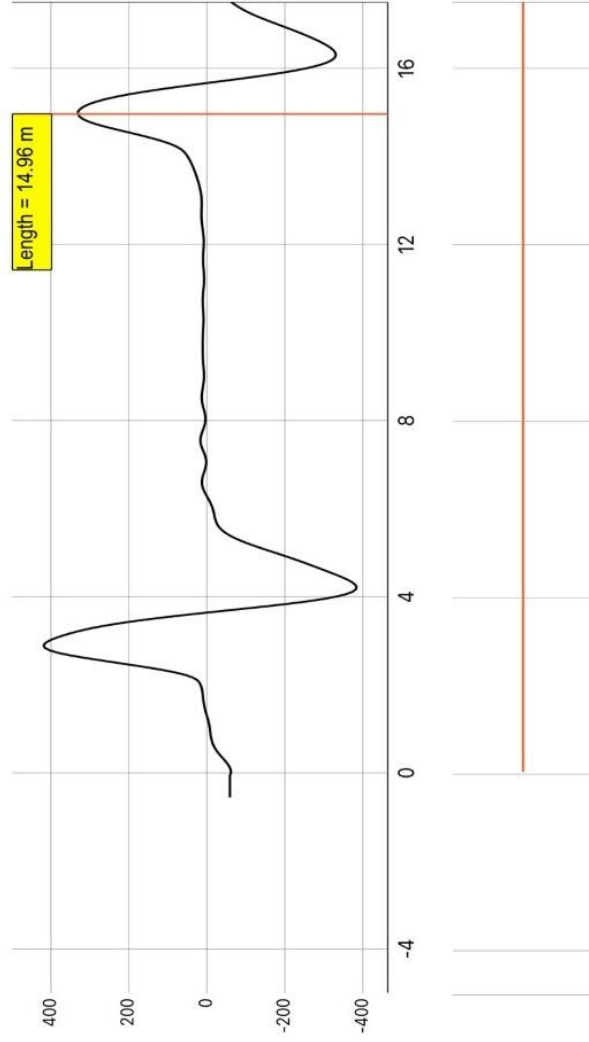
Şekil B29: X4Y6 numaralı kazığin süreklilik deney grafiğı



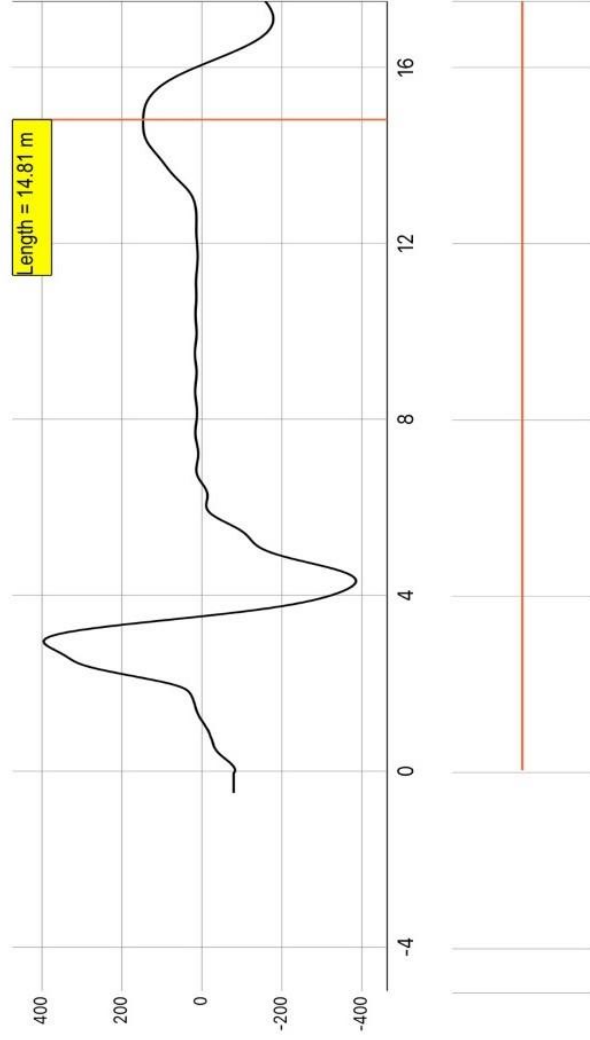
Şekil B30: X5Y6 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



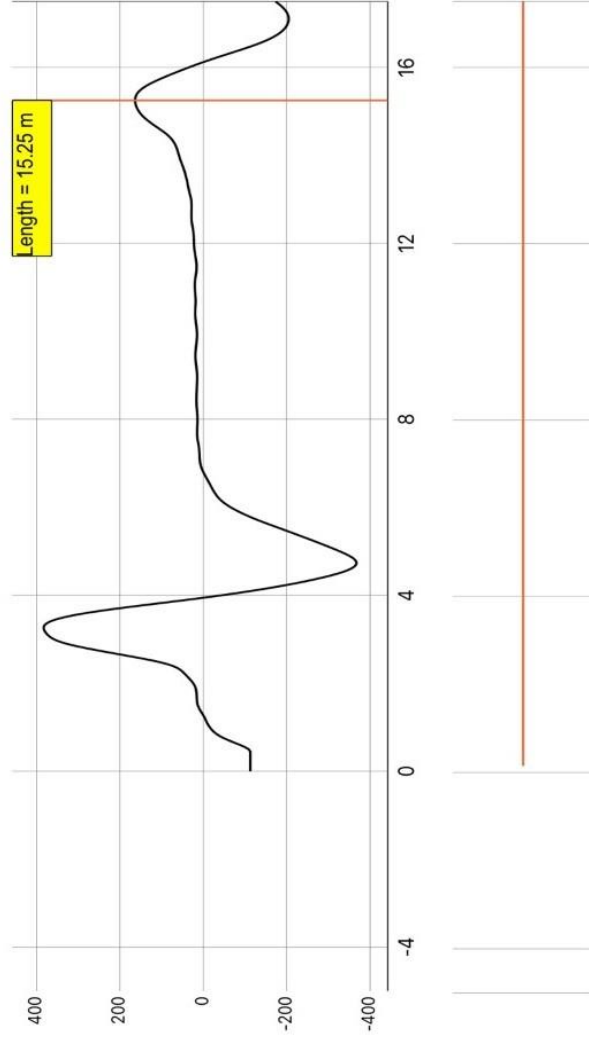
Şekil B31: X1Y7 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



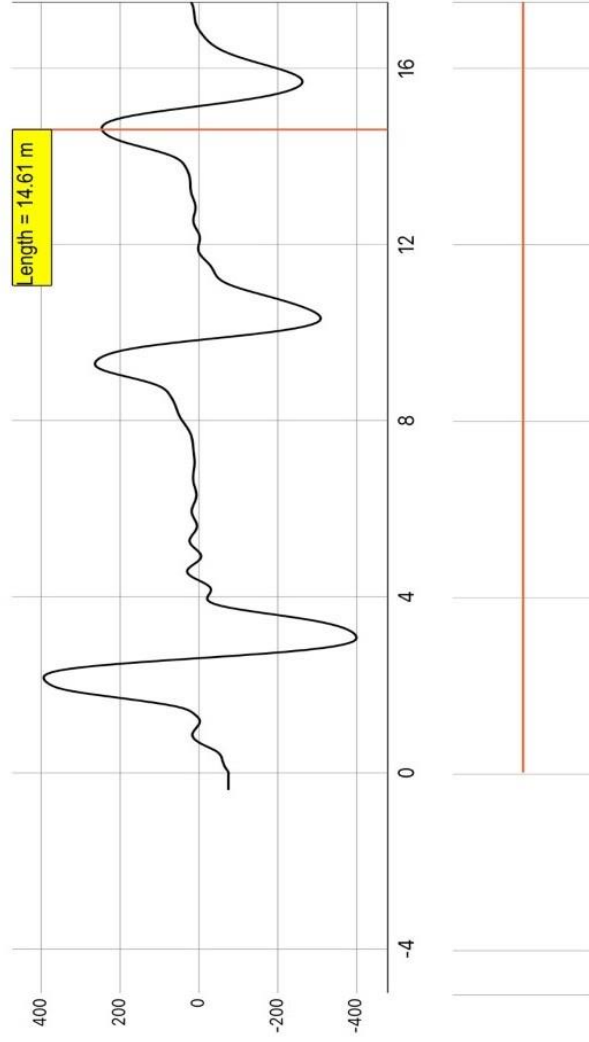
Şekil B32: X2Y7 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



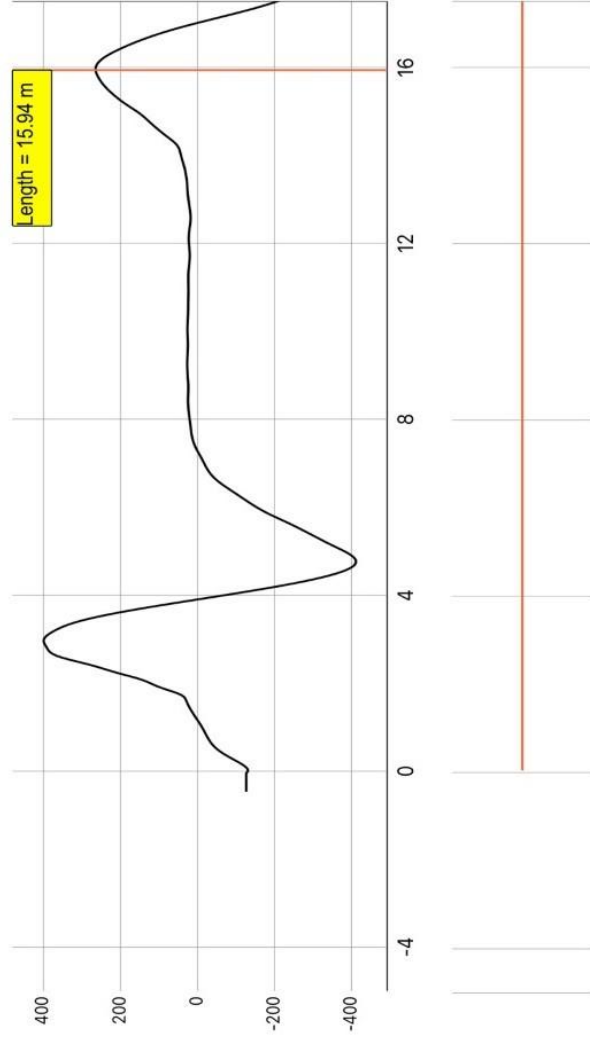
Şekil B33: X3Y7 numaralı kazığin süreklilik deney grafiğı



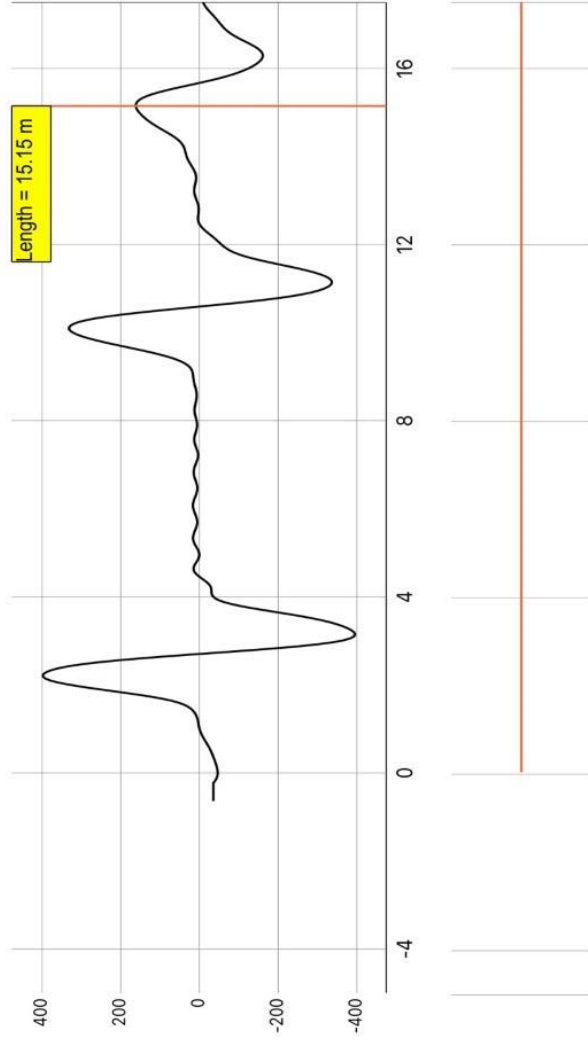
Şekil B34: X4Y7 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



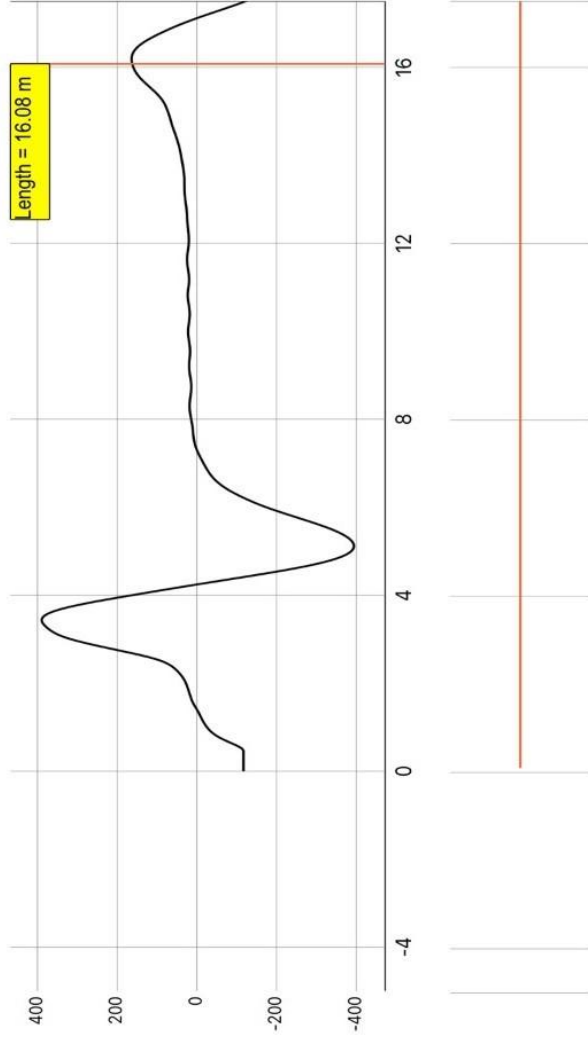
Şekil B35: X5Y7 numaralı kazığin süreklilik deney grafiğı



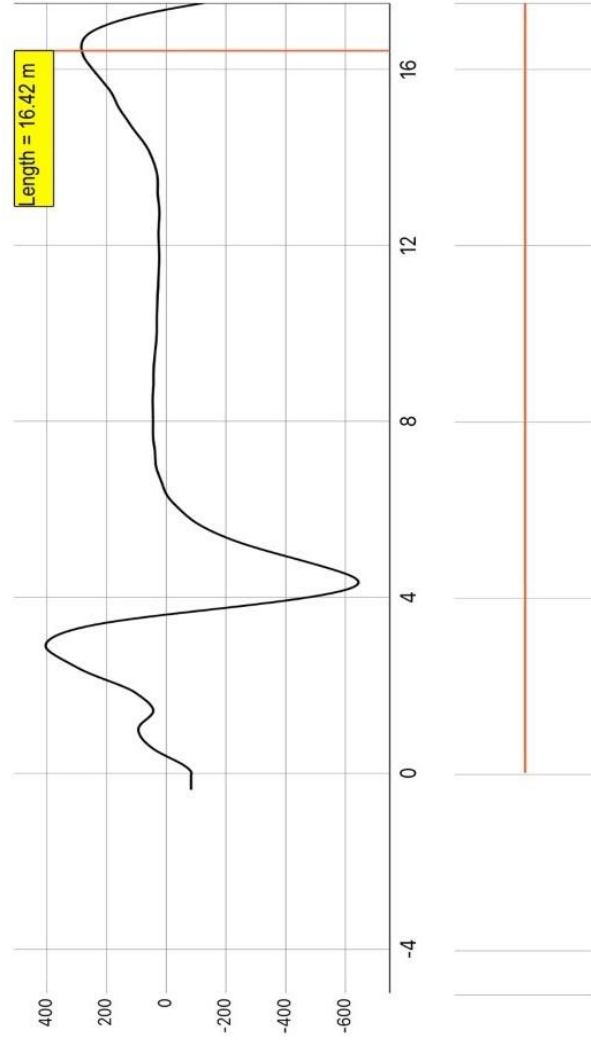
Şekil B36: X1Y8 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



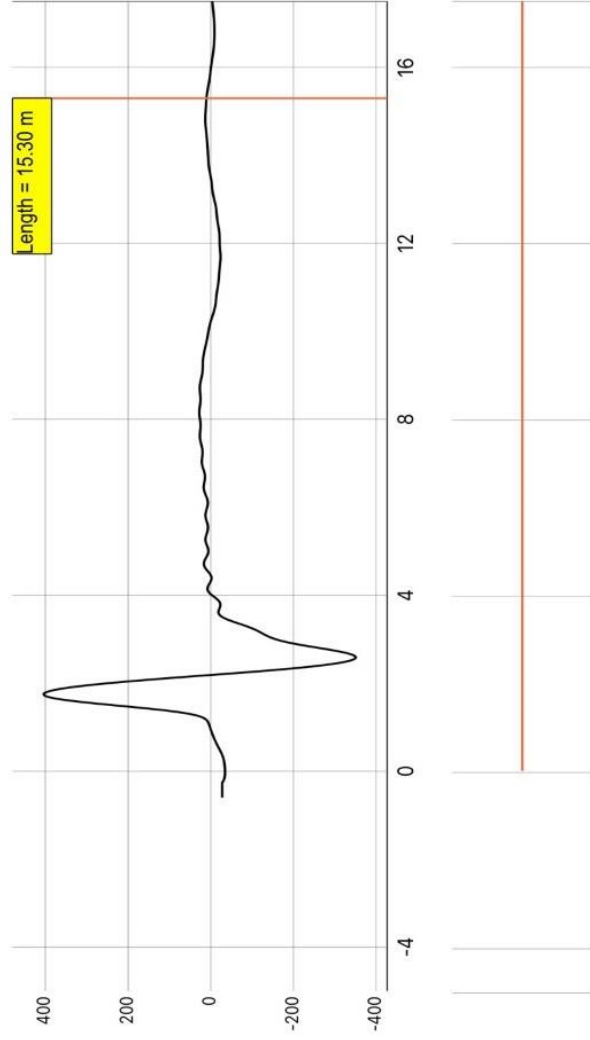
Şekil B37: X2Y8 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



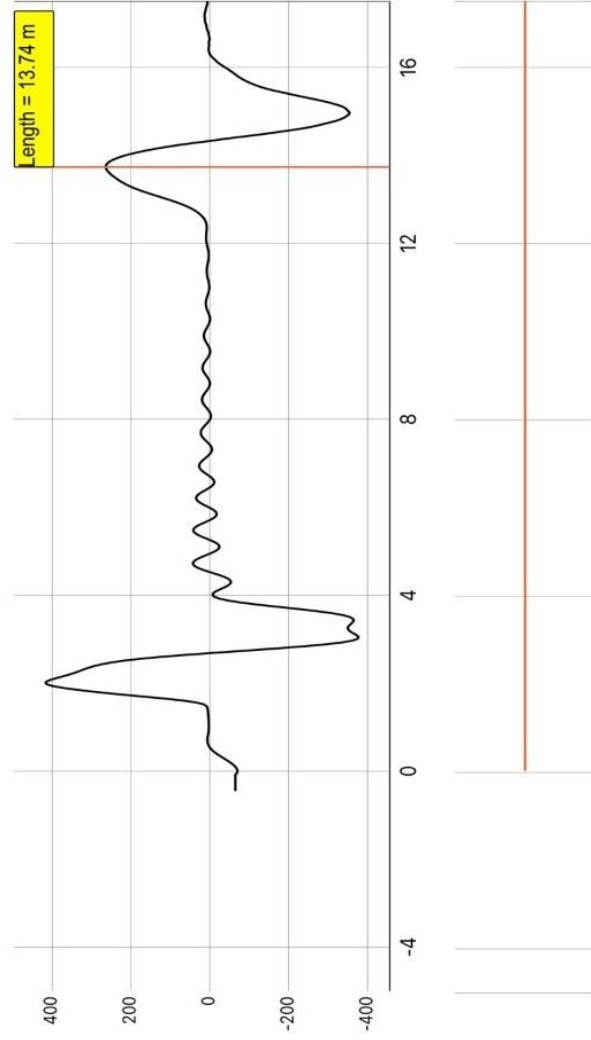
Şekil B38: X3Y8 numaralı kazığin süreklilik deney grafiğı



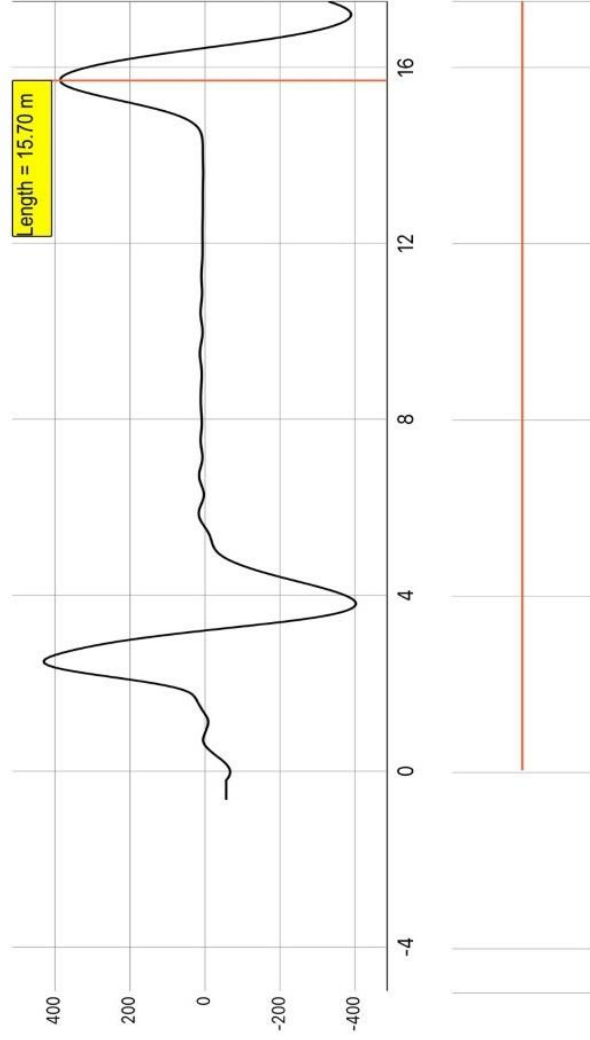
Şekil B39: X4Y8 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



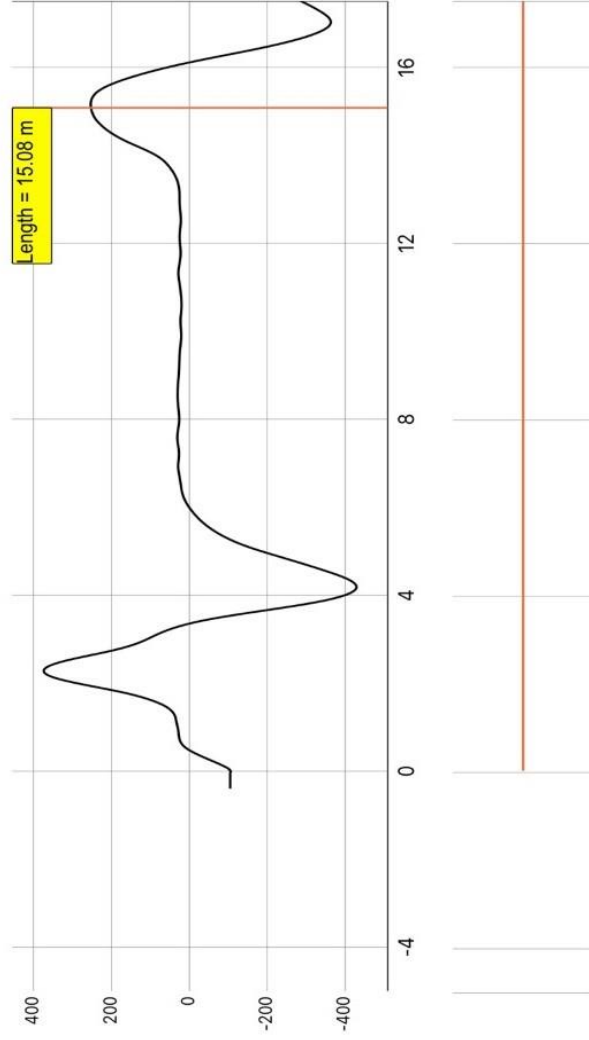
Şekil B40: X5Y8 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



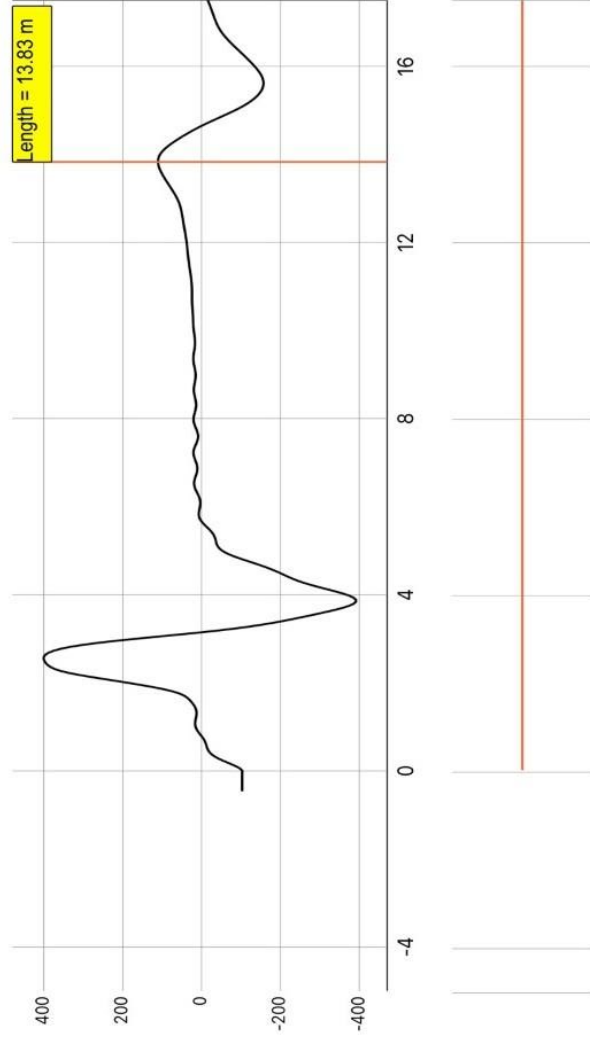
Şekil B41: X1Y9 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



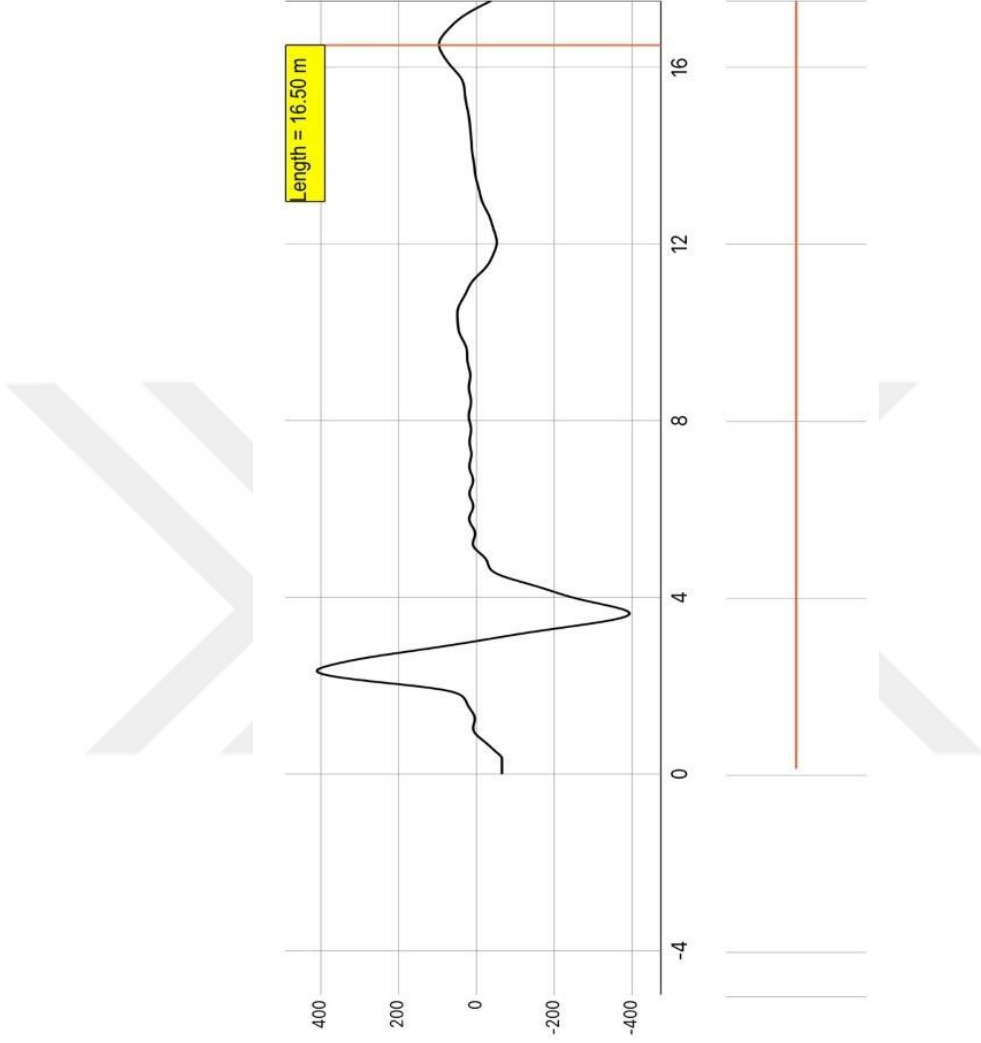
Şekil B42: X2Y9 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



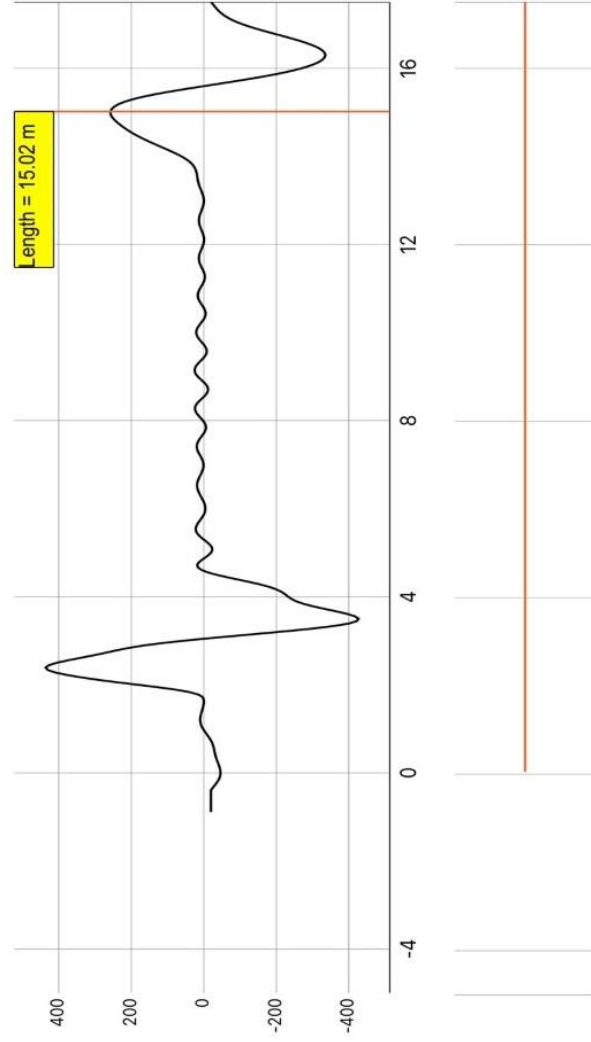
Şekil B43: X3Y9 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



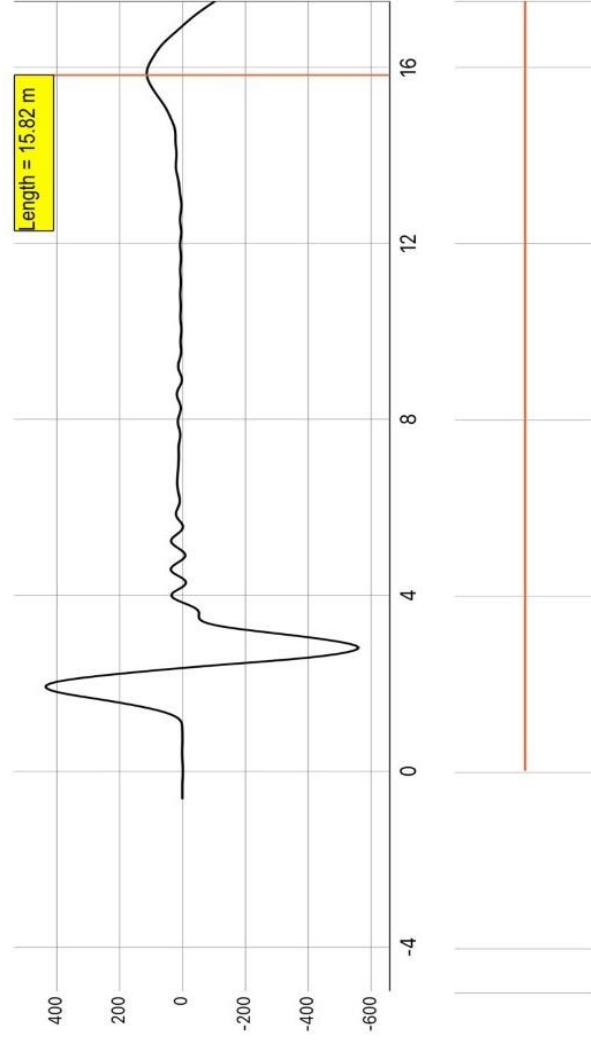
Şekil B44: X4Y9 numaralı kazığin süreklilik deney grafiğı



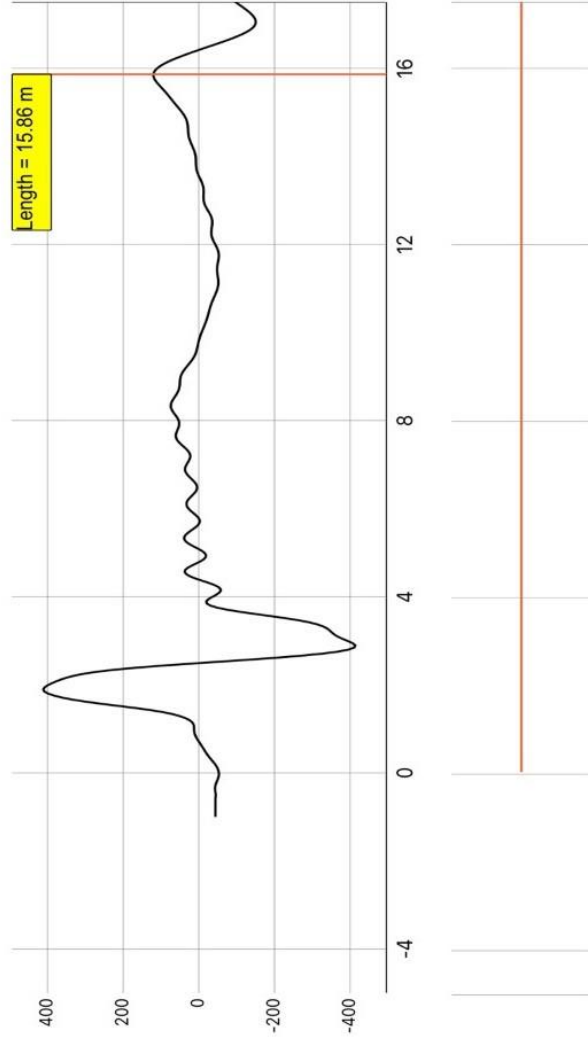
Şekil B45: X5Y9 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



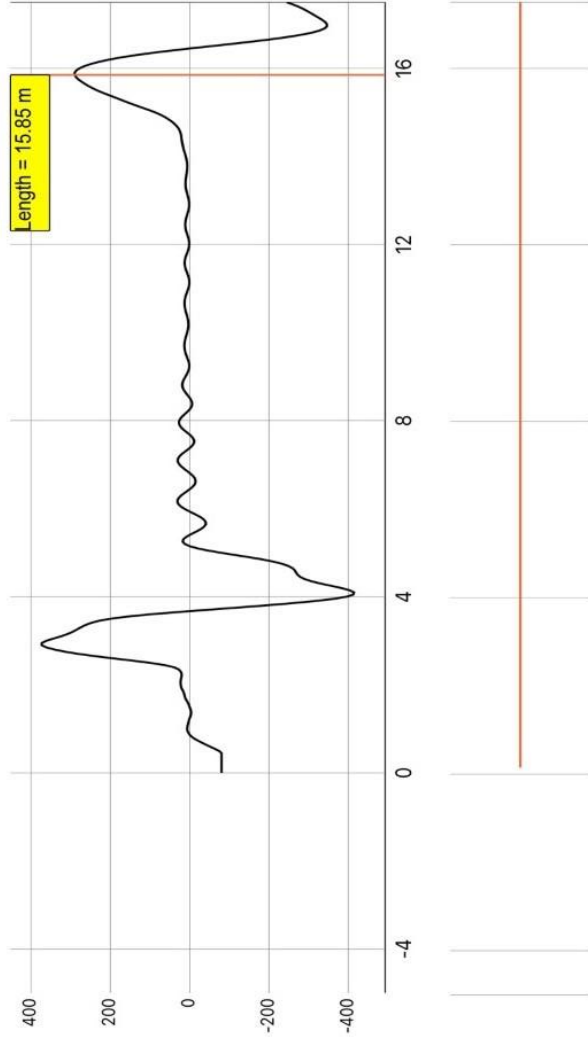
Şekil B46: X1Y10 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



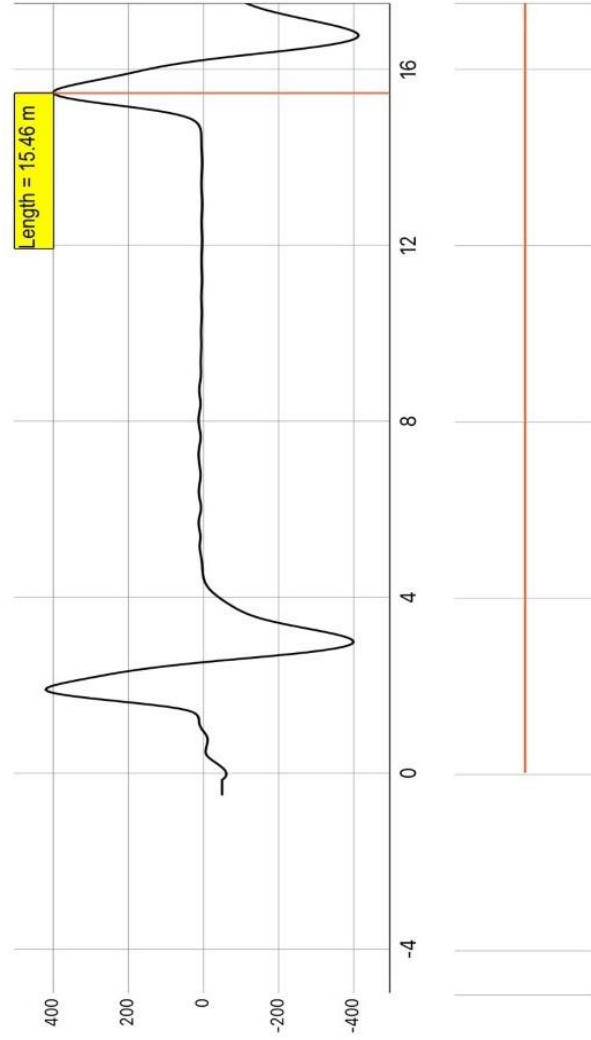
Şekil B47: X2Y10 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



Şekil B48: X3Y10 numaralı kazığin süreklilik deney grafiğı



Şekil B49: X4Y10 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği



Şekil B50: X5Y10 numaralı kazığın süreklilik deney grafiği