

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SİNYAL EŞLEME YÖNTEMİ KULLANILARAK KAZIK SÜREKLİLİK
DENEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KAZIK KALİTESİNİN
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Güney DENEÇ**

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği

KASIM 2006

**SİNYAL EŞLEME YÖNTEMİ KULLANILARAK KAZIK SÜREKLİLİK
DENEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KAZIK KALİTESİNİN
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Güney DENEÇ**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14 Ekim 2006

Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Kasım 2006

**Tez Danışmanı: Y. Doç Dr. Aykut ŞENOL
Diğer Jüri Üyeleri Doç. Dr. İsmail H. AKSOY**

Y. Doç. Dr. Saadet BERİLGİN (YTÜ.)

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve bu tezin hazırlanması sırasında sabır, yardım ve desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Aykut Şenol'a teşekkür ederim.

Bu çalışmaya değerli bilgileri ve yardımları ile katkıda bulunan sayın Orhan İnanır, Müge İnanır ve Geogrup İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Bütün eğitim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen ve bana olan güvenlerini her fırsatta dile getiren sevgili aileme minnettarım.

Bu çalışmayı hazırlama aşamasında bilgilerini ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Mustafa Hatipoğlu, Tolga Y. Özüdoğru ve Z. Nil Taylan'a teşekkür ederim.

Ekim 2006

Güney Deneç

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR.....	.V
TABLO LİSTESİ.....	.VI
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
SEMBOL LİSTESİ.....	VIII
ÖZET.....	X
SUMMARY.....	XII

1.GİRİŞ	1
2.KAZIKLI TEMELLER	4
2.1 Kazık Çeşitleri.....	5
2.1.1 Çakma Kazıklar.....	5
2.1.1.1 Ahşap Kazık.....	5
2.1.1.2 Çelik Kazık.....	7
2.1.1.3 Prekast Betonarme Kazık.....	9
2.1.1.4 Öngerilmeli Betonarme Kazık	10
2.1.2 Yerinde Dökme Çakma Kazık	11
2.1.3 Delme Kazık.....	14
2.1.4 Kompozit (Karmaşık) Kazıklar.....	16
2.2 Kazıkların Taşıma Gücü	17
2.2.1 Kazıkların Taşıma Gücü Üzerinde Başlıca Etkenler..	17
2.2.2 Statik Taşıma Gücü Formülleri	18
2.2.3 Dinamik Analiz	19
2.3 Negatif Çevre Sürtünmesi	20
2.4 Standart Arazi Deneyleri ile Kazık Taşıma Gücünün Bulunması	21
2.5 Kazık Yükleme Deneyleri.....	21
3.GERİLME DALGA TEORİSİNİN KAZIKLARA UYGULANMASI.....	25
3.1 Tarihçesi	25
3.1.1 XX.Yüzyıl Öncesi Analitik Gelişmeler	26
3.1.2 Modern Çağ (Case Metodu).....	27
3.1.3 Kazıklara Uygulanması	29
3.2 Dalga Çeşitleri.....	30
3.3 Tek Boyutlu Dalga Teorisi.....	33
3.4 Kazık Süreksizlikleri	35
3.5 Kazık Zemin Etkileşimi	36
4.SÜREKLİLİK DENEYLERİ.....	39
4.1 Süreklilik Deneyi Çeşitleri	41
4.2 Süreklilik Deneylerinin Avantaj ve Dezavantajları	42
4.3 Tahribatsız Düşük Deformasyonlu Kazık Süreklilik Deneyleri	43
4.3.1 Sismik Süreklilik Deneyi	44

4.3.2 Vibrasyon Deneyi (TDR - Transient Dynamic Response)	45
4.3.3 Sonik Süreklilik Deneyi	47
5. SİNYAL EŞLEME	50
5.1 Signal Matching Programının İşletimi	52
5.2 Analiz Sonuçları	57
6.SONUÇLAR	69
KAYNAKLAR.....	73
EKLER A.....	76
EKLER B.....	84
EKLER C.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	143

KISALTMALAR

CAPWAP	: Case Pile Wave Analysis Program
CEBTP	: Centre Experimental de Recherche et d'Etudes du Batiment et des Travaux Publics
CPT	: Cone Penetration Test
FPDS	: Foundation Pile Diagnostic System
PDA	: Pile Driving Analyzer
SIT	: Sonic Integrity Testing
SPT	: Standart Penetration Test
TDR	: Transient Dynamic Response
TNO	: The Netherlands Organization for Applied Scientific Research

Tablo Listesi

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 : Kazık Boyuna Göre Kazık Çapı.....	14
Tablo 5.1 : Sondajlara Göre Zemin Profili ve SPT-N60 Değerleri.....	60
Tablo 5.2 : Konutlar ve Test Edilen Kazıklar.....	61
Tablo 5.3 : Süreksizlik Tipine Göre Bölgelerdeki Kazık Sayısı ve Kazık Yüzdesi.....	62
Tablo 5.4 : Derinliğe Bağlı Olarak Daralma Yapan Kazık Sayısı ve Kazık Yüzdesi.....	63
Tablo 5.5 : Derinliğe Bağlı Olarak Genişleme Yapan Kazık Sayısı ve Kazık Yüzdesi.....	63

Şekil Listesi

Sayfa No

Şekil 2.1	: Ahşap Kazık.....	6
Şekil 2.2	: Çelik Kazık.....	8
Şekil 2.3	: Prekast Çakma Betonarme Kazık.....	10
Şekil 2.4	: Yerinde Dökme Betonarme Kazık.....	13
Şekil 2.5	: Kazık Yükleme Deneyi.....	23
Şekil 2.6	: Dinamik Kazık Yükleme Deney Kurgusu.....	24
Şekil 3.1	: P Dalgası.....	31
Şekil 3.2	: S Dalgası.....	32
Şekil 3.3	: Rayleigh Dalgası.....	33
Şekil 3.4	: Tek Bir Uçtan Yüklendi Silindirik Bar.....	34
Şekil 3.5	: Genel Süreksizlik.....	35
Şekil 3.6	: Süreksizliği Olan Bir Kazıkdaki Yansımalar.....	36
Şekil 3.7	: Serbest Uçlu Kazık Dalgası.....	37
Şekil 3.8	: Kazık Zemin Etkileşiminden Dolayı Azalan Dalga.....	38
Şekil 4.1	: Sismik Süreklilik Deneyi.....	45
Şekil 4.2	: Vibrasyon Deneyi.....	47
Şekil 4.3	: Sonik Süreklilik Deneyi.....	48
Şekil 5.1	: Sinyal Yükleme Ekranı.....	52
Şekil 5.2	: Kazık Datası Girdi Ekranı.....	53
Şekil 5.3	: Zemin Özellikleri Girdi Ekranı.....	54
Şekil 5.4	: Kazık Zemin Modeli a) TNO b) SMITH.....	55
Şekil 5.5	: Hız ve Zamana Bağlı Sinyal Grafiği.....	56
Şekil 5.6	: Kazığın Analizden Sonraki Şekli.....	57
Şekil 5.7	: Kazık İmalatı.....	58
Şekil 5.8	: Konutların Altlarında İmal Edilmiş Yerinde Dökme Kazıklar.....	59
Şekil 5.9	: Süreksizlik Tipi ve Kazık Yüzdesi.....	64
Şekil 5.10	: Bölge ve Derinliğe Bağlı Olarak Daralma Yapan Kazık Sayısı.....	65
Şekil 5.11	: Bölge ve Derinliğe Bağlı Olarak Genişleme Yapan Kazık Sayısı.....	65
Şekil 5.12	: Derinlik ve Toplam Kazık Sayısına Göre Daralma ile Genişleme.....	66
Şekil 5.13	: SK7, S11, SK13, SK12 için SPT-N ₆₀ Çizimleri.....	67
Şekil 5.14	: SK16, SK9, SK8 için SPT-N ₆₀ Çizimleri.....	68
Şekil C1	: 136 nolu konuttaki 1,8,11,15 nolu kazıklar.....	88
Şekil C2	: 136 nolu konuttaki 22,25,34 nolu kazıklar.....	89
Şekil C3	: 137 nolu konuttaki 5,9,11,16 nolu kazıklar.....	90
Şekil C4	: 137 nolu konuttaki 17,18,19,20 nolu kazıklar.....	91
Şekil C5	: 137 nolu konuttaki 23,24,28,30 nolu kazıklar.....	92
Şekil C6	: 137 nolu konuttaki 32,38,41 nolu kazıklar.....	93

Şekil C7	: 138 nolu konuttaki 2,13,15,20 nolu kazıklar.....	94
Şekil C8	: 138 nolu konuttaki 29,30,36,39 nolu kazıklar.....	95
Şekil C9	: 138 nolu konuttaki 40,41,45,46 nolu kazıklar.....	96
Şekil C10	: 138 nolu konuttaki 47,51 nolu kazıklar.....	97
Şekil C11	: 139 nolu konuttaki 1,3,5,8 nolu kazıklar.....	98
Şekil C12	: 139 nolu konuttaki 13 nolu kazık.....	99
Şekil C13	: 140 nolu konuttaki 1,4,9,17 nolu kazıklar.....	100
Şekil C14	: 141 nolu konuttaki 6,8,11,17 nolu kazıklar.....	101
Şekil C15	: 141 nolu konuttaki 18 nolu kazık.....	102
Şekil C16	: 142 nolu konuttaki 5,12,19 nolu kazıklar.....	103
Şekil C17	: 143 nolu konuttaki 2,5,7,9 nolu kazıklar.....	104
Şekil C18	: 143 nolu konuttaki 11,18,25,32 nolu kazıklar.....	105
Şekil C19	: 143 nolu konuttaki 35,42,50 nolu kazıklar.....	106
Şekil C20	: 144 nolu konuttaki 2,3,4,5 nolu kazıklar.....	107
Şekil C21	: 144 nolu konuttaki 6,7,8,11 nolu kazıklar.....	108
Şekil C22	: 144 nolu konuttaki 13,15,17,26 nolu kazıklar.....	109
Şekil C23	: 144 nolu konuttaki 29,38,42,53 nolu kazıklar.....	110
Şekil C24	: 144 nolu konuttaki 54,61 nolu kazıklar.....	111
Şekil C25	: 147 nolu konuttaki 1,5,13,19 nolu kazıklar.....	112
Şekil C26	: 147 nolu konuttaki 25 nolu kazık.....	113
Şekil C27	: 148 nolu konuttaki 1,4,5,6 nolu kazıklar.....	114
Şekil C28	: 148 nolu konuttaki 8,21,25 nolu kazıklar.....	115
Şekil C29	: 149 nolu konuttaki 1,4,5,6 nolu kazıklar.....	116
Şekil C30	: 149 nolu konuttaki 7,10,13 nolu kazıklar.....	117
Şekil C31	: 151 nolu konuttaki 5,7,10,11 nolu kazıklar.....	118
Şekil C32	: 151 nolu konuttaki 12,14,23,27 nolu kazıklar.....	119
Şekil C33	: 151 nolu konuttaki 35,45,51 nolu kazıklar.....	120
Şekil C34	: 152 nolu konuttaki 2,4,7,9 nolu kazıklar.....	121
Şekil C35	: 152 nolu konuttaki 10,15,17,19 nolu kazıklar.....	122
Şekil C36	: 152 nolu konuttaki 27,32,34,39 nolu kazıklar.....	123
Şekil C37	: 152 nolu konuttaki 42 nolu kazık.....	124
Şekil C38	: 153 nolu konuttaki 8,12,17,24 nolu kazıklar.....	125
Şekil C39	: 153 nolu konuttaki 26,30,34,36 nolu kazıklar.....	126
Şekil C40	: 153 nolu konuttaki 41,42,46,53 nolu kazıklar.....	127
Şekil C41	: 153 nolu konuttaki 62,64,68,73 nolu kazıklar.....	128
Şekil C42	: 153 nolu konuttaki 81,83,86,91 nolu kazıklar.....	129
Şekil C43	: 154 nolu konuttaki 2,3,7,15 nolu kazıklar.....	130
Şekil C44	: 154 nolu konuttaki 19,21,25,29 nolu kazıklar.....	131
Şekil C45	: 154 nolu konuttaki 45,49 nolu kazıklar.....	132
Şekil C46	: 155 nolu konuttaki 3,7,11,18 nolu kazıklar.....	133
Şekil C47	: 155 nolu konuttaki 21,24,25,27 nolu kazıklar.....	134
Şekil C48	: 155 nolu konuttaki 31,35,43,48 nolu kazıklar.....	135
Şekil C49	: 155 nolu konuttaki 52,57,60 nolu kazıklar.....	136
Şekil C50	: 156 nolu konuttaki 2,4,5,10 nolu kazıklar.....	137
Şekil C51	: 156 nolu konuttaki 13a,17,18,20 nolu kazıklar.....	138
Şekil C52	: 156 nolu konuttaki 27t,34,38,39 nolu kazıklar.....	139
Şekil C53	: 156 nolu konuttaki 40,43,46,47 nolu kazıklar.....	140

Şekil C54 : 156 nolu konuttaki 52,55,59,61 nolu kazıklar.....	141
Şekil C55 : 156 nolu konuttaki 62 nolu kazık.....	142

SEMBOL LİSTESİ

A_b	: Kazık uç kesit alanı
A_C	: Kazık kesit alanı
A_s	: Kazık toplam çevre alanı
c	: Tokmak katsayısı
c_u	: Drenajsız kayma mukavemeti
C	: Dalga hızı
C_P	: P dalgası hızı
C_R	: Rayleigh dalga hızı
C_S	: S dalga hızı
D	: Kazık çapı
E	: Elastisite
f	: Frekans
f_s	: Kazık birim çevre alanına etkiyen sürtünme gerilmesi
F	: Kazığa etkiyen kuvvet
G	: Kayma modülü
G_s	: Güvenlik sayısı
H	: Düşüş yüksekliği
K_s, K_0	: Yatay ve sükunetteki toprak basıncı katsayısı
L	: Kazık boyu
N	: Ortalama V/F değeri
N_q, N_c	: Taşıma gücü faktörleri
q_b	: Kazık ucunun oturduğu zeminin birim alanına gelen taşıma gücü
Q_B	: Uç direnci
Q_f	: Kazığın toplam taşıma gücü
Q_s	: Toplam çevre sürtünmesi
s	: Refü
u	: Kazığın yerdeğiştirmesi
V_C	: Ses dalgasının beton içinde yayılma hızı
W_T	: Tokmak ağırlığı
x	: Kazık üzerindeki bir nokta
Z	: Empedans
Δ_f	: Frekans değişim aralığı
Δt	: Kazık başlığına vuruş ile topuk yansıması arasında geçen süre
ϕ'	: Kazık boyunca zeminin ortalama efektif kayma mukavemeti açısı
α	: Adhezyon katsayısı
γ_c	: Betonun birim hacim ağırlığı

δ	: Kazık ile zemin arasındaki sürtünme açısı
ε	: Deformasyon
λ	: Dalga boyu
ν	: Poisson oranı
ρ	: Yoğunluk
σ'_{ort}	: Kazık yüzeyinde tabaka ortasındaki efektif düşey zemin gerilmesi
σ'_v	: Kazık uç seviyesindeki efektif zemin gerilmesi

SİNYAL EŞLEME YÖNTEMİ KULLANILARAK KAZIK SÜREKLİLİK DENEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KAZIK İMALAT KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu araştırmanın amacı bir toplu konut inşaatı kapsamında kazıklı temel olarak inşaa edilen konutların temellerindeki, tahribatsız kazık süreklilik deneyleri uygulanmış kazıklara, Hollandalı Profound firması tarafından geliştirilen “TNOWAVE: SITWAVE” programı ile kontrol yapılması ve kazık imalat kalitesinin belirlenmesidir.

Ülkemizde kazıklar, inşaat işlerinde çok yaygın biçimde kullanılmaktadır. Özellikle derin temeller içinde yapıları desteklemek amacıyla kazıklar sıkça tercih edilmektedir. Gelecekte de ekonomi ve yüksek performans nedeniyle derin temellere olan ihtiyacın artacağı ve deprem ülkesi olmamız nedeniyle imal edilen kazıkların kaliteli olması büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenle son yıllarda dünyada, süreklilik deneylerinin kullanımı hızla artmıştır. Süreklilik deneyleri yapıldıktan sonra sonuçlardan emin olmazsak kontrol amacıyla signal matching programı yardımı ile test sinyalleri ile referans sinyalleri eşleştirilir ve arazideki yaklaşık kazık şekline ulaşılır. Böylece arazideki kazık üzerindeki kusurları net bir biçimde görebilmek mümkündür.

Bu çalışmada Esenyurt'ta bir toplu konut inşaatı kapsamında, kazıklı temel sistemi ile inşaa edilen konutların temelindeki 191 kazık üzerinde yapılan tahribatsız düşük deformasyonlu süreklilik deneyleri sonucunda ortaya çıkan sinyaller, sinyal eşleme programı yardımı ile analiz edilmiş ve hız-zaman grafiklerine, arazideki yaklaşık kazık şekline ve böylelikle kazıkdaki kusurlara, çatlaklara, deliklere, kesitteki genişleme ve daralmalara ulaşılmış olur. Kazık kesitindeki genişleme kazık performansını olumsuz yönde etkileyecek bir faktör değil, kazığın çevre sürtünmesi ile taşınan yükü arttıran bir faktör olduğu için kazık kesitindeki genişlemeler fazla dikkate alınmaz fakat kazık kesitindeki daralmalar kazık performansını olumsuz yönde etkileyebileceği için kazığın yerine yeni bir kazık yapılması veya ilave kazık imalatı gibi sonuçlar ortaya çıkabilir. Bu çalışmanın avantajları süreklilik deneyi yapılmış kazıkların sinyal eşleme yardımı ile tekrar kontrol edilmesi, daha güvenilir kazıklar elde edilmesi, gerekirse kusurlu kazıklarda düzeltme önerilebilmesi ve böylece kazık imalat kalitesinin

belirlenebilmesidir. Bu programın dezavantajı ise kazık taşıma gücü hakkında bir belirlemenin yapılamamasıdır.

Sonuç olarak, 15 m boyunda 0,5 m çapında imal edilen 191 tane kazık üzerinde herbir kazık için (0-5)m, (5-10)m ve (10-15)m için üç ayrı değerlendirme yapılmış ve bu noktalar arasında kazık kesitinde meydana gelen genişleme ve daralmalar ele alınıp, incelenmiştir.

EVALUATION OF PILE INTEGRITY TESTING BY SIGNAL MATCHING SOFTWARE (SITWAVE) AND DETERMINATION OF PILE QUALITY

SUMMARY

The aim of this study is to determine the pile quality of the piles that were driven in Esenyurt Mass Housing Project. The piles were analyzed using Profound's "TNOWAVE" software package which utilizes stress wave equation systems. SITWAVE is one of these programs which simulates sonic integrity testing and performs automatic signal matching.

In future, because of the need to the civil engineering developments, the use of deep foundations will increase. For the analysis and control of the piles to be casted in these projects, pile integrity testing is the most economical solution.

Using the signal matching method, piles previously tested by pile integrity test are analyzed. In this research, totally 191 driven piles which are 15m in length and 50cm in diameter were tested. Reference signals are matched with the test signals by using SITWAVE software. Reference signals are the signals that were taken from the site and test signals are created by the software according to the pile and soil data. The deviations from the reference signals show us the locations where enlargement and decrement in the cross-section occurs.

Finally, we consider the piles in (0-5)m, (5-10)m and (10-15)m to find out the piles which have discontinuities.

1.GİRİŞ

Mühendislik alanında kazıkların kullanılması yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. Asırlar önce Venedik ve Amsterdam gibi şehirlerin kazıklar üstüne kurulup inşaa edildikleri bilinmektedir. Kazıklar günümüzde de inşaat işlerinde yoğun bir biçimde kullanılmaya devam etmektedir. Özellikle denizler ve karalar üzerindeki çeşitli jeolojik durumlarda kazıklar yapıları desteklemek için derin temeller içinde kullanılmaktadır.

Yapıları desteklemek için inşaa edilen kazıkların kusurlarının bulunmasında süreklilik deneyleri dünyada yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Süreklilik deneylerinin amacı, inşaa edilmiş temelin yapısal olarak sağlam olduğunu ve önemli kusurlar içermediğini doğrulamaktır. Derin temellere olan ihtiyaç arttıkça süreklilik deneylerinin de önemi artmıştır.

Tahribatsız düşük deformasyonlu kazık süreklilik deneyleri kazık imalat kalitesinin belirlenmesi için yapılır. Bunlar temellerdeki büyük kusurları veya süreksizlikleri ortaya çıkarmada yardımcı olur. Kazıklara uygulanan tahribatsız düşük deformasyonlu süreklilik deneyleri ASTM D-5882 standartına uygun olarak yapılmaktadır. Süreklilik deneyi, kazık başında özel bir çekiçe vurmak suretiyle oluşturulan bir darbenin yine kazık başına yerleştirilen bir ivme ölçerle kaydedilmesi esasına dayanmaktadır. İvme ölçerle kaydedilen sinyal belirli büyütme değerleri kullanılarak dijital hale çevrilir. Sahada portatif bir bilgisayar vasıtasıyla alınan kayıtlar bu iş için özel olarak geliştirilen yazılımlar kullanılarak analiz edilmekte ve sonuçlar grafik olarak deney süresince elde edilmektedir. Bu veriler yardımı ile süreklilik deneyinden, kazık kesiti boyunca meydana gelebilen daralma, genişleme, kırıklar ve kazık boyu yaklaşık olarak belirlenebilir. Bu deneye tahribatsız süreklilik deneyi denmesinin nedeni kazık başlığına çekiçe vurmak suretiyle yapılan darbeye kazığın zarar görmemesidir. Bu deneylerin yorumlanmasında gerilme-dalga teorisinden yararlanılır. Gerilme dalgası çekiçe yapılan

darbe sonrasında kazık başlığından başlayarak alta doğru hareket eder ve daha sonra alttan yansıyarak tekrar kazık başlığına çıkar. İleride ekonomi ve yüksek performans nedeniyle derin temellerin sıkça kullanılacağı tahmin edilmektedir. Derin temel sistemlerindeki kazıkların test edilmesi ve analizinde ise gerilme-dalga teorisinden yararlanılacaktır. Tahribatsız düşük deformasyonlu kazık süreklilik deneyleri genelde yerinde dökme kazıklarda tercih edilirken prefabrike ve kalıcı muhafaza borulu kazıklarda genellikle tercih edilmez.

Kazık imalat kalitesinin, profesyonel bir yorumlama ile belirlenmesi için Hollandalı TNOWAVE firması tarafından geliştirilen SITWAVE programı kullanılarak *signal matching* özelliğinden yararlanılmıştır. Bir referans sinyali belirlenmiş, test sinyalleriyle referans sinyalleri eşleştirilmiş ve referans sinyalinden sapan sinyaller değerlendirilmiştir.

SIT (Sonic Integrity Testing) sinyali kazık kesidindeki değişimler, zemin özelliklerindeki değişimler ile kazıkdaki çatlaklar ve delikler nedeni ile empedansda meydana gelen değişimler hakkında bilgiler içerir. Bu bilgiler analiz sonrasında SIT sinyallerindeki değişimlerin yorumlanması ile ortaya çıkar. Analiz sonrasında program bize hız-zaman, kuvvet-zaman, çap-kazık boyu gibi grafikler ile arazideki mevcut kazık şeklini verecektir. Buradaki kazık şekline bakarak kazıktaki kusurlar, kesitteki genişlemeler ve daralmalar hakkında doğrudan yorum yapmak mümkün iken bir yandan da hız zaman grafiğine bakarak dalga yayılım şekillerinden kazığın kusurlu noktalarını ve başlayıp bittiği uzunluğu tahmin etmek de mümkündür.

Bu çalışmada, Esenyurt'ta bir toplu konut inşaatı kapsamında, kazıklı temel sistemi ile inşaa edilen konutların temelindeki kazıklar üzerinde yapılan tahribatsız düşük deformasyonlu kazık süreklilik deneyleri ve "SITWAVE-Signal Matching" programı yardımı ile yapılan analizler konu edilecektir. Analizler sonucunda arazide elde edilen kazık sinyal dataları ve SITWAVE programı ile analiz edilen kazık dataları karşılaştırılmış ve kazıkdaki süreksizlikler belirlenmiştir.

Esenyurt konutları kapsamında 191 tane kazıkda analiz yapılmıştır. Kazıklar 15 m boyunda ve 0,5 m çapında imal edilmiştir. Test edilen herbir kazık için (0-5)m, (5-10)m ve (10-15)m için üç ayrı değerlendirme yapılmış ve bu noktalar arasında kazık kesitinde meydana gelen genişleme ve daralmalar belirlenmiştir.

2.KAZIKLI TEMELLER

Kazıklı temeller derin temel çeşitlerinden biridir. Derin temeller, zeminin üst tabakası yapıdan gelen yükleri taşımaya uygun olmadığı zaman yükü daha derindeki tabakalara aktaran temel sistemleridir (Bowles, 1988). Bunlar, temel derinliğinin temel genişliğine oranı genellikle 5’den büyük olan temellerdir. Yüzeysel temellere göre maliyeti fazla olmasına rağmen yapı güvenliğini sağladığı için kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Kazıklı temeller üst yapı yüklerinin sağlam zemine aktarılmasında, dayanma yapılarında rüzgar ve deprem gibi yanal yüklerin karşılanması, suyla teması halinde kabarma ve göçme gösteren zeminlerde yükü aktif zonun dışına aktarmada, su altındaki temellerde kaldırma kuvvetinin etkisine karşı, köprü ayaklarında erozyon dolayısıyla oyulmaya karşı, zemin hareketini kontrol amacıyla ve gevşek granüler zeminlerin sıkıştırılması amacıyla kullanılabilir (Yıldırım, 2004). Kaya ve benzeri sağlam zemine oturan kazıklar “uç kazığı” olarak isimlendirilirken, taşıyıcı tabakanın derinde olması halinde kazık “sürtünme kazığı” olarak inşaa edilir ve üst yapı yükleri çevre sürtünmesi ile taşınır.

Kazıklar pratikte tek başlarına nadiren kullanılırlar, sadece çok özel durumlarda tekil kazık kullanılması söz konusudur. Genellikle en az birkaç kazıktan oluşan gruplar halinde inşaa edilirler. Böylece eksantrik yüklerin karşılanması daha kolay olmaktadır.

Kazıklı temel tasarımında zemin profilinin ayrıntılı bir geoteknik araştırma ile belirlenip mühendislik özelliklerinin saptanması gerekmektedir. Ancak bu işlem yapıldıktan sonra kazıklı temel sistemi projelendirilir.

Kazık çeşidi seçimindeki etkenler (Yıldırım, 2004) ;

- a) Yerleşim ve yapı cinsi

- b) Zemin ve yeraltı suyu durumu
- c) Uzun süre dayanıklılık
- d) Maliyet

Kazık çakılmasında kullanılan ekipmanlar kazığı çakma durumuna getiren vinç ve kazığı çakan tokmaktan oluşur. Çeşitleri serbest düşmeli şahmerdan, tek tesirli veya çift tesirli buharlı şahmerdan, dizel şahmerdan, hidrolik şahmerdan ve kazık vibratörleridir (Toğrol, 1970).

2.1 Kazık Çeşitleri

Kazıkları zemine nüfuz etme şekilleri ve zeminde yarattıkları deformasyonlara göre çeşitlere ayırmak mümkündür. Burada kazıklar çakma kazık, yerinde dökme çakma kazık, delme kazık ve kompozit kazık olmak üzere dört grupta incelenmiştir (Tomlinson, 1977).

2.1.1 Çakma Kazıklar

Çakma kazıklar ahşap kazıklar, çelik kazıklar ve betonarme kazıklar olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Betonarme kazıklar da prekast betonarme kazık ve öngerilmeli betonarme kazık olmak üzere ikiye ayrılabilir.

2.1.1.1 Ahşap Kazık

Ahşap kazıklar yeraltı su seviyesi altında yıllarca deforme olmadan kalabilirken yeraltı su seviyesi üstünde çürümeye maruz kalabilmekte ve kolayca tahrip olabilmektedir. Bu yüzden nehir düzenlemesi, kurutma, büyük debi ile su çekilmesi gibi sebeplerle yeraltı su seviyesinin değişip değişmeyeceği anlaşılmalı, ayrıca yağmur, kuraklık, sıcaklık değişimi gibi etkenler hakkında yeterli bilgi edinilmelidir. Şekil 2.1'deki resimde bir ahşap kazık örneği görülmektedir.



Şekil 2.7: Ahşap Kazık (www.waterventures.net)

Ahşap kazıklar çok ağır yükleri taşımada uygun değildir. Bu kazıklar hafif oldukları için kolayca taşınabilirler ve boyları kolayca ayarlanabilir. Bunun yanında çürüme, böcekler ve yangın gibi nedenlerle hasara uğrayabilirler. Ayrıca ahşap kazıkların çakılması sırasında meydana gelecek zorlanmalarla kırılma ihtimali de vardır. Bu yüzden çakma sırasında kazığın zemine teşkili için gerekli darbe adedi kaydedilerek, kazığın maruz kaldığı direnç kontrol edilmelidir (Toğrol, 1970).

Bir yere ahşap kazık çakılmasının uygun olup olmayacağına zemin koşulları dikkate alınarak karar verilmelidir. Ahşap kazık uçları, çoğunlukla dört köşeli ve bazen yuvarlak şekilde yapılır. Zeminde kırmataş veya çakılın bulunması halinde kazık ucuna çakım sırasında zarar görmemesi için demirden yapılmış metal bir çarık takılır.

Ahşap kazıkların sağlam ağaçtan yapılması, oldukça düzgün ve doğru olması gerekmektedir. Ahşap cinsi olarak çoğunlukla çam, ladin ve meşe ağaçları kullanılır. Meşe ağacı çam ve ladine göre çok daha iyi olmasına karşın maliyeti yüksektir. TS3169 ahşap kazık imalinde dayanıklılık için meşe kullanılmasını tavsiye etmektedir. TS3169 ahşap kazıkların ortalama çaplarını, boylarına bağlı olarak belirtmiştir.

Kazık boyu < 6 m ise ortalama çap; $D = 25 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$

Kazık boyu > 6 m ise ortalama çap; $D = (20+L) \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$.

Burada “L” metre cinsinden kazığın boyunu ifade etmektedir (Toğrol ve Tan, 2003). Ahşap kazıklarda en büyük kazık boyu aşağı yukarı 20 m ve bu halde ortalama kazık çapı 40-45 cm’dir (Köseoğlu, 1971).

2.1.1.2 Çelik Kazık

Çelik kazıklar pahalı olmalarına rağmen burkulma ve eğilmeye karşı daha iyi özelliklere sahiptirler. Çelik kazıklar ağır yükleri taşımada kullanışlıdır. Bu kazıkların betonarme kazıklardan üstünlüğü, ağırlığının çok küçük olmasıdır (Köseoğlu, 1971) . Çelik kazıklar için genellikle St I çeliği kullanılır. Çok kullanılanları boru, kutu, H ve I kesitli çelik kazıklardır (Toğrol ve Tan, 2003) . H kesitli kazıklar küçük deformasyon kazıklarıdır çünkü zemine çakılırken zeminde çok küçük bir deformasyon olmaktadır. H kesitli kazıkların yüksek bir mukavemet ve atalet momentine sahip olması bunları zor çakma koşullarında mükemmel bir seçim haline getirmektedir. Çakma sırasında tahrip olmaması için kazık uçları takviye edilebilir (Coduto, 1994).

Boru kazıklar H kesitli kazıklara göre daha büyük bir atalet momentine sahiptir. Bu ifade boru kazıkları ortamda büyük yanal yükler mevcutsa H kesitli kazıklara göre daha uygun bir seçim yapmaktadır. Boru kazıklar uçları açık veya kapalı olarak çakılabilirler. Kapalı uçlu olanlar kazığın aşağısına kaynaklanmış yatay çelik bir plak veya konik çelik bir uç şeklindedir. Bunlar büyük deformasyon kazıklarıdır çünkü çakılmaları sırasında büyük miktarda zemin yer değiştirir.

Açık uçlu olanlarda ise kazık alt noktasında bloklama yapacak hiçbir şey yoktur, bu yüzden kazık çakıldıkça zemin boru içine girmektedir. Açık uçlu çelik kazık kapalı uçluya göre zeminde daha az deformasyon yapar fakat H kesitli kazığa göre de daha çok deformasyon yapar (Coduto, 1994).

Çelik kazıklar zeminde küçük bir deformasyon meydana getirmek suretiyle çok yüksek boylara kadar çakılabilmektedir (Tomlinson, 1977). Çelik kazıkların boyları kaynak

yapılarak ek yapılması suretiyle arttırılabilir. Böylece açık deniz yapılarında uzun çelik kazıkların teşkili sağlanabilir. Çelik boru kazıklarda et kalınlığı, kullanılan çeliğin kalitesine bağlı olarak belirlenir.

Çelik kazıklar örselenmiş zeminlere çakıldıkları zaman örselenmemiş zeminlere göre daha çok korozyona uğrarlar çünkü örselenmiş zeminlerin içindeki oksijen oranı daha fazladır. Ayrıca deniz suyu veya fazla asidik, bazik (Ph değeri 7'den çok büyük veya çok küçük olan) ortamlara maruz kalan çelik kazıklar korozyona uğrayabilirler. Bunu önlemek için kazıklara katodik koruma yapılır ve kazık emniyet altına alınır. Aşağıda Şekil 2.2'de yanyana kaynaklanmış çelik kazıklardan oluşan bir istinat duvarı örneği görülmektedir.



Şekil 2.8 : Çelik Kazık (<http://hbfleming.com>)

2.1.1.3 Prekast Betonarme Kazık

Prekast betonarme çakma kazıklar hazır prekast elemanların vinçlere monte edilmiş dizel veya hidrolik çekiciler yardımı ile çakılması şeklinde imal edilir. Bunlar genellikle ana olarak deniz, nehir yapılarında veya yerinde dökme çakma kazık kullanmanın pratik ve ekonomik olmayacağı durumlarda kullanılır.

Kara yapılarında ise prekast betonarme kazıkların kullanımı iki nedenden dolayı yerinde dökme çakma kazıklara göre daha pahalıdır.

İlk olarak prekast elemanı taşıma ve çakma sırasında meydana gelebilecek eğilme ve çekme gerilmelerine karşı prekast betonarme kazığa, bunlara karşı koyabilecek miktarda donatı konulmalıdır ve bazen bu donatı miktarı gereğinden fazla olabilmektedir.

İkinci olarak da, prekast kazık hazır olarak yapıldığı için kazığı çaktığımız zemin koşullarında bir sorun olduğu zaman kazık boyunu kısaltmak yada uzatmak konusunda sorunlar yaşanabilmesi diğer bir olumsuz unsurdur (Tomlinson, 1977).

Bununla birlikte bu iki nedene rağmen kara yapılarında prekast kazık kullanımının daha ekonomik olacağı durumlar vardır. Örneğin; çok sayıda kazık kullanımının gerektiği kazık çakımına uygun bir yerde prekast kazık çok hızlı bir şekilde zemine çakılabileceğinden zamandan ve maliyetten tasarruf sağlanacaktır.

Ayrıca kazığın sonradan uzatılma yada kısaltılma problemide bir eklem yeri veya bağlantı yeri olan prekast kazık tipi yapılarak çözülebilmektedir (Tomlinson, 1977). Aşağıda Şekil 2.3’de prekast betonarme çakma kazık örneği görülmektedir.



Şekil 2.9: Prekast Çakma Betonarme Kazık (www.griffithspile.com)

2.1.1.4 Öngerilmeli Betonarme Kazık

Son yıllarda, betonarme çakma kazıklar öngerilmeli olarak da yapılmaktadır. Öngerilmeli olarak yapılan betonarme kazıklar yükseğe kaldırılmada ve taşınmada ortaya çıkan eğilme momentlerini, çakma sırasında meydana gelebilecek basınç ve çekme gerilmelerini kazık kesitinde kalıcı çatlaklar bırakmadan taşıyabildiği ve diğer çakma kazıklara göre daha büyük bir mukavemet/ağırlık oranına sahip olmaları nedeni ile diğerlerine göre daha avantajlıdır (Toğrol ve Tan, 2003).

Bu özelliklerin yanısıra birde yüksek kaliteli beton kullanılırsa, kazıkda mukavemet artışı sağlanacağından, öngerilmeli kazık kullanımı özellikle deniz yapılarında ve korozyona maruz zeminlerde daha avantajlı hale gelir (Tomlinson, 1977).

2.1.2 Yerinde Dökme Çakma Kazık

Ucu kapalı bir kaplama borusunun zemine sokulması ile donatı kafesi indirilip betonlama suretiyle hazırlanan kazıklara *yerinde dökme betonarme çakma kazık* adı verilir. Bunlar sondaj deliği içinde kaplama borulu veya kaplama borusuz imal edilen deformasyon kazıklarıdır. Ucu açık bir kaplama borusu zemine sokularak ve içi temizlenerek hazırlanan kazıklara ise *sondaj kazığı* veya *fore kazık* denilmektedir (Toğrol ve Tan, 2003).

Yerinde dökülen kazıkların yapımında genellikle kaplama borusu denilen çelik bir boru kullanılır. Kaplama borusu kalınlıkları değişik olmakla beraber boyları çoğunlukla 2 m olan parçalar halinde bulunur ve bu parçalar zemine sokuldukça bir diğer parça bunun üzerine vidalama veya kaynaklama ile birleştirilir. Böylece kaplama borusu istenilen boyda yapılarak istenilen derinliğe kadar zemine sokulur. Bu işleminden sonra içteki zeminin dışarı atılması sonucu ortaya çıkan oyuk betonla doldurulup kazık yapımı tamamlanır (Köseoğlu, 1971).

Yerinde oluşturulan böyle kazıklar için patentler olup Raymond, West, Franki kazığı gibi çeşitli isimler alırlar. Yerinde dökme çakma kazıklara örnek olarak *Vibrex* ve *Mendex* kazıkları verebiliriz. Vibrex tipi kazıklar prekast çakma ve fore kazıkların özelliklerini bünyesinde birleştirerek oluşturulan yerinde dökme kazıklardır. Ucu bir plaka ile kapatılmış kapalı uçlu boru dizel veya hidrolik bir çekiç yardımı ile zemine çakılmaktadır. Boru içi kontrolü yapıldıktan sonra hazırlanan donatı kafesi, makinanın kendi vinciyle muhafaza borusu içine yerleştirilir ve makinanın özel kovası veya beton pompası ile betonlanmaya başlanır. Betonlama işleri tamamlandıktan sonra muhafaza borusu geri çekilirken boruya tutturulmuş bir vibrasyon ünitesi ile sıkıştırma yapılır. Deplasman kazığı olmalarından dolayı içine çakıldıkları zemini sıkıştırıp iyileştirdiklerinden, özellikle kumlu ve çakıllı zeminlerde fore kazıklara göre çok daha yüksek taşıma kapasitesine sahiptirler.

Mendex (Fundex) kazıklar Vibrex kazıklar gibi deplasman tipi temel kazıklardır. Kazık çakımı, alt ucu özel bir taban plakası ile kapatılmış muhafaza borusunun delgi tablası vasıtası ile zemine statik bir basınçla itilmesi ile yapılır. Mendex veya Fundex kazıklarda delgi tablası kullanılarak enerjinin yerini statik basınç kuvveti alır. Böylece zemin hareketlerinin istenmediği bitişik nizamdaki binalarda veya eski binaların yanında kolayca deplasman tipi kazık üretilebilir. Vibrex kazık yapımı sırasında oluşan titreşim ve gürültü bu kazıklarda tamamen ortadan kaldırılmış olur (Tomlinson, 1977).

Kaplama borusuz kazıklar ; zemin içine silindirik bir çukur açan çelik bir çarığın çakılması ile kendini tutabilen çukurun betonlanması ile imal edilen kazıklardır. İstenilen derinliğe kadar oyuk açıldıktan sonra beton dökümü 50'şer cm'lik tabakalar halinde yapılır. Bu beton tabakaları döküm sırasında özel uçlarla tokmaklanır. Bunlar kendini iyi tutabilen ve suyun nüfuz etmediği zeminler için uygundur (Köseoğlu, 1971).

Kaplama borusu yerinde bırakılan kazıklar ; zemine çakma ve delme ile sokulan borular genellikle sökülmeden yerinde bırakılır. Bunların boyları genellikle 20m ve 30m arasında değişmektedir (Tomlinson, 1977). Yerinde bırakılan bu boru betona zarar veren su ve zemin etkilerine karşı iyi bir koruyucu görevi görür. Ayrıca kaplama borusu yerinde bırakılan kazıklarda önemli bir çevre sürtünmesi oluşmaz. Bu kazıkların çakımı sırasında çevrede gürültü, titreşim meydana gelebilir.

Kaplama borusu çıkarılan kazıklar ; kaplama boruları zemine sıkıştırma ve sarsma ile sokulan kazıklarda genellikle kaplama boruları çıkarılır. Bu kazıklarda beton döküldükçe boru çekilir ve en sonunda tamamen çıkarılır. Bu kazıkların çevre yüzeyi düzgün bir şekle sahip olamayacağından çevre sürtünmesi oldukça fazladır.

Yerinde dökme betonarme kazıkların donatısı, önceden hazırlanmış donatı kafesinin, genellikle betonlama işlemine başlanılmasından önce, kazık çukuruna yerleştirilir. Betonlama tremi borusu ile kazık çukurunun altından başlanarak veya beton pompası ile yapılır. Betonun kazık çukurunu tamamen doldurmasına ve araya yabancı madde

karışmamasına dikkat edilmelidir. Aşağıda Şekil 2.4’de yerinde dökme betonarme kazık örneği görülmektedir.



Şekil 2.10 : Yerinde Dökme Betonarme Kazık (www.pileco.com)

Yerinde dökme kazıkların bir çok çeşidi vardır. Bunların arasından birisinin seçilmesinde kazık çakılacak arazinin geoteknik özellikleri ve o tip kazığın imal olanakları oynar (Toğrol ve Tan, 2003). Yerinde dökülen kazıkların çapı, kazık boyuna

ve ihtiyaca göre belirlenir. Kazık çaplarının en küçük değerleri kazık boyuna bağlı olarak Tablo 2.1 de verilmiştir (Köseoglu, 1971) .

Tablo 2.2: Kazık Boyuna Göre Kazık apı (Köseoglu, 1971)

Kazık boyu, L [m]	Kazık apı, d [cm]
< 10 m	30
< 15 m	35
< 20 m	40
< 30 m	50

Yerinde dökme betonarme kazıkların bütünlüğü beton kalitesinin yetersiz olması, beton içine yabancı madde karışması, kılıfın hızlı çekilmesi, kazık ucunun yerleştirileceği zeminin örselenmiş olması ve donatı kafesinin yerinde olmaması gibi nedenlerle bozulabilir. Bunun için kazık çeperlerinin stabilitesinin sağlanması, kazık çukurunun betonlanmadan önce iyice temizlenmesi ve kılıf yukarı çekilirken dikkat edilmesi gibi hususlar gözönüne alınmalıdır. Ayrıca kazık çukurunun güvenliğinin sağlanması, yıkılmaması için kayma mukavemeti yeterli süspansiyonlardan yararlanılır. Bunlar arasında bentonit süspansiyonu, polimer süspansiyonları bulunmaktadır

2.1.3 Delme Kazık

Delme kazıklarda çok sayıda zemin delme tekniği kullanılarak zeminin kazılıp dışarı çıkarılması suretiyle zeminde boşluk açılır. Kaplamalı veya kaplamasız olabilen bu boşluk betonlanarak veya betonlandıka kaplama yukarı çekilerek doldurulur. Bu şekilde oluşturulan kazıklara *delme kazıklar* denir. Delme teknikleriyle oluşturulan bu

deliklere ahşap, beton veya çelik yerleştirilebilir. Bu kazıklar yerinde dökme delme kazık ve boru şeklinde delme kazık olmak üzere iki çeşittir.

Yerinde dökme delme kazıklarda zemin stabil ise kaplamasız bir delik, elle veya mekanik delgiyle açılıp içine hafif bir donatı kafesi konup betonlanabilir. Gevşek, suyun etkisine maruz zeminlerde ve parçalanmış kayalarda ise kaplama yapmak kazı çukurunun kenarlarını desteklemek açısından şarttır. Bu kaplama betonlama işlemi sırasında veya betonlamadan sonra çıkartılabilir. Sert killerde ve zayıf kayalarda ise kazığın son taşıma gücü kapasitesini arttırmak için taban büyütülmesi işlemine gidilebilir. Yerinde dökme delme kazıklarda eğer suyun kaldırma kuvvetleri etkili değilse her zaman donatıya ihtiyaç duyulmayabilir.

Boru şeklindeki delme kazıkların temel özelliği zemin içinde istenilen tabakaya kadar döndürülerek sokulan orta kalınlıktaki bir borunun zeminde betonla doldurularak veya betonla doldurulmadan bırakılmasıdır.

Boru zemine doğru döndürülerek gittikçe boru içindeki zemin çeşitli yöntemlerle dışarı alınır. Keson kazıklarda bu gruba dahildir. Kaya delinerek çelik boru kazık kayaya soketlendiği zaman suyun kaldırma kuvvetlerine ve yanıl kuvvetlere karşı büyük bir dayanım kazanmış olur. Bu kesonların büyük gemilerin yanaşacağı rıhtım inşaatlarında ve temel takviyelerinde kullanımı oldukça yaygındır.

Delme kazıkların avantajlarına göz atarsak kazık boylarının değişen zemin tabakalarına göre ayarlanabilmesi, dışarı çıkarılan zeminin arazi araştırması için kullanılabilmesi, zeminde geniş çaplı kazık tabanı açılabilmesi, çok uzun kazıklar yapılabilmesi, çevreye gürültü ve titreşim vermemesi, zeminde şişme olmaması gibi maddeler sıralanabilir.

Dezavantajlarına gelince kuyu içindeki betonun yumuşak zeminlerde sızmaya, boyun vermeye eğilimli olması, suya maruz zeminlerde özel teknikler gerekmesi, kohezyonsuz zeminlerde taban genişletilmesi yapılamayabilmesi, kohezyonsuz zeminlerde delme işlemleri dolayısıyla zeminin gevşemesi ile düşük taşıma gücü direnci elde edilmesi ve

birden fazla kazık çukuru açarken çevre binaların oturmaya uğraması ihtimali söylenebilir (Tomlinson, 1977).

2.1.4 Kompozit (Karmaşık) Kazıklar

Bu kazıklar önceden hazırlanmış ve yerinde yapılmış kesimlerin bir araya getirilmesi ile oluşmuştur (Köseoğlu, 1971). Kompozit kazıklar genellikle kazığın alt kısmı ahşap veya çelik, üst kısmı ise betonarme olarak yapılan kazıklardır (Toğrol ve Tan, 2003).

Zemin koşulları bazen tek bir kazık çeşidinin kullanımına uygun olmayabilir, işte bu gibi durumlarda iki tane farklı malzemenin karakteristik özelliklerini taşıyan kompozit kazıklar kullanılması uygundur.

Bu farklı malzemeler birbirlerine bağlantı bölümleri ile eklenmektedir. İki farklı malzeme arasındaki bağlantı noktaları eğilme ve gerilme kuvvetlerine karşı koyacak şekilde yapılmalıdır. Bu bağlantı noktalarının kazık maliyetini arttırdığı da bir gerçektir. Kompozit kazıklar üniform kazıklarla karşılaştırıldığında, ahşap kazıkların kolayca sağlanabildiği ve artarak kullanıldığı ülkeler dışında, ekonomik olmayabilir.

Kompozit kazıklarda karşılaşılan zemin koşulları ve yapı gereklerinin karşılanması için çeşitli malzemeden yapılan çakma kazıklarla delme kazıklar, yerinde dökme ile çakma kazıklar, ahşap kazıklarla çelik veya betonarme kazıklar gibi kombinasyonlar kullanılabilir.

Ahşap kazıklar bunların yeraltı su seviyesi üstünde çürümesini önlemek için prekast betonarme kazıklarla birleştirilebilir veya su altındaki yapılarda çelik H tipi kazıklar, korozyon etkisini önlemek için prekast beton kazıklarla birleştirilip bir kombinasyon yapılabilir (Tomlinson, 1977).

2.2 Kazıkların Taşıma Gücü

Kazıklar genellikle en az birkaç kazıktan oluşan gruplar halinde tasarlanırlar fakat bazı durumlarda tekil bir kazığın davranışı gruptan farklı olabilir. Kazık grubunun taşıma gücünü belirlemede tekil kazığın taşıma gücünün bilinmesine de gerek vardır.

Tekil kazığın müsaade edilebilir yükü ;

- 1) Kazığın göçme yükü “ Q_f ”, bir güvenlik sayısına “ G_s ” bölünmesi ile elde edilir ve
- 2) Kazığın izin verilen oturma sınırına bağlı olan değerlerden küçüğünün alınmasıyla saptanır (Toğrol ve Tan, 2003).

Kazığın servis yükü ise negatif çevre sürtünmesi ve grup etkisi de dikkate alınarak müsaade edilebilir kazık yükünün bir miktar azaltılması ile bulunabilir.

2.2.1 Kazıkların Taşıma Gücü Üzerinde Başlıca Etkenler ;

Kazığın taşıma gücü üzerine etkiyen bir çok neden vardır. Aşağıda bunların başlıca olanları maddeler halinde belirtilmektedir.

- a) Zemin cinsi ve davranışı
- b) Kazığın taşıyıcı zemin tabakası içindeki uzunluğu
- c) Üst tabakaların kalınlığı
- d) Yeraltı suyunun durumu
- e) Kazık cinsi ve kesit alanı
- f) Kazığın yapıldığı malzeme
- g) Çevre özellikleri
- h) Kazıkların yerine tatbik şekli

- i) Kazıkların yerleştirilme aralığı
- j) Negatif çevre sürtünmesi
- k) Yanlardaki alanların yüklenmesi
- l) Büyük sallantı veya titreşimler gibi dinamik zorlanmalar

Kazık taşıma gücünün belirlenmesinde zemin özelliklerine dayanan statik taşıma gücü formüllerinden, standart arazi deneylerinden, dinamik çakma direncine dayanan formüllerden ve yerinde yapılan yükleme deneylerinden yararlanılır.

2.2.2 Statik Taşıma Gücü Formülleri

Aşağıda kum, çakıl, silt ve kil zeminler için kazıkların statik taşıma gücü formülleri belirtilmektedir.

$$Q_f = Q_B + Q_S = q_b \cdot A_b + f_s \cdot A_s \quad (2.1)$$

Kum / çakıl için (Toğrol ve Tan, 2003) ;

$$Q_f = \sigma'_v N_q A_b + \sum \sigma'_{ort} K_s \tan \delta A_s \quad (2.2)$$

Silt / kil için (Toğrol ve Tan, 2003) ;

$$Q_f = N_c c_u A_b + \sum \alpha c_u A_s \quad (2.3)$$

A_b : Kazık uç kesit alanı

A_s : Kazık toplam çevre alanı

c_u : Drenajsız kayma mukavemeti

f_s : Kazık birim çevre alanına etkiyen sürtünme gerilmesi

q_b : Kazık ucunun oturduğu zeminin birim alanına gelen taşıma gücü

K_s : Yatay toprak basıncı katsayısı

N_q, N_c : Taşıma gücü faktörleri

Q_f : Kazığın toplam taşıma gücü

Q_B : Uç direnci

Q_s : Toplam çevre sürtünmesi

α : Adhezyon katsayısı

δ : Kazık ile zemin arasındaki sürtünme açısı

σ'_v : Kazık uç seviyesindeki efektif zemin gerilmesi

σ'_{ort} : Kazık yüzeyinde tabaka ortasındaki efektif düşey zemin gerilmesi

K_s yatay toprak basıncı katsayısı kazık malzemesi, kazığın imal şekli, zeminin sıkılığı gibi faktörlere bağlıdır. Değeri sükunetteki toprak basıncı katsayısı K_0 'a bağlıdır. (Das, 1990)

$$K_0 = 1 - \sin \phi' \quad (2.4)$$

ϕ' : Kazık boyunca zeminin ortalama efektif kayma mukavemeti açısı

2.2.3 Dinamik Analiz

Bir uç kazığı çakılırken sağlam bir tabakaya rastlanırsa kazığın zeminden gördüğü direnç artar. Genel olarak kazığın taşıyabileceği yükün bu direnç ile ilgili olduğu görülmüş ve bundan faydalanarak dinamik kazık formülleri ortaya atılmıştır. (Toğrol, 1970)

Dinamik kazık formülleri, kazıkların çakma kayıtlarına, fiziğin çarpışma ve enerjinin korunumu ilkesine dayanmaktadır. Newton fiziğine uygun olarak, kazıkları rijit eleman gibi kabul eder, çakma sırasında kazığın darbe başına giriş miktarı, “refü” esas alınır.

$$Q_s = \frac{W_T H}{6(s+c)} \quad (\text{Kumbasar ve Kip, 1977}) \quad (2.5)$$

c : Katsayı (serbest düşüşlü tokmak c= 2,5 ; buharlı tokmak c= 0,25)

s : Refü [cm]

H : Düşüş yüksekliği [cm]

Q_s : Kazık taşıma gücü ($G_s= 6$)

W_T : Tokmak ağırlığı [t]

Ayrıca kazıkların taşıma gücü tahmininde kazıkların dinamik analizine dayanan dalga denklemi teorisinden de yararlanılmaktadır. Burada çakma sırasında tokmanın ürettiği dalga etkisi altında kazık-zemin sistemi çözülür. Dalga denklemi teorisine dayanan çözüm ile taşıma gücü tahmini dinamik kazık formülleri kadar güvenilirdir fakat yine de yerinde yapılacak yükleme deneyleri ile doğrulanması faydalıdır (Toğrol ve Tan, 2003).

2.3 Negatif Çevre Sürtünmesi

Kazık ile çevresindeki zemin arasındaki hareket sonucunda negatif çevre sürtünmesi oluşur. Eğer kazık zemine göre aşağıya doğru hareket ediyorsa kazığın taşıdığı yükün bir kısmı zemine aktarılır ve derine gidildikçe kazıktan zemine doğru aktarılan yük artar. Bu olaya pozitif çevre sürtünmesi denir. Eğer zemin kazığa göre aşağı doğru hareket ediyorsa, 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 (Toğrol ve Tan, 2003) .

İskandinavya’da son buzul çağından sonra karalarda çok büyük değişimler meydana gelmiştir. Bu değişim sonrasında yeraltı su seviyesinde meydana gelen değişimler kazıklarda negatif çevre sürtünmesi problemini beraberinde getirmiştir. Özellikle kil zeminde kazık oluşturulduktan sonra meydana gelen konsolidasyonun doğurduğu negatif çevre sürtünmesinin kazık yükünü oldukça arttırdığı gözlenmiştir (Şenol, 1991).

Kazıklar üzerindeki negatif çevre sürtünmesinin etkisini minimuma indirmek için kazık çapının genişletilmesi, kazık boyunun değiştirilmesi, kazık grubunun çevresine bir seri koruyucu kazık teşkil edilmesi, yüzen kazıklı bir kazık sisteminde koruyucu kazık inşaa edilmesi ve kazık yüzeyinin bitümle kaplanması gibi yöntemler kullanılmaktadır.

2.4 Standart Arazi Deneyleri ile Kazık Taşıma Gücünün Bulunması

Kazık taşıma gücüne SPT, CPT, Presiyometre gibi arazi deneyleri kullanılarak da ulaşılır. SPT deneyi sonuçlarından yararlanarak korelasyonlarla kazık çevre sürtünmesinin ve uç direncinin belirlenmesi sağlanabilir. Koni penetrasyon deneyi sonucunda belirlenen koni penetrasyon uç direnci ve çevre sürtünmesi de kazık taşıma gücü hesaplanmasında yararlı olmaktadır. Presiyometre deneyinde ise esas olarak zeminin yatay yönde nihai taşıma gücü ve deformasyon özellikleri ölçülmektedir. Bu sonuçları doğrudan taşıma gücü tahmininde kullanamayız fakat numune almanın zor olduğu yerlerde iri çakıl, yumuşak kaya vb. zemin şartlarında kazık taşıma gücü ve oturması hakkında iyi tahmin imkanı verir.

2.5 Kazık Yükleme Deneyleri

Kazık yükleme deneylerinin temel amacı kazığın nihai taşıma gücünü bulmaktır. Kazığın oturması bu deneyle bulunamaz. Kazık yükleme deneylerinin yapılmasında bilgiye, tecrübeye, zemin profiline, sondajlara, arazi deneyleri ve zeminden alınan

numunelerle yapılan laboratuvar deney sonuçlarına ihtiyaç vardır. Ayrıca kazık çakıldıktan sonra kazığın nihai taşıma gücüne ulaşması için belli bir süre beklenmesi gerekmektedir.

Kazık yükleme deneylerinde yükleme, basınç, çekme ve yanal yükleme olarak üç şekilde yapılabilir. Genelde basınç deneyleri yaygındır.

Bu deneylerde yükleme deney kazığı üstüne kurulan bir platformdan yararlanılarak, mevcut bir yapıdan reaksiyon alarak ve ankraj kazıkları ile oluşturulmuş bir platformdan reaksiyon alınarak yapılır. Yüklemeden sonra kazık başının yer değiştirmesi ölçülür ve göçme anında yükleme son verilir. Böylece kazığın nihai taşıma gücü belirlenmiş olur.

Bununla beraber yükleme deneylerinde tasarımda faydalanmak amacı ile projeye başlanmadan deneme kazığı, kontrol amacı ile ise kazıklar teşkil edildikten sonra kontrol kazığı yapılır. Ayrıca basınç ve çekme deneyi hiçbir zaman aynı kazık üzerinde yapılmamalıdır.

Kazık yükleme deneyleri genelde sabit yükleme veya sabit hızlı deney olarak ikiye ayrılmaktadır. Sabit yük uygulanan deneyler kazık başının oturması 0,25 mm/saat gibi bir değere düştüğü zaman sonraki yük kademesi uygulanan deneylerdir (Toğrol ve Tan, 2003) .

Sabit hızlı yükleme deneyi ise kazığın belli standartlara göre bir hızla zemine itildiği, kazığın zemine girmesi için ilave yük arttırılmasına gerek olmayana kadar devam edilen bir deneydir.

Sabit yük uygulanan deneyler uç kazıklarının ve kil içindeki kazıkların yük, oturma özelliklerinin belirlenmesinde kullanılırken, sabit hızlı yük uygulanan deneyler nihai taşıma gücünün belirlenmesinde daha uygundur.

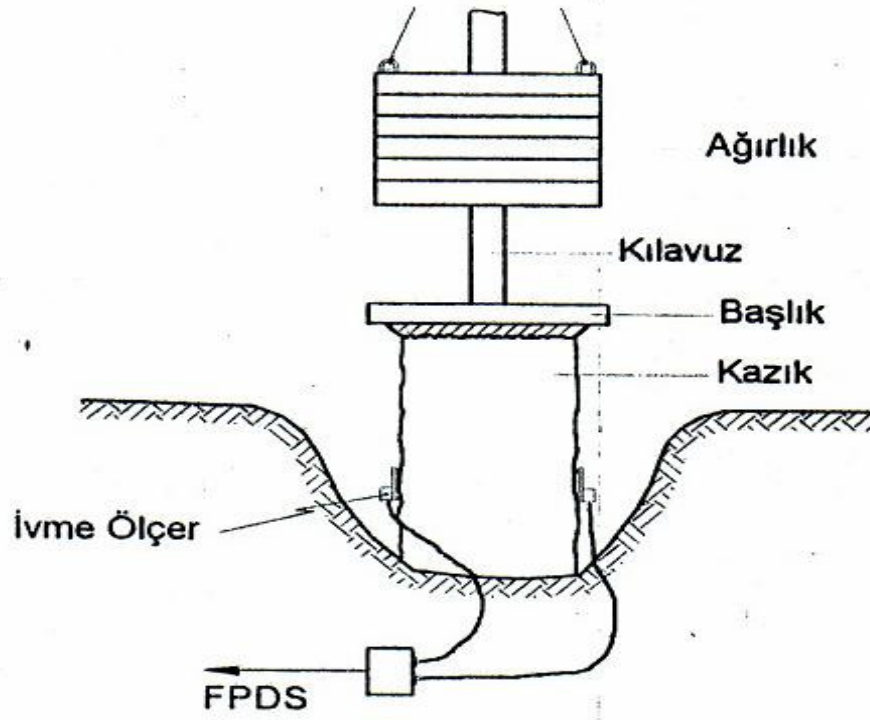
Şekil 2.5’de ölü yüklerle yüklenen bir kazık yükleme deneyi örneği görülmektedir.



Şekil 2.11 : Kazık Yükleme Deneyi (<http://www.aliai.lu>)

Kazık yükleme deneylerinin analizinde dünyada kabul gören ve yaygın olarak kullanılan başlıca iki yöntem bulunmaktadır. Birinci yöntemde ABD Pile Dynamics Inc. Firması tarafından geliştirilen, PDA (Pile Driving Analyzer) cihazı ve bu cihaz ile kaydedilen gerilim ve ivme değerleri CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program) isimli bilgisayar yazılımı yardımı ile değerlendirilerek kazık taşıma kapasitesi hesaplanır.

İkinci yöntem, Hollanda kökenli TNO organizasyonu tarafından geliştirilen FPDS (Foundation Pile Diagnostic System) ile kazık başlığına yerleştirilen alıcılar vasıtasıyla kaydedilen dalgalar depolanıp işlenir. TNOWAVE bilgisayar yazılımı ile dinamik yükleme deneyinde elde edilen verilerin analizi yapılarak kazık kapasitesi belirlenir (Düzceer, 2002). Şekil 2.6’da bir dinamik kazık yükleme deney kurgusu görülmektedir.



Şekil 2.12 : Dinamik Kazık Yükleme Deney Kurgusu (<http://interactive2.usgs.gov>)

3.GERİLME DALGA TEORİSİNİN KAZIKLARA UYGULANMASI

3.1 Tarihçesi

Kazıkların, inşaat işlerinde kullanılması yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. Araştırmalara göre Venedik ve Amsterdam gibi şehirlerin, asırlar önce kazıklar üstüne kurulup inşaa edildikleri bilinmektedir. Kazıklar halen denizler ve karalar üzerindeki çeşitli jeolojik durumlarda derin temeller içinde yapıları desteklemek için kullanılmaktadır. Dinamik kazık çakma analizi ile ilgili temel uygulamalar, Newton'un kazık ve bütün çakma sistemini tek bir rijit parça olarak düşündüğü teorisinin benimsenmesi ile oluşmuştur. Bu teori, uygulamadaki kolaylığı nedeni ile pratikteki kullanımda popüler olmuş ve sonuçta dinamik formül adını almıştır. Daha sonraki zamanlarda kazık çakma dinamiğinin gerilme dalga yayılım teorileri tarafından daha doğru bir şekilde ifade edildiği ve elastik çubuklarda tek boyutlu dalga mekaniği tarafından daha doğru analiz edildiği fark edilmiştir. 20.yüzyılın ortalarına kadar, kazık çakma analizinde gerilme dalga teorisinin kullanımının pratik çözümleri yoktu fakat son 25 yıl içinde dijital bilgisayar ve elektronik ölçüm aletleri bunu daha ekonomik ve pratik bir hale getirmiştir. Böylece gerilme dalga teorisi, kazıklar üzerinde devamlı olarak uygulanmaya başlamıştır (Mohamad ve George, 1999).

Dalga denklemi ilk olarak 1940'larda bilgisayar programları ile tanımlanmaya ve tartışılmaya başlamıştır. Deformasyon ölçerlerle kazık içinde oluşan dalga gücü ölçümleri yapılmıştır. (Mohamad ve George, 1999)

Kazıklara uygulanan düşük deformasyonlu süreklilik deneyleri ASTM D-5882 standartına uygun olarak yapılmaktadır. Gerilme-dalga teorisi genel olarak süreklilik deneylerini yorumlamada kullanılır. Gerilme dalgası kazık başlığından başlayarak alta doğru hareket eder ve daha sonra alttan yansıyarak tekrar kazık başlığına çıkar (Chow, Phoon ve Wong, 2003).

3.1.1 XX.Yüzyıl Öncesi Analitik Gelişmeler

Isaacs 1931 yılındaki çalışmasında gerilme dalga teorisinin kazık çakma analizine pratik olarak uygulanmasında tek boyutlu dalga analizini göstermiştir. Bir sonraki sene 1932 yılında Fox çakma sırasında kazıklarda meydana gelen gerilme konusunda önemli bir makale yayınlamıştır. 1936 yılında Kanschin ve Plutalow kazık çakımı sırasında çekiç darbesi altındaki kazığın penetrasyonunu tahmin eden bir formül önerdiler. Ocak 1940'da Boston İnşaat Mühendisleri Odası Cummings tarafından gerilme dalga analizinin kazığa boyuna yapılan etkiyi çözmede üstünlüğünü gösteren bir makale yayınlıyor. Daha sonra Terzaghi 1943 yılından itibaren düşen bir çekiç tarafından darbeye uğrayan kazık içinde oluşan dalga yayılım olayı konusunda geniş araştırmalar başlatmıştır (Mohamad ve George, 1999).

1940'ların sonuna doğru Amerikan bir kazık çakma firmasında baş mühendis olarak çalışan Smith gerilme dalga teorisinin pratik uygulanması konusunda ilk genel çözümü üretti. Smith, kazık çakımı sırasında oluşan gerilmeleri tahmin etme konusunda çalışmalar yapıyordu. Bunun için süresiz elemanları sonlu denklemler ile kullanarak sayısal bir formül üretti. Bu çözüm ilk olarak elle yapılmış olsada Smith'in bu analizi yeni çıkan gelişmiş dijital bilgisayarlara uyarlamasıyla daha pratik bir hal aldı. Smith'in yaptığı bu çalışma inşaat mühendisliği tarihinde dijital bilgisayarlarla yapılan ilk çalışma olarak sayılmaktadır ve Smith modeli halen modern dalga denklemi analizleri için bir temel oluşturmaktadır.

Dünya çapında 1950'lerde petrol endüstrisi için yapılmaya başlanan derin su yapıları kazık çakma analizinde gerilme dalga teorisi metodlarının uygulanmasının gelişiminde ilham vermiştir. Dalga denklem analizi programları burada sudaki kazıkların çakılabilirliğini değerlendirmek için uygulandı. Günümüzde dinamik kazık testleri derin su yapılarında kazık çakılmasında uygulanmaktadır. Böylece çekiç performansı, kazık çakma gerilmeleri, yapısal süreklilik, zemin direnci ve kazık taşıma gücü kapasitesi hakkında değerlendirme yapılabilir.

Gerilme dalgası ölçümleri ilk olarak 1914 yılında Bertram Hopkinson tarafından Hopkinson çubuğu denen basit bir alet kurularak başlamıştır. Bu alet, yatay konumda bulunan uzun çelik çubuğun bir tarafına yapılan etki ile düşey konuma doğru gelmesi sırasında çelik çubuk içinde oluşan tek boyutlu elastik dalgaların yayılım süresinin araştırılması esasına dayanmaktadır. 1948’de Davies daha detaylı bir, gerilme dalga yayılımı araştırması yapmak için bu Hopkinson çubuğunun elektronik versiyonunu geliştirmiştir. Davies, deneylerinde dalga yayılım şekli ve süresini belirledi. Ayrıca bunları elastisite teorisini kullanarak doğruladı. 1938’de İngiliz Araştırma Merkezi araştırmacıları tarafından çekiç vuruşlarını kaydedebilen yeni bir deformasyon ölçer yapılmıştır. 1856’da Lord Kelvin bazı metallerin elektrik direncinin bu metalden yapılan tellerin metale eksenel olarak gerilmesi ile değiştiğini keşfetmiştir. Deformasyon ölçümlerinde özel laboratuvar araştırması için deformasyon ölçerlere teller sarılmıştır. Bu telli deformasyon ölçer, ilk olarak Simmons tarafından 1936’da Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü’nde yapıldı. Bu gelişme ile beraber, dinamik kazık ölçümleri daha kolay bir hal almıştır. 1965’de Housel 3 farklı alana 40 kazığın çakımı sırasındaki çekiç performansını araştırmıştır. Buradaki ana amaç, çakım sırasında kazığa transfer edilen enerjinin ölçülerek çekiç performansının değerlendirilmesidir. Kuvvet ve ivme kazık başlığına yerleştirilen bir transduser yardımı ile ölçülür. Bu kazık çakımı sırasında ivmenin de ölçüldüğü ilk durumdur. Ayrıca hem kuvvet hem de hareket ölçümlerinin, kazık üzerinde beraber ilk yapıldığı deneylerdir.

3.1.2 Modern Çağ (Case Metodu)

Modern çağda, kazık ölçümleri ve analizleri ilk olarak ABD’nin Ohio eyaletinin Cleveland şehrinde Case Western Reserve University tarafından araştırılmıştır. Bu araştırmaya Goble, Scanlan ve Moses katılmıştır (Mohamad ve George, 1999).

1955’de Nara, çakma kazıkların penetrasyonunu araştırmak için bir proje başlatmıştır. Küçük bir kazık modeli tasarlanıyor ve laboratuvarda kum içine çakılıp, kazık

başlıındaki ivme ölçümleri yapılmıştır. Burada Newton'un ikinci yasası ($F=m.a$) uygulandıktan sonra kazık statik olarak test edilmiştir. Dinamik tahminlerle statik test sonuçları karşılaştırılmış ve aralarında iyi bir korelasyon olduğu saptanmıştır. Bu araştırma projesi kazık çakma alanında araştırma yapmak için çeşitli parasal kaynaklar ve sponsorluklarla 1976 yılına kadar Goble Case Western Üniversitesi'nden ayrılana kadar devam etmiştir.

Case projesi kapsamındaki rutin dinamik kazık testleri kapalı uçlu çelik kazıklara deformasyon ve ivme ölçerler takılmasıyla başlamıştır. Deformasyon ölçerlerin kış şartlarında monte edilmesindeki zorluklar çeşitli iletim sistemlerinin geliştirilmesine neden olmuştur. Transduser denilen bu iletim sistemleri çekiçle kazık başlığı arasına konulmuştur. Bununla beraber değişik kazık boyutları, şekilleri, malzeme türleri ve hava koşullarına uyum sağlanması amacıyla kolay ve çabuk yerleştirilebilen deformasyon transduserleri geliştirilmiştir. Bunlar hafif ve uyumlu oldukları için çok sayıda projede kullanılmıştır.

İlk arazi ölçümleri hassas, yüksek hızlı osilograf ile özel kağıdına kaydediliyor ve elle analiz ediliyordu. Daha sonra arazi ölçümlerinin kaydedilmesi konusunda 1969'da yüksek miktarda data saklayabilen ve bu dataları otomatik olarak analiz edebilen manyetik kaydediciler geliştirilmiştir.

Kazık ve bütün çakma sistemini tek bir rijit parça olarak düşünürsek Newton'un ikinci yasasının uygulanması mümkündür. Bu metod ve korelasyonları orjinal olarak 1970'de Goble ve Rausche tarafından sunulmuş ve Case metodunun birinci safhası olarak adlandırılmıştır. Bu rijit parça yaklaşımı şu anda hızlı yükleme testlerinde kullanılmaktadır. Daha sonraları Case araştırma takımı zemin tepkisini ve kazık taşıma gücü kapasitesini belirleyebilmek için analitik aletleri geliştirme konusunda çalışmalarına devam etmişlerdir. Orjinal metotta kazık bir elastik çubuk gibi düşünülerek geliştirildi ve sonuçta uzun elastik çubuklarda gerilme dalga teorisinin etkileri kazık taşıma gücünün belirlenmesinde dikkate alındı. Bu da ikinci safha olarak adlandırıldı (Mohamad ve George, 1999).

3.1.3 Kazıklara Uygulanması

Hasarsız kazık süreklilik testleri 1970'lerde ilk olarak Avrupa'da daha sonra da Amerika'da gelişmiştir. Bu testlerin sonuçlarının yorumlanmasında gerilme-dalga teorisi kullanılmıştır. Dalga teorisinin kazıklara uygulanması ile ilgili ulusal ilk seminer 1980'de İsveç Stockholm'de yapılmıştır. Birçok bilimadamı bu konuda çalışmalarda bulunurken 1960'da Jean Paquet kazık başlığına ağır bir vibratör bağlayıp, çeşitli frekanslar vererek bunların yorumlanmasında, düşük deformasyonlu gerilme-dalga teorisi analizini kullanmıştır. Bunun sonucunda da kazık kalitesi hakkında bilgi elde edilmiştir. Paquet aynı uygulamayı daha sonra vibratör yerine çekiç etkisi kullanarak yapmıştır.

Araştırmacılar 1960'ların sonuna doğru, dalga denklemi analizi için geliştirilmiş zeminlere benzer zemin modelleri modelleyerek, CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program) denilen bir analitik metot geliştirdiler. Bu bir dalga denklem analizi programıdır. Birçok zemin durumu belirlenip kazık başlığına ve ucuna etki ettiği varsayılarak, bilgisayar yardımıyla hesaplanan kuvvet arazide ölçülen kuvvetle “*signal matching*” denilen bir program kullanılarak karşılaştırılmıştır (Mohamad ve George, 1999).

Gerilme-dalga teorisi tek boyutlu (1D) ve üç boyutlu (3D) olabilmektedir. Bunlar sonlu elemanlar metodu ile geliştirilmiştir. İlk olarak Steinbach ve Vey 1975 yılında yüzey dalgalarında üç boyutlu etkilerin varlığını onaylamıştır. 1982'de Smith ve Chow kazık çakma analizi için üç boyutlu dalga denklem modeli geliştirmiştir. Fukahara 1992'de kazıklarda düşük deformasyonlu süreklilik testlerini çalışmak için üç boyutlu sonlu eleman metodunun kullanımı konusuna yoğunlaşmıştır. Liao ve Roeset 1997'de kazık süreklilik testlerinde üç boyutlu etkilerin önemini vurgulamak için tek boyutlu ve üç boyutlu dalga denklem modellerini kullanmayı denemiştir. Sonuçta üç boyutlu modelin kazık tepkileriyle tek boyutlu modelin kazık tepkileri birbiriyle benzeşmiştir. Tek

boyutlu dalga analizi genellikle çapına göre uzun olan kazıkları modellemede kullanılır fakat kullanılan eki (rneğin ; 4-5 cm çapta) kazık çapına (rneğin ; 1,6 m) göre küçükse bu yaklaşıml geçerli olmayabilir. Arazide kazık imalat kalitesinin belirlenmesinde tek boyutlu dalga teorisi üç boyutlu dalga teorisine göre 0,4 m veya daha büyük çapta kazıklarda yanlış sonuçlar verebilir (Chow, Phoon ve Wong, 2003).

Dinamik kazık testleri yakın gemište dünya çapında, derin temel uygulamalarında, özellikle de sualtı inşaatlarında sıkça kullanılmaktadır. Tahminlere göre her sene dünya çapında 5000'i aşkın iř sitesinde dinamik kazık testleri uygulanmaktadır (Mohamad ve George, 1999) .

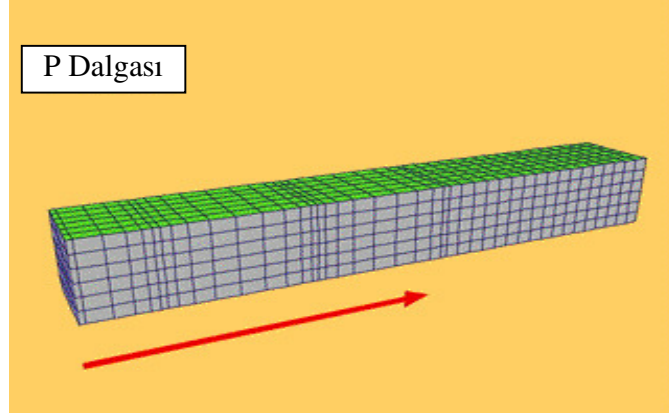
İleride doğal nüfus artışı ve yerleşim ihtiyacı nedeniyle inşaat mühendisliğindeki gelişmeler dünya çapında hızla devam edecektir. Bu yapıların inşaasında ekonomi ve yüksek performans nedeniyle derin temellerin kullanılacağı tahmin edilmektedir. Derin temel sistemlerindeki kazıkların test edilmesi ve analizinde ise gerilme-dalga teorisi kullanılacaktır.

3.2 Dalga eşitleri

Bir deprem meydana geldiğinde deprem kaynağından bütün yönlere doğru sismik dalga yayılımı şeklinde bir enerji açığa çıkar. Değişik tipte enerji dalgaları zemini de değişik yollardan etkiler ve zemin içinden değişik hızlarda yayılırlar.

Başlıca üç çeşit dalga vardır. Bunlar P, S ve Rayleigh dalgalarıdır. P dalgası bunlar içinde gideceği noktaya en çabuk ulaşan, en hızlı dalgadır.

P dalgası veya diğer bir deyişle basınç dalgası sırasıyla ilk olarak sıkıştırır ve daha sonra dalganın yayılım yönüne doğru genişletir. şekil 3.1'de bir P dalgası rneği görülmektedir.



Şekil 3.9: P Dalgası (<http://piru.alexandria.ucsb.edu>)

$$C_p = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad (3.1)$$

C_p : P dalgası hızı

E: Elastisite, Young modülü

ν :Poisson oranı

ρ :Yoğunluk

Gerilme dalgası yayılım metotlarının kazıkdaki çatlakları, kusurları veya süreksizlikleri bulması yayılan dalgaların frekanslarına, dalga boylarına ve çatlak boyutlarına bağlıdır.

$$C=f.\lambda \quad (3.2)$$

f : Frekans

C: Dalga hızı

λ :Dalga boyu

$$Z=\rho.C_p \quad (3.3)$$

Z: Özel akustik empedans

ρ :Yoğunluk

S dalgaları, P dalgasına göre daha yavaştır ve gideceği noktaya daha geç ulaşır. S dalgaları hareketine zemini yukarı, aşağı, geri ve ileri doğru yayılım yönüne dik bir şekilde sallayarak devam eder.

$$C_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (3.4)$$

C_s : S dalga hızı

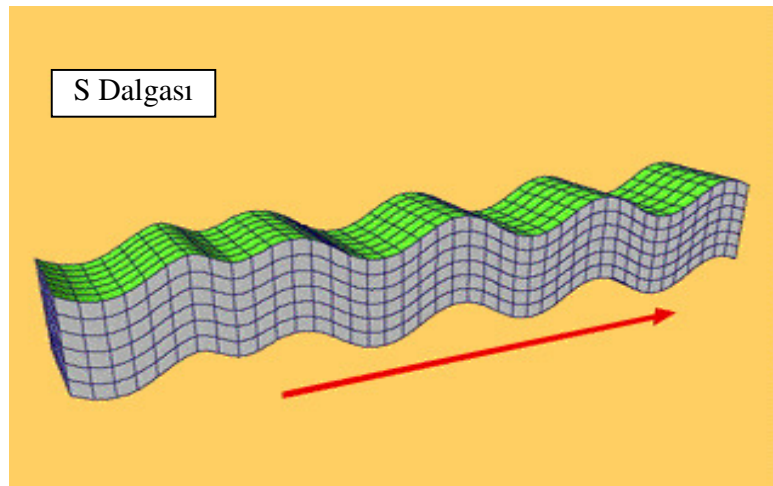
$$G = \frac{E}{2(1-\nu)} \quad (3.5)$$

G: kayma modülü

$$\alpha = \frac{C_s}{C_p} = \sqrt{\frac{1-2\nu}{2(1-\nu)}} \quad (3.6)$$

α : S/P dalga hızları oranı

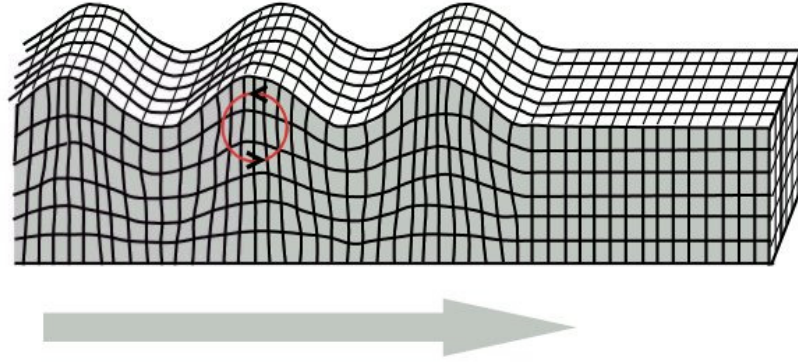
Aşağıda Şekil 3.2’de bir S dalgasının yayılım hareketi görülmektedir.



Şekil 3.10: S Dalgası (<http://piru.alexandria.ucsb.edu>)

P ve S dalgalarını yüzey dalgaları izler. Rayleigh dalgası bir yüzey dalgasıdır. Yüzey dalgaları, zemin yüzeyine yakın yerde görülen sismik dalgalardır (Carino, 1999). Şekil 3.3’de bir Rayleigh dalgası örneği görülmektedir.

Rayleigh Dalgası



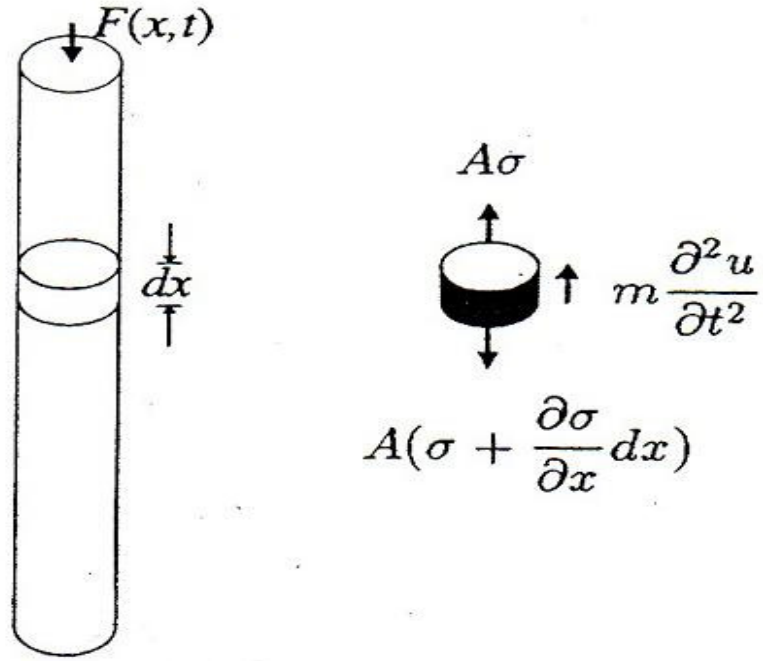
Şekil 3.11: Rayleigh Dalgası (www.geo.mtu.edu)

$$C_R = \frac{0.87 + 1.12\nu}{1 + \nu} \cdot C_S \quad (3.7)$$

C_R : Rayleigh dalga hızı

3.3 Tek Boyutlu Dalga Teorisi

Bir temel kazığı çakma veya test sırasında bir çekiç tarafından vurma suretiyle yüklendiğinde kazıkta bir başlangıç dalgası oluşur. Kazıktaki süreksizlikler, kusurlar ve kazığı çevreleyen zemindeki etkileşimler başlangıç dalgalarına ters yönde yayılan yansıma dalgalarını oluşturur. Başlangıç dalgası, yansıma dalgası ve sonraki yansımalar kazık uzunluğu boyunca birbiri üzerine tesir ederler. Bu işlemler tek boyutlu dalga teorisine göre sayısal olarak değerlendirilir. Aşağıdaki şekilde içsel sönümlenme veya zemin etkileşimine maruz kalmayan silindirik bir çubuk görülmektedir (TNO Building and Construction Research, 1997).



Şekil 3.12: Tek Bir Uçtan Yüklenmiş Silindirik Bar

(TNO Building and Construction Research, 1997)

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (3.8)$$

C: Dalga yayılım hızı

E: Elastisite

ρ : Yoğunluk

$$F = -EA\epsilon = -EA \frac{du}{dx} \quad (3.9)$$

u: Kazığın yerdeğiştirmesi

x: Kazık üzerindeki bir nokta

A:Kazık kesiti

F: Kazığa etkiyen kuvvet

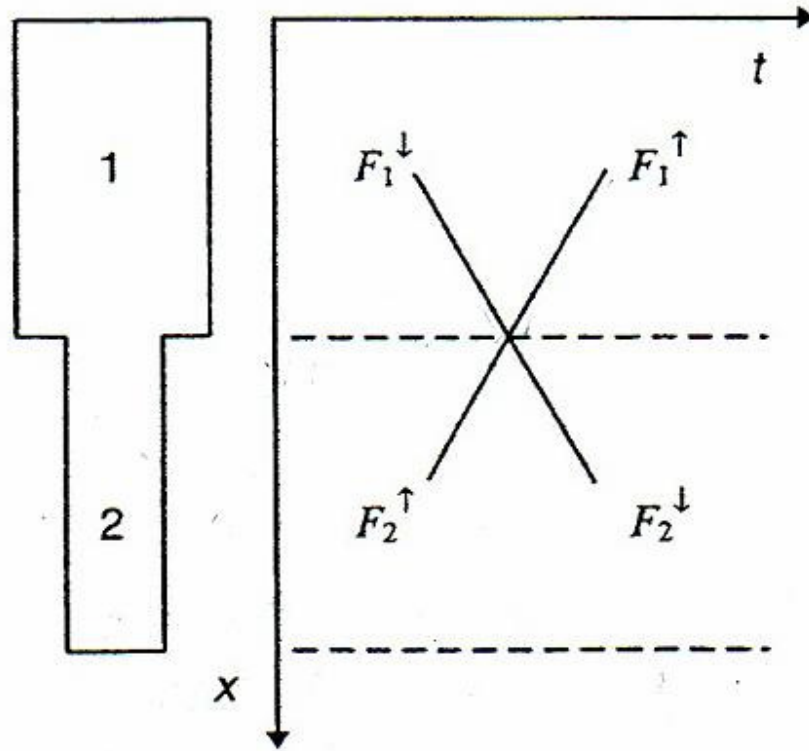
ϵ : Deformasyon

$$Z = \frac{EA}{C} = A\sqrt{E\rho} \quad (3.10)$$

Z:Empedans

3.4 Kazık Süreksizlikleri

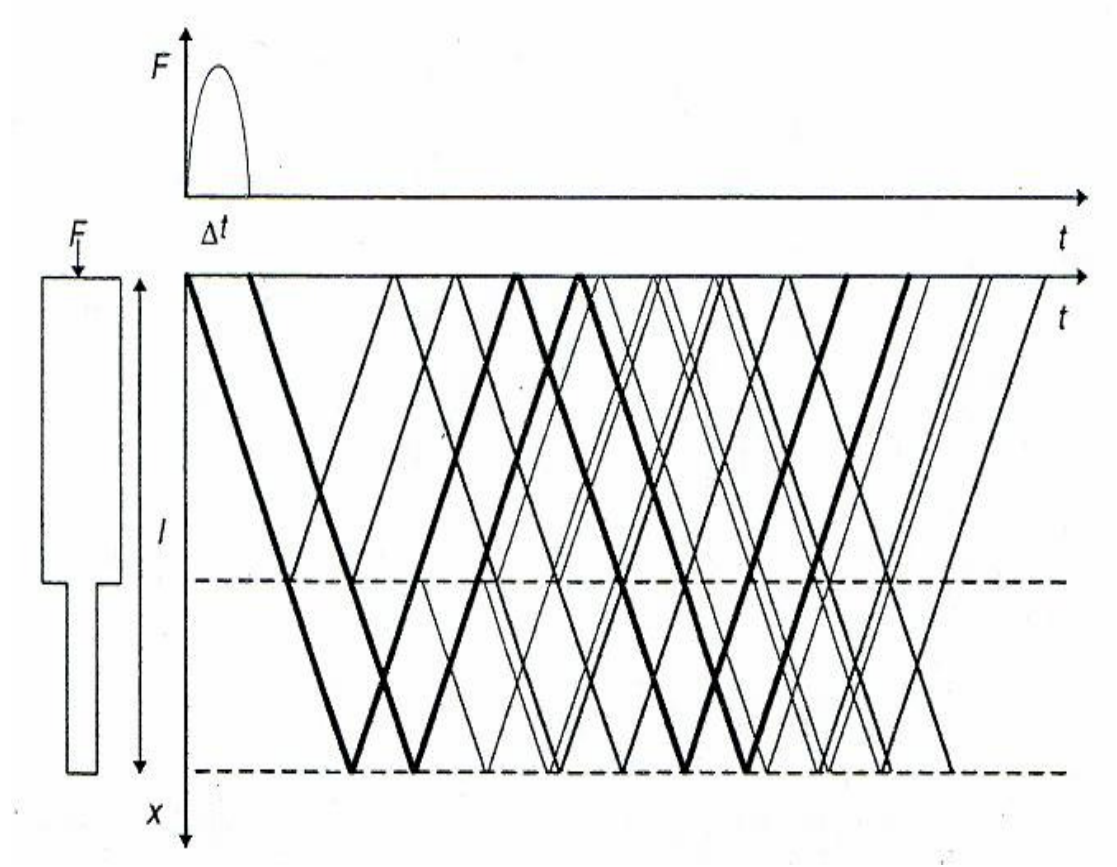
Kazık süreksizliğinde serbest uçlu ve sabit uçlu kazıklar dikkat edilmesi gereken özel konulardır. Bir süreksizlik anında kazığa etkiyen F kuvvetleri dengededir ve iki tarafta da hız eşittir. Şekil 3.5’de genel bir süreksizlik örneği görülmektedir.



Şekil 3.13 : Genel Süreksizlik (TNO Building and Construction Research, 1997)

Aşağıdaki şekilde süreksizliği olan bir kazıktaki yansımalar gösterilmiştir. F kazığa etkiyen kuvvet, x kazık boyunca herhangi bir nokta, t ise zamandır. Başlangıç dalgası ilk

olarak aşağı doğru hareket etmekte ve kazık kesitinin değiştiği noktada çeşitli yansımalar yapmaktadır.

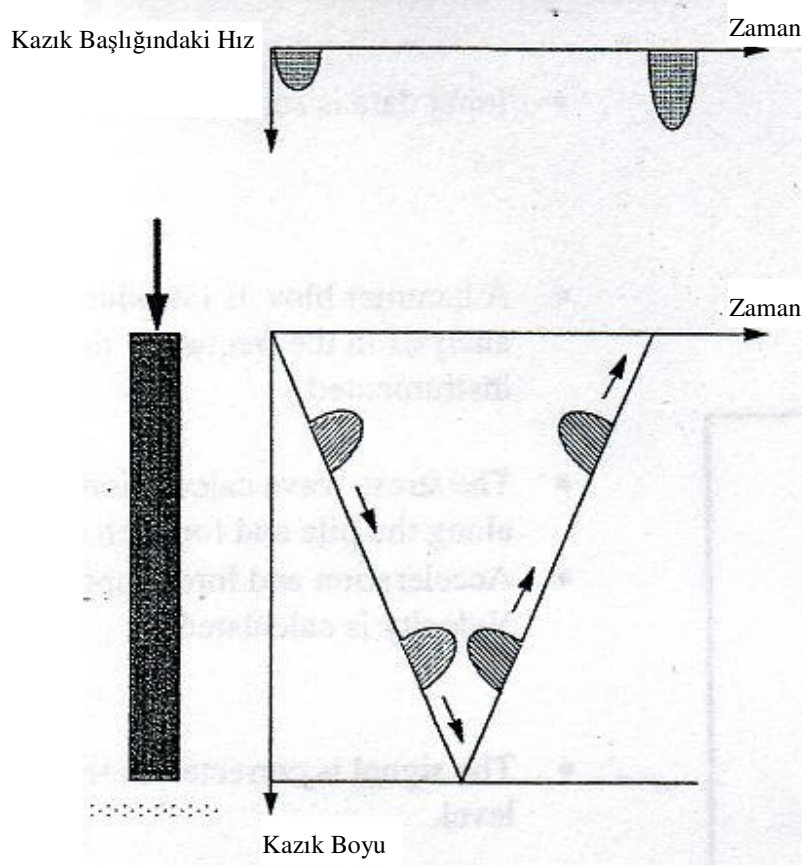


Şekil 3.14 : Süreksizliği Olan Bir Kazıkdaki Yansımalar

(TNO Building and Construction Research, 1997)

3.5 Kazık Zemin Etkileşimi

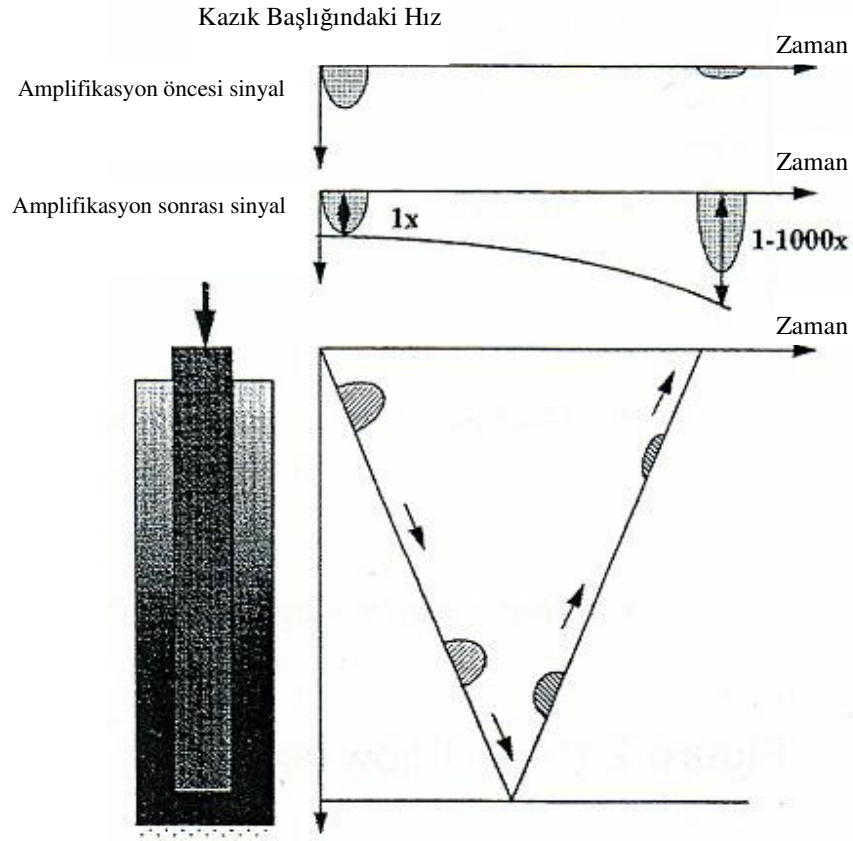
Serbest uçlu bir kazıkta, kazığa etkiyen kuvvet sonucunda oluşan başlangıç hız dalgası ve bunun kazık ucundan yansıma dalgası aynıdır. Şekil 3.7’de bu durum açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 3.15 : Serbest Uçlu Kazık Dalgası
(TNO Building and Construction Research, 1997)

Kazık çukuru sürtünmesine maruz kazıklarda, hız azalmaktadır. Sert bir tabakadan yumuşak bir tabakaya geçişte, kesit azalmasında ortaya çıkan sinyallere benzer sinyaller oluşur. Buna benzer şekilde; yumuşak bir tabakadan sert bir tabakaya geçişte, kesit arttığında meydana gelen sinyallere benzer karakteristikte sinyaller oluşmaktadır.

Aşağıda Şekil 3.8’de kazık zemin etkileşiminden dolayı azalan dalga örneği görülmektedir (TNO Building and Construction Research, 1997) .



Şekil 3.16 : Kazık Zemin Etkileşiminden Dolayı Azalan Dalga

(TNO Building and Construction Research, 1997)

4.SÜREKLİLİK DENEYLERİ

İmal edilmiş kazıkların kusurlu olup olmadıklarının anlaşılabilmesi için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Örnek olarak büyük çaplı kazıklarda rotari sondaj makinesi ile ortasında delik açılıp, sürekli karot alınarak kazığın sürekliliği hakkında tahminler yapılabilir. Açılan delikten kamera sokularak kazık incelenebileceği gibi, deliğe su doldurarak kaçak olup olmadığı da kontrol edilebilir (Toğrol ve Tan, 2003). Ayrıca kazık sürekliliğinin tahmininde, dinamik yük deneyleri de kullanılan yöntemler arasındadır.

Kazık kusurlarının bulunmasında çok kullanılan bir yöntem süreklilik deneyidir. Derin temellere olan ihtiyaç arttıkça süreklilik deneylerinin de önemi artmıştır. Süreklilik deneylerinin amacı, inşaa edilmiş temelin yapısal olarak sağlam olduğunu ve önemli kusurlar içermediğini doğrulamaktır.

Bu deneyden elde edilen bulgularla, kazık cidarı boyunca ortaya çıkan süreksizlikler tesbit edilir ve kazık kalitesinin kontrolü sağlanır. Süreklilik deneyi, kazık başında özel bir çekiçe oluşturulan darbenin yine kazık başına yerleştirilen bir ivmeölçerle kaydedilmesi esasına dayanmaktadır. İvmeölçerle kaydedilen sinyal, belirli büyütme değerleri (amplification factor) kullanılarak dijital hale çevrilir. Sahada portatif bir bilgisayar vasıtası ile alınan kayıtlar, bu iş için özel olarak geliştirilen yazılımlar kullanılarak analiz edilmekte ve sonuçlar grafik olarak “hız-zaman” şeklinde deney süresince elde edilmektedir.

Süreklilik deneyinde her kazık için üç ayrı kayıt alınarak, deney süresince ortamdaki çevresel değişikliklerin etkisi en aza indirilmektedir. Ayrıca ölçüm yapılan tüm kazıkların ortalama sinyali de elde edilebilmektedir. Bu işlem tüm saha için geçerli

olabileceği gibi, belirli bir bölgede yer alan kazıkların ortalaması da olabilir. Kazıkların değerlendirilmesinde bu saha ortalamasından meydana gelen sapmalar kazık kalitesi hakkında önemli ipuçları vermektedir.

Süreklilik deneyinden elde edilen sonuçların yorumunda; zemin yapısı, kazık tasarım özellikleri, kazık imalat yöntemi ve bu imalat yönteminin kazık formuna olası etkileri göz önüne alınmalıdır.

Bu veriler yardımı ile süreklilik deneyinden, kazık kesiti boyunca meydana gelebilen daralma, genişleme, çatlaklar ve kazık boyu yaklaşık olarak belirlenebilir. Bunlardan kazık kesitindeki genişleme, kazık performansını olumsuz yönde etkileyecek bir unsur değil, kazığın çevre sürtünmesi ile taşınan yükü arttıran bir unsurdur.

Sahadan alınan kazık sinyal dataları grafik olarak değerlendirilerek, kazıkda kusur olan noktalar ve bunların hangi derinlikte olduğu belirlenebilir. Örnek olarak kazıkların üstteki ilk 1-2 m.'sinde kazık betonunun düşük mukavemet göstermesi veya kesitte daralma şeklinde bozukluklar ortaya çıkabilir. Bu örnek, özellikle delme kazık (fore kazık) yöntemi ile yapılan imalatlarda sıkça rastlanan bir durumdur.

Burada belirtilen çeşitdeki süreksizliklerde kazık, süreksizlik meydana gelen derinliğe kadar kesilmek suretiyle kısaltılır ve daha sonra kesilen kısım yerine kazık etrafında kalıp yapılarak istenen kota kadar tekrar beton dökülmesi ile kazık teşkili yapılır. Eğer deneylerden olumlu sonuç alınmışsa kazık başı tamamlama betonları dökülür ve kazık boyları istenen seviyeye getirilmiş olur.

4.1 Süreklilik Deneyi Çeşitleri

Süreklilik deneyleri, tamamlanmış bir temelin kalitesini değerlendirmek için çeşitli tahribatsız yöntemleri kapsar.

- **Sonik loglama:** Betonun yerleştirmeden önce şaftın içine genellikle iki düşey PVC boru yerleştirilir. Bir borudan aşağı basınç dalgası kaynağı gönderici indirilirken, diğer borudan aşağı bir alıcı indirilir. Dalga yayılımı osiloskop yardımı ile kaydedilir. Kazık kusurlu olduğunda dalga yayılımında sapmalar meydana gelir.
- **Nükleer loglama:** Bu yöntemde, basınç dalgaları yerine radyasyon kullanılır. Bu özelliği dışında nükleer loglama, sonik loglamadaki alıcıya benzemektedir.
- **Vibrasyon deneyi:** Bu analiz, şaftın doğal frekanslarını ve iç direncini belirlemek amacı ile temelin tepesine bir vibratör yerleştirip bu vibratörü değişik frekanslarda çalıştırmak suretiyle şaftın direncini ölçmekten ibarettir.
- **Sismik süreklilik deneyi:** Oldukça güvenilir, hızlı ve ucuz bir yöntem olduğu için süreklilik deneylerinin en yaygın olanıdır. Tamamlanmış bir temelin tepesine bir çekiç ile hafifçe vurmaktan ibarettir. Bu etkiye tepki olarak kazık içinde basınç dalgaları oluşur ve bunları izlemek için ivme ölçerler kullanılır. İvme ölçerler şaftın tepesine de yerleştirilebilir, içine de gömülebilir. Sismik süreklilik deneyi daha çok kazıkdaki büyük kusurları ortaya çıkarmakta kullanılır.
- **Tomografi:** Bazı araştırmacılara göre bu yöntem şaftın üç boyutlu görüntüsünü ortaya çıkaracak ve böylelikle en küçük kusurlar bile gözden kaçırılmayacaktı. Sonuç olarak büyük teknik engeller olduğu için bu yöntem şu an uygulanamamaktadır (Coduto, 1994).

4.2 Süreklilik Deneylerinin Avantaj ve Dezavantajları

Kazık imalat kalitesinin belirlenmesi için uygulanan kazık süreklilik deneylerinin birçok avantajı vardır. Bunlar aşağıda sıralanmaktadır.

- Basitlik,
- Ucuzluk,
- Hızlı olması,
- Kazık başlığında az bir hazırlık gerektirir,
- İnşaat öncesi kazık seçimi gerektirmez,
- Kazıktaki büyük kusurları bulmada çok etkilidir,
- Bir gün içinde yüzlerce kazıkta deney yapılabilir,
- Ekipmanı mobildir ve uygulaması kolaydır.

Süreklilik deneylerinin avantajları olduğu kadar çeşitli kısıtlamaları da vardır. Bunlar aşağıda madde madde belirtilmektedir.

- Beton kalitesi hakkında sınırlı bilgi verir,
- Kazık taşıma gücü kapasitesi hakkında bilgi vermez,
- Kazık yüzeyi çok temiz olmalıdır,
- Kazıktaki ufak kusurlar kolaylıkla görülemez,
- Büyük çevre sürtünmesine maruz çok uzun kazıklarda, kazık boyu belirlenmesi zordur,
- Dalga hızı belirlenmesinde yapılacak ufak bir hata, kazık boyu bulunmasında yanlış sonuçlar verebilir,
- Kazık ucundan yansıyan dalgalar kesit değişiminden, sürtünmeden ve adhezyondan etkilenebilir,
- Bu metot büyük bir boşluk ile bir kılcal çatlak arasındaki farkı ayıramayabilir çünkü ikisi de dalgayı tamamen yansıtır.

4.3 Tahribatsız Düşük Deformasyonlu Kazık Süreklilik Deneyleri

Tahribatsız düşük deformasyonlu kazık süreklilik deneyleri, kazık imalat kalitesinin belirlenmesi için yapılır. Bu deneyler ASTM D 5882'ye göre yapılmıştır. Bu deneyler kazık başlığına bir çekiç ile vurulması vasıtasıyla oluşan gerilme dalgalarının uygun bir bilgisayar ekipmanıyla kaydedilmesi ile olur. Bu deneyde, kazık başlığına çekiçle vurmak suretiyle yapılan etkide kazık zarar görmez (ASTM D-5882, 1995). Ayrıca bu vuruş büyüklüğü, enstrümantel çekiç kullanılarak kaydedilebilir.

Düşük deformasyonlu kazık süreklilik deneyleri temellerdeki büyük kusurları veya süreksizlikleri ortaya çıkarmada yardımcı olur. Sonik süreklilik deneyi sırasında temelin kalitesini hızlı ve güvenilir bir biçimde belirleyebilmek için “hız-zaman” ve “kuvvet-zaman” grafikleri birlikte sunulur. Sonuçlar hem zamana hem de frekansa bağlı olarak sunulabilir (TNO Building and Construction Research, 1997). Oluşan gerilme dalgaları kazık başlığından kazık ucuna doğru hareket eder. Bu hareket sırasında gerilme dalgası kazık çevresindeki zeminin sürtünmesi ve adhezyon gibi faktörlerle kazık ucuna doğru azalır. Bu sönümlenme zemin özelliklerine, kazık yüzü pürüzlülüğüne, kazık malzemesine, kazığın kesit alanına, kazığın boyuna, kazığa etkiyen yanal toprak basıncına bağlıdır. Bu deneylerde en iyi sonuçları almak için kazık başlığı temiz, sağlam, ulaşılabilir ve sudan uzak olmalıdır. Burada gerilme dalgaları kazık başındaki bir gerilmeölçer ile saptanır. Kazıktaki yapım kusurları ise elde edilen kayıtların yorumlanması ile belirlenir. Bu deney yerinde dökme betonarme kazık ve çakma betonarme kazıklara uygulanır. Böylece bu yapısal elemanlar üstündeki hız ve kuvvet datalarına ulaşılır. Yerinde dökme kazıklar, en az beş günlük olmalı ve bilinen malzemelerden imal edilmiş olmalıdır. Ayrıca sonik süreklilik deneyi genellikle prefabrike kazıkta ve kalıcı muhafaza borulu kazıkta uygun değildir.

Düşük gerinimli dinamik kazık deneylerini, sismik süreklilik deneyi, vibrasyon deneyi ve sonik süreklilik deneyi olmak üzere başlıca üç grupta toplayabiliriz.

4.3.1 Sismik Süreklilik Deneyi

Bu deney kazık başlığına vurulan bir çekicinin yarattığı basınç dalgalarının beton içinde yayılarak, kazık ucundan veya kazık içindeki düşük kaliteli beton tabakasından yansıyor ve tekrar geri dönmesi arasında geçen sürenin ölçülmesi esasına dayanır.

$$V_c = \frac{2L}{\Delta t} \quad (4.1)$$

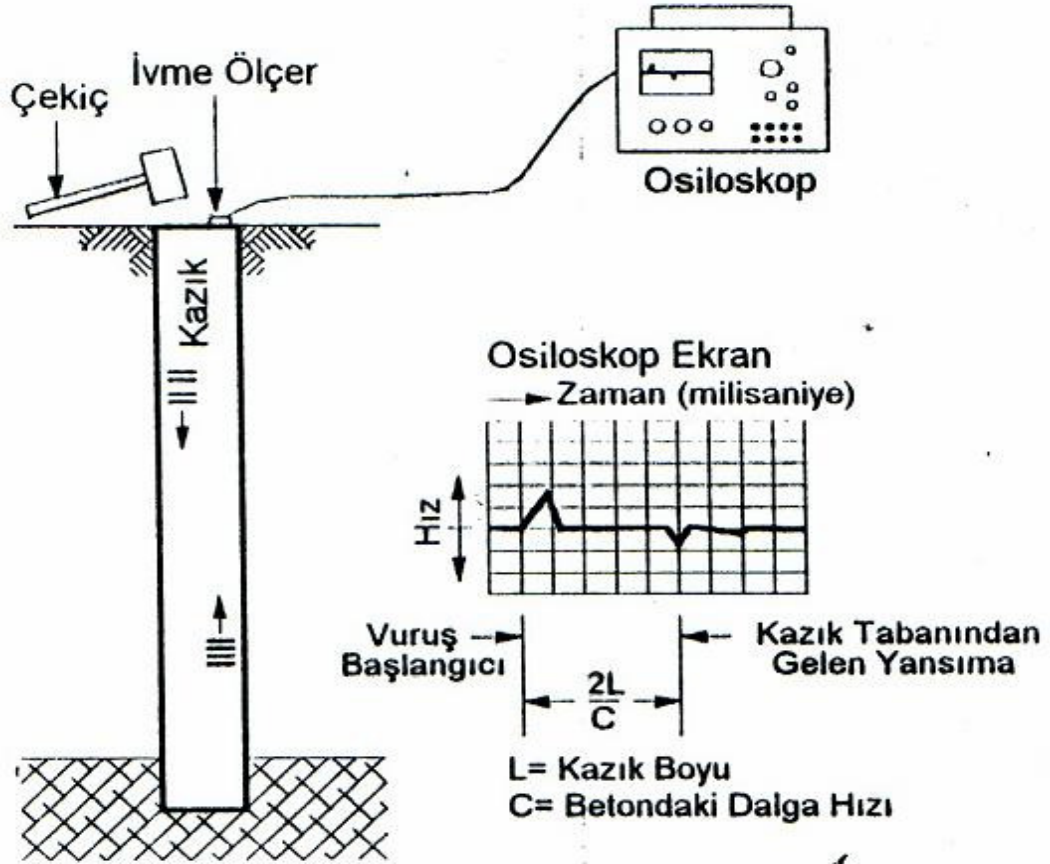
V_c : Ses dalgasının beton içinde yayılma hızı

L : Kazık boyu

Δt : Kazık başlığına vuruş ile topuk yansıması arasında geçen süre

Beton kalitesine bağlı olarak kazık içerisindeki dalga hızının 3500 – 4000 m/sn mertebesinde olduğu bilindiğine göre kazık beton kalitesinde bozukluk olup olmadığını belirlemek olanaklıdır. Kazık kesitinde meydana gelen azalma ve artışlar, kazık geometrisi hakkında bilgi sağlar. Kazık beton kalitesinin kazık boyunca değişmediği kabul edildiğinde de kazık boyu belirlenmiş olur. Kazık beton kalitesinde bozukluk olduğu takdirde topuk yansıması daha önce meydana gelir. Yansıyan dalganın büyüklüğü ve yansıma zamanı, kazık başlığına monte edilmiş ivme ölçerlerle kaydedilir. Kazığa çekiç vurulduğu zaman ivme ölçer ilk olarak yüzey dalgaları olan Rayleigh dalgalarını algılar, daha sonra kazık boyunca yayılan ve tabandan geri dönen dalgalara tepki gösterir. Daha sonra bu ivme-zaman değerleri osiloskopta hız-zaman diyagramına dönüştürülür (Düzceer, 2002).

Bu metod genellikle prefabrike kazıklarda veya birleşimli koruma borularından oluşan kazıklarda uygun olmayabilir. Bu metodun orijinali ilk olarak Hollanda’da TNO (The Netherlands Organization for Applied Scientific Research) tarafından geliştirildi ve daha sonraları Fransa’da CEBTP (Centre Experimental de Recherche et d’Etudes du Batiment et des Travaux Publics) tarafından da araştırıldı (Fleming, 1992). Şekil 4.1’de bir sismik süreklilik deneyi alet kurgusu görülmektedir.



Şekil 4.4 : Sismik Süreklilik Deneyi (Düzceer, 2002)

4.3.2 Vibrasyon Deneyi (TDR - Transient Dynamic Response)

Kazığa uygulanan dinamik kuvvetin büyüklüğünü ölçmek için içine yük hücresi yerleştirilmiş küçük bir çekiç ile kazık başlığına vurulur. Dalganın geri dönüş hızı geofon vasıtasıyla okunur. Okunan kuvvet ve hız değerleri bilgisayarda değerlendirilerek frekans-hız / kuvvet diyagramı oluşturulur.

Bu diyagramdan yararlanarak kazık boyu beton kalitesi ve kesit alanı hakkında bilgi edinilir (Düzceer, 2002).

Bu metod CEBTP tarafından geliştirilmiştir ve günümüzde geniş kullanım alanı bulmaktadır. Genellikle vibrasyon deneyiyle sismik süreklilik deneyleri birbirine benzer sonuçlar göstermektedir. İki deneyde de kazık geometrisi hakkında benzer bilgiler elde edilmektedir.

Bu deneyler birbirlerinden sinyal alımı aşamasında ayrılmaktadır. Vibrasyon deneyinde daha önce belirtildiği gibi kazık tepkisi bir hız iletim sistemi olan geofonlar yardımıyla alınır.

Grafiklere baktığımızda rezonans tepe noktaları görülmektedir. Bu tepe noktalar kazık efektif uzunluğunun anlaşılmasında ve kazıktaki belirgin hataların ortaya çıkmasında kullanılmaktadır (Fleming, 1992).

$$L = \frac{V_c}{2\Delta_f} \quad (4.2)$$

L : Kazık boyu

V_c : Dalga hızı

$2\Delta_f$: Frekans değişim aralığı

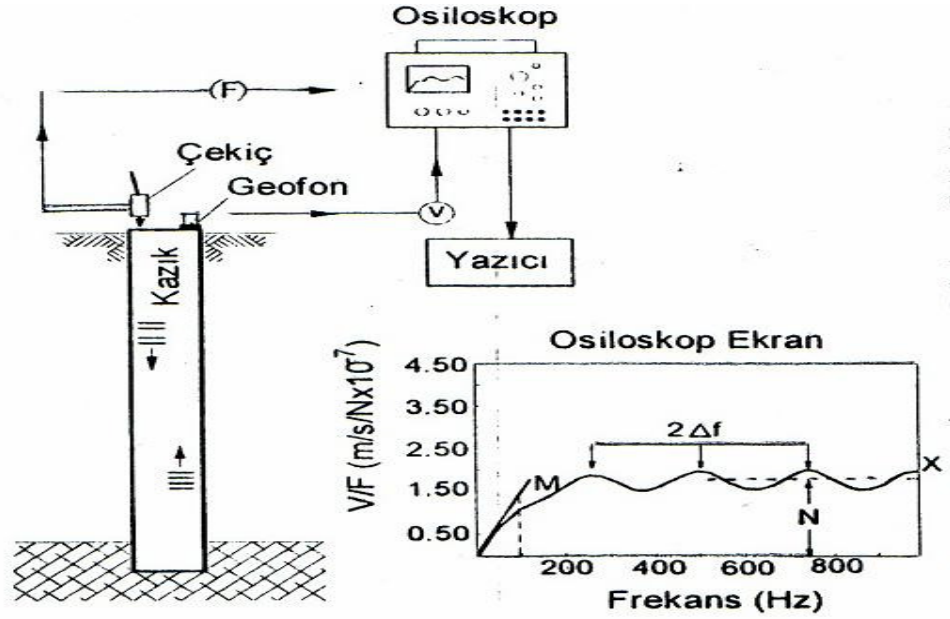
$$N = \frac{L}{\gamma_c} \cdot V_c \cdot A_c \quad (4.3)$$

A_c : Kazık kesit alanı

N : Ortalama V/F değeri

γ_c : Betonun birim hacim ağırlığı

Şekil 4.2’de, vibrasyon deneyi düzeneği görülmektedir.



Şekil 4.5 : Vibrasyon Deneyi (Düzceer, 2002)

Yerinde dökme kazıklar ve çakma kazıklar bu deney için uygundur fakat birleşimli kazıklar birleşim yerlerinin son durumlarına bağlı olarak değişken sonuçlar göstermektedir.

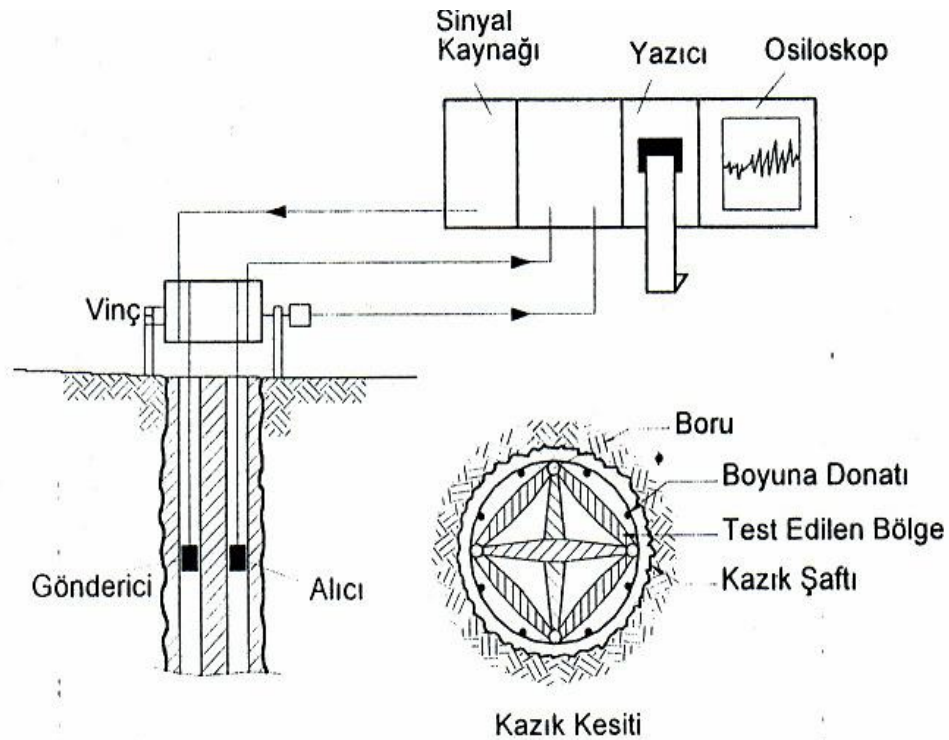
4.3.3 Sonik Süreklilik Deneyi

Herhangi bir şantiyede kalite güvencesi olarak, sonik süreklilik deneyi (SIT), kazık içerisinde mevcut hasar veya büyük süreksizlikleri ortaya çıkarmaya yarayan basit bir uygulamadır. Sonik süreklilik deneyi detaylı inceleme gerektiren kazıkları belirler ve özellikle mevcut süreklilik problemlerini ortaya çıkarmada yararlıdır. Ancak, bu deney taşıma kapasitesini tahmin etmek için kullanılmamalıdır. SIT karotlu sondaj, kazı araştırması, yükleme deneyleri gibi zaman alıcı ve masraflı yöntemlerle karşılaştırıldığında çabuk ve ucuz sonuçlar sunar. Kazık cevabı hemen ekranda görüntülenebilir, yazdırılabilir ve detaylı analizler için dijital ortamında depolanabilir.

Kazık içine beton dökülmeden önce yerleştirilmiş olan kılavuz borulardan indirilen ses kaynağından gönderilen sinyaller, diğer borudan indirilen alıcı vasıtası ile kaydedilir.

Gönderilen ses dalgalarının beton içinde yayılma hızının bilinmesi beton kalitesindeki değişimin anlaşılmasını sağlar. Bu sistemin avantajı, kazık derinliği boyunca kazık kesitinin taranabilmesidir. Böylece beton kalitesi ve kazığın sürekliliği hakkında kesin bilgiye ulaşılmış olur (Düzceer, 2002).

Deneyin birde tek bir kılavuz boru kullanılarak yapılması mevcuttur. Burada gönderici ve alıcı, tek bir boru içindeyken diğerinde ayrı ayrı iki boru içindedir. Bu borular çelik veya plastik olabilmektedir. Kılavuz boru yerleştirmek sureti ile açılan iki delik birbirine kazık boyu üzerinden yeterince paralel olarak açılmalıdır. Bu delikler birbirine eş uzunlukta açılmazsa, kullanılan kablolar aynı uzunlukta olmazsa ve boru çapı göndericiyle alıcıya göre çok büyük bir değerde ise kazık tabanında çeşitli hatalar meydana gelebilir (Fleming, 1992). Herşeye rağmen Şekil 4.3'de gösterilen sonik süreklilik deneyi dünyada yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.



Şekil 4.6 : Sonik Süreklilik Deneyi (Düzceer, 2002)

SIT ile iyi sonuç almak için, kazık başı temiz, el altında ulaşılabilir yerde olmalı, ses ve hareketli sudan etkilenmeyecek uzaklıkta olmalıdır. Yerinde dökme kazıklar en az 5 günlük olmalı, demiri ve betonu bilinen malzemelerden yapılmalıdır. SIT genellikle prefabrike veya kalıcı muhafaza borulu kazıklar için uygun değildir.

5. SİNYAL EŞLEME

Güvenilir bir yerinde dökme kazık elde etmek için yüksek kalitede zemin araştırması, iyi bir tasarım, deneyimli bir kazık yüklenicisi, iyi bir kazık ekipmanı, yüksek kalitede beton, güvenilir bir deney metodu, sitedeki kazıkların en az yüzde 10'unun test edilmesi, averaj sinyalin belirlenmesi, zemin datası ile beraber referans sinyalinin kontrolü, referans sinyalinden sapan sinyallerin kontrolü ve profesyonel bir yorumlama yapılmalıdır. İşte bu profesyonel yorumlama için TNOWAVE firması tarafından geliştirilen SITWAVE programı kullanılarak sinyal eşleme “*signal matching*” özelliği ile, test sinyallerinin referans sinyalleri ile eşleştirilmesi ve değerlendirilmesi yapılır. Eğer halen kazık kalitesinde şüphe varsa kazıktan karot numune alınabilir veya kazık yükleme testi tercih edilebilir (TNO Building and Construction Research, 1997).

SIT (Sonic Integrity Testing) sinyali kazık kesidindeki değişimler, zemin özelliklerindeki değişimler, kazıkdaki çatlaklar ve delikler nedeni ile empedansda meydana gelen değişimler hakkında bilgiler içerir. Bu bilgiler SIT sinyallerindeki değişimlerin yorumlanması ile ortaya çıkar. Bu programda ivme ölçerle tespit edilen sinyaller dijital forma dönüştürülmüştür. Böylece kazık ucundaki zayıf yansımalar bile görülebilir. Daha detaylı bir analiz için kazık vuruşlarını kaydedebilen enstrümantel çekiç denen bir alet kullanılabilir. Ayrıca hız-zaman ve kuvvet-zaman grafikleri bilgisayarda dijital olarak görüntülenmiştir.

Sonik süreklilik testi hem zamana bağlı olarak, hemde frekansa bağlı olarak analiz edilebilir. İki analiz sonucunda da işe yarayacak bilgiler elde edilsede, zamana bağlı analiz daha kolay bir yoldur.

Zamana bağılı analizde doğrudan gerilme dalga teorisine bağılı yorumlama yapılır ve kazık boyu, gerilme dalga hızı tahmininden yararlanarak hesaplanabilir. Ayrıca kazık süreksizlik noktalarının farkına varılabilir ve kazık başlığı empedansı enstrümantel çekiç kullanılarak hesaplanabilir.

Frekansa bağılı analizde ise yorumlamada, doğrudan gerilme dalga teorisinden yararlanılmaz. Bu analizde kazık boyu hesaplanabilir, kazıkdaki süreksizlikler doğrudan olmasada anlaşılabilir, kazık başlığı empedansı doğrudan hesaplanabilir ve küçük dinamik yükler altında kazık sertliği bulunabilir fakat frekansa bağılı analizde işlem zamanı daha uzundur.

Zemin mukavemeti ve kazık süreksizliği arasındaki farkı ayırt etmek için bir test kazığından alınmış SIT sinyali, benzer zemin koşullarına sahip benzer kazıklardan oluşan bir siteden alınmış karakteristik sinyalle karşılaştırılabilir. Bu sinyal sitede test edilen birçok kazığın ortalaması veya deneyden önce seçilen referans kazığının kendisi olabilir. Karakteristik sinyal, uygun zemin datası ile değerlendirilebilir. Kazık kesidindeki değişimleri anlamaya çalışırsak, yumuşak tabakalardan, dolgulardan, zemin içindeki boşluklardan, eski temel tabanlarından, çok sert tabakalara rastlamaktan, kaplama uzunluklarından ve kazık tabanı genişletmelerinden dolayı bu tip değişimler olduğunu görürüz. Birçok durumda sitedeki kazıkların sinyal izlerindeki sapmalar kolaylıkla anlaşılır fakat kazık ucundaki sinyallerin, sinyal kazık ucuna gelene kadar sönümlendiği ya da kazık ucuna bir çatlaktan dolayı ulaşamadığı için belirlenemediği durumlarla da karşılaşmaktadır. Bu yüzden çoğu projede kazığın uç kısmının sürekliliği hakkında net bir yorum yapılamamaktadır.

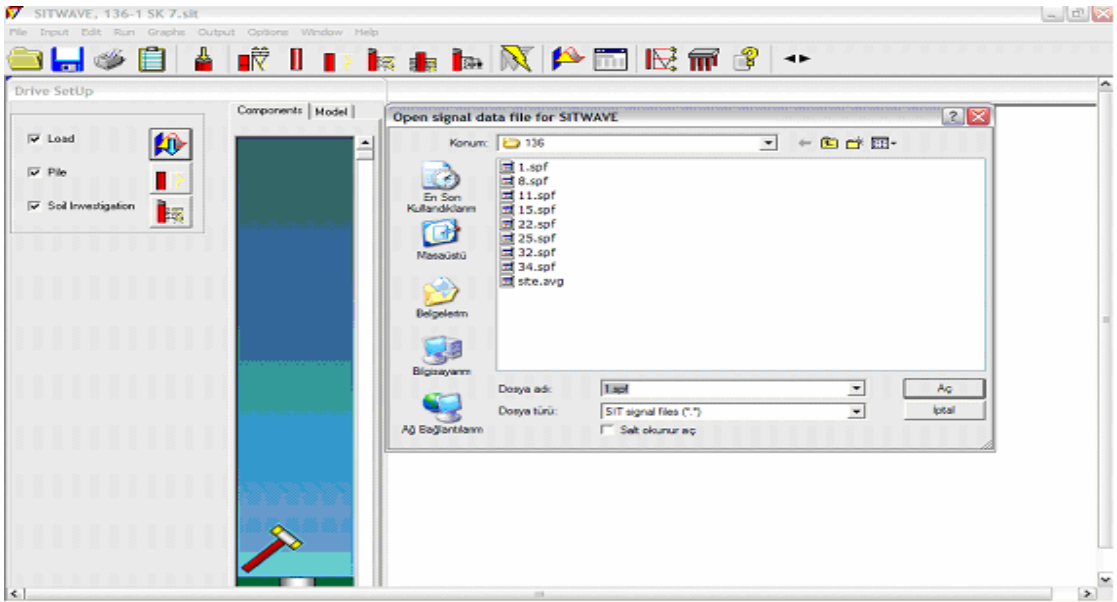
Süreklilik deneylerinden olumlu sonuç elde edilmiş bir kazık güvenilir olarak ifade edilebilir fakat kazığın güvenilir olması, kazığın taşıma gücü kapasitesi açısından da güvenilir olduğunu göstermez. Örneğin; süreklilik testini geçmiş bir kazık, verilen zemin koşullarına göre boy olarak çok kısa olduğu için taşıma gücü kapasitesi bakımından yeterli olmayabilir. Diğer taraftan da içinde bilinen bir genişlikte çatlak olan kazık

yeterli taşıma gücü kapasitesine sahip olabilir (TNO Building and Construction Research, 1997).

5.1 Signal Matching Programının İşletimi

“SITWAVE- SIT SIMULATION AND SIGNAL MATCHING” sinyal eşleme için kullanılan bir programdır. Program Hollandalı TNOWAVE firması tarafından hazırlanan SITWAVE (Sonic Integrity Testing) programıdır ve “*signal matching*” adı verilen bir sinyal datası eşleştirme kısmı bulunmaktadır. Programın elimizdeki versiyonu 7.3’tür. Bu program sayesinde arazideki kazık şeklinin tahmini yapılmakta ve kazıdaki kusurlar bulunmaktadır.

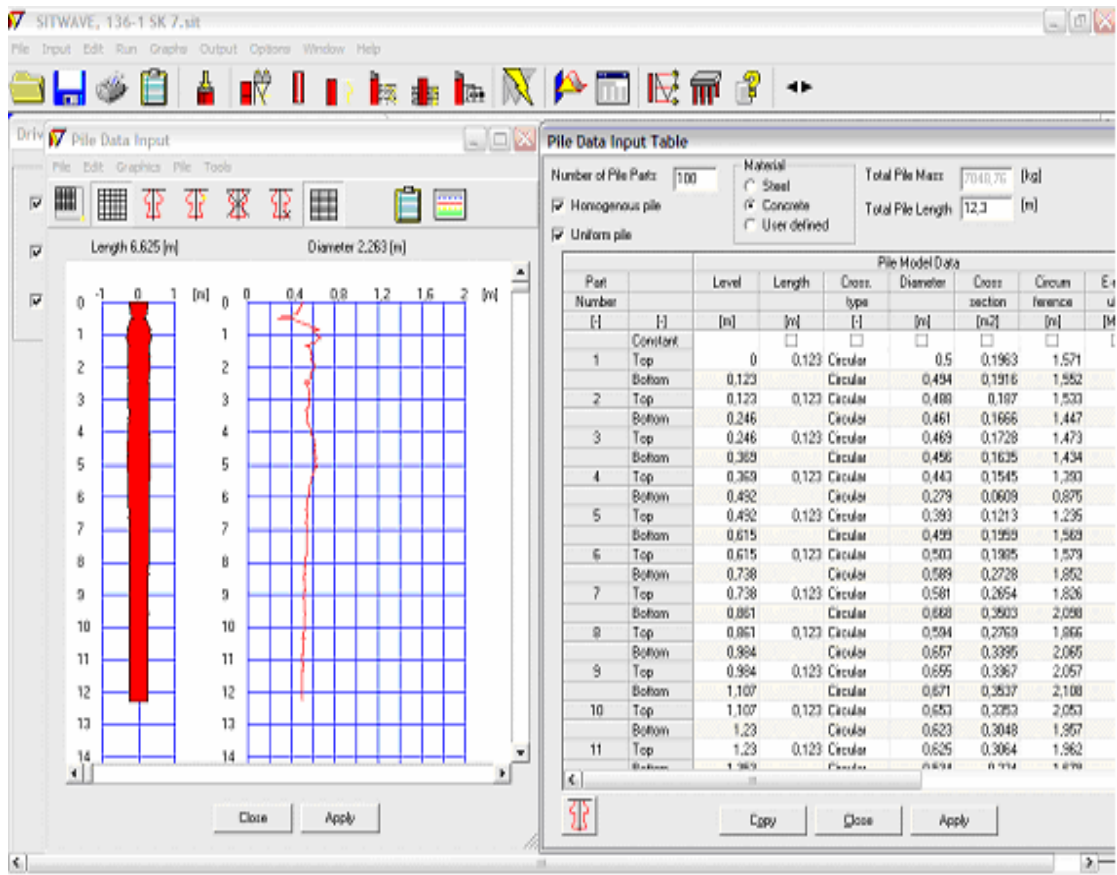
Program ilk açıldığında bir “load” yükleme kısmı karşımıza gelir. Load tuşuna basıldıktan sonra “measured signal” seçeneğini seçerek çekiç yüküne eşdeğer olan, araziden alınmış sinyal datası programa yüklenir. Aşağıda Şekil 5.1’de, bu işlem sırasında karşımıza çıkacak olan ekran verilmektedir.



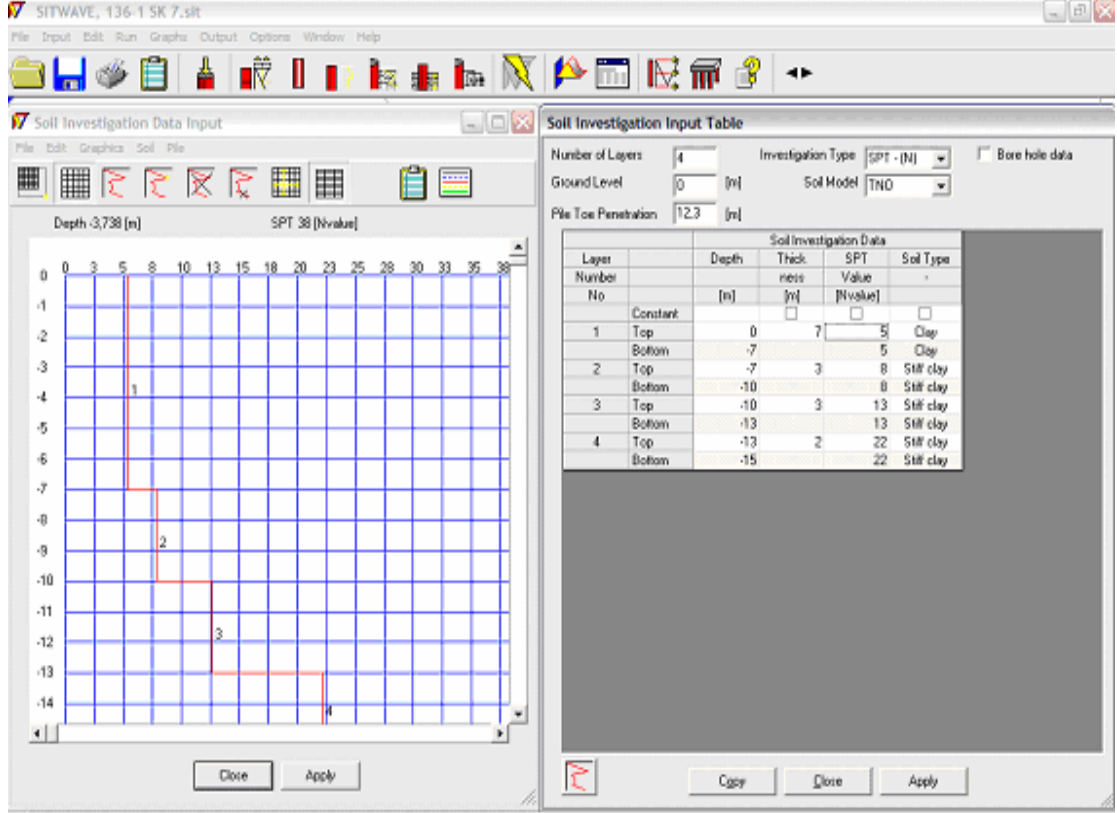
Şekil 5.15: Sinyal Yükleme Ekranı (SITWAVE)

Bundan sonra sol üst köşede görülen “pile” ve “soil investigation” seçenekleri seçilerek çalıştığımız arazideki kazık ve zemin özelliklerinin programa girilmesi gerekmektedir. Bu özelliklerin hiçbir eksik olmadan programa girilmesi için kazık boyu , kazık çapı, kazık malzemesi, kazığın kaç parçada değerlendirileceği, kazığa hangi modelin uygulandığı, araştırma tipi, zemin profili, zeminin kaç tabakadan oluştuğu, zemin cinsi ve zemindeki SPT-N vuruş sayılarının bilinmesi gerekmektedir.

Aşağıda Şekil 5.2 ve 5.3'te “pile” ve “soil investigation” komutlarına bastığımızda karşılaşacağımız ekranlar görülmektedir.



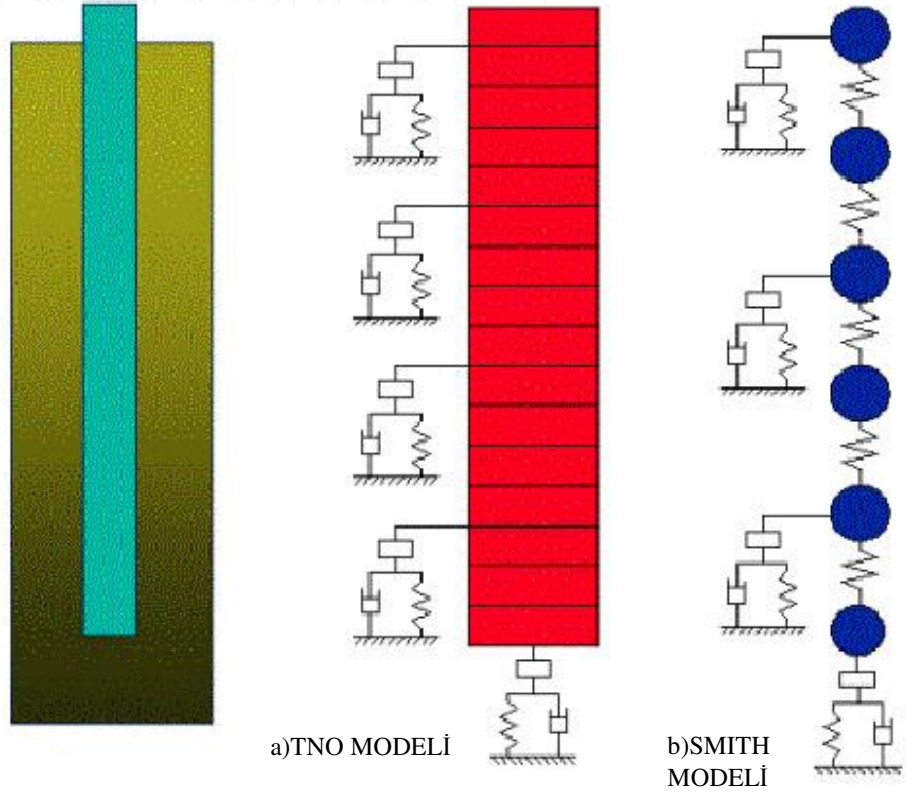
Şekil 5.16: Kazık Datası Girdi Ekranı (SITWAVE)



Şekil 5.17: Zemin Özellikleri Girdi Ekranı (SITWAVE)

Şekil 5.4’de sinyal eşleme programında kazığa uygulanabilen zemin modelleri görülmektedir. TNO modeli, tek boyutlu sürekli kazık ve süreksiz zemin modelinden oluşmaktadır. Bu modelde, kazık küçük alt elemanlara bölünmektedir. Kazık ile zemin arasındaki etkileşimler, çevre sürtmesi ve uç sürtünmesi olarak ele alınmaktadır. Sürtünmeler yaylar ile, bu sürtünmelerden kaynaklanan zeminin sönümleme etkisi ise dashpot sistemleri ile gösterilmektedir. TNO modelinin dayandığı temel çözüm yöntemi karakteristik metot olarak adlandırılmaktadır.

SMITH modelinde ise kazık parçalara ayrılmaktadır. Bu parçalar arasındaki yaylar kazığın malzeme özelliğinden kaynaklanan elastisitesini göstermektedir. Her bir parçaya bitişik olarak gösterilen yay ve dashpotlar ise TNO modelinde olduğu gibi kazık-zemin etkileşimini ve sönümlemeyi göstermektedir.

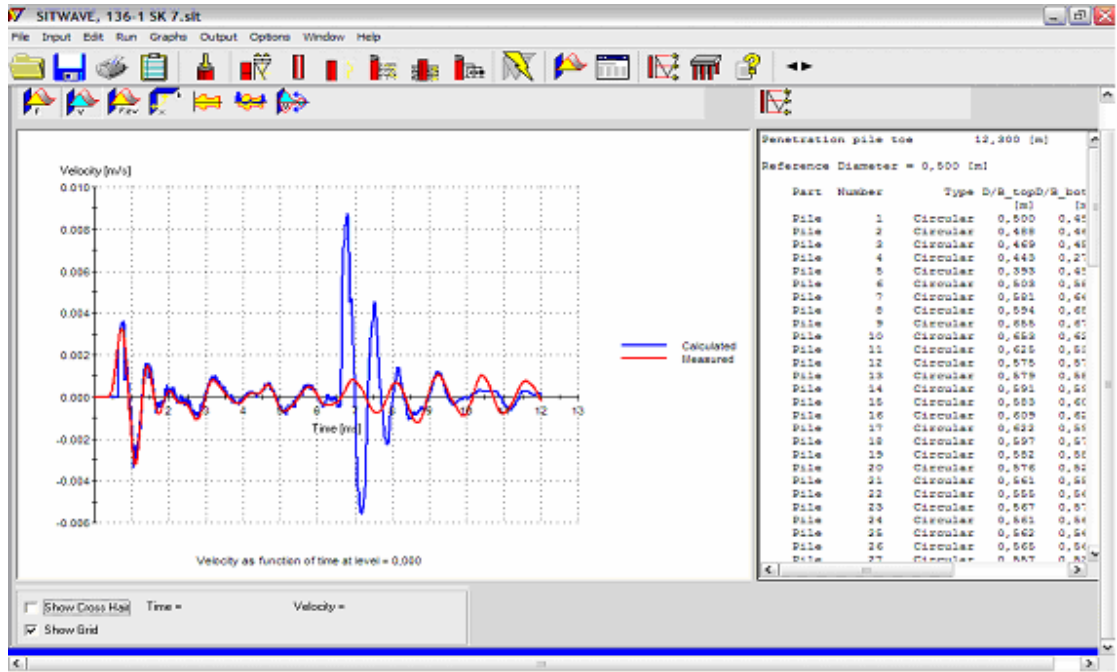


Şekil 5.18: Kazık Zemin Modeli a) TNO b) SMITH

Geoteknik uygulamalarda genelde efektif düşey gerilme ve enerji düzeltmesi yapılmakta, diğerlerinin etkisi daha az olduğundan ihmal edilmektedir. Kohezyonlu zeminlerde derinlik düzeltmesi hala tartışma konusudur ve pratikte kil zeminler için bu düzeltme yapılmaz. Daha önceden yüklenici firma tarafından yapılmış sondaj loglarında belirtildiği gibi zeminin kil olduğunu bildiğimiz için derinlik düzeltmesi ihmal edilmiş, sadece enerji düzeltme faktörü dikkate alınmıştır. Bu şekilde SPT-N değerlerini 0,75 (enerji düzeltme faktörü; $0,45/0,60=0,75$) ile çarparak SPT-N60 düzeltilmiş SPT sayılarına ulaşılmış olur.

Bu şekilde gerekli bütün değerler girildikten sonra “RUN” seçeneğine basılır. Böylece program analize başlamış olur. Analiz sırasında grafiklerin ilerleyişini izlersek programın yaptığı sinyal eşleştirmesini daha net bir biçimde görebiliriz. Bu analizler ortalama bir bilgisayarda 20-25 dakika civarında sürmektedir. Ayrıca analiz bittikten

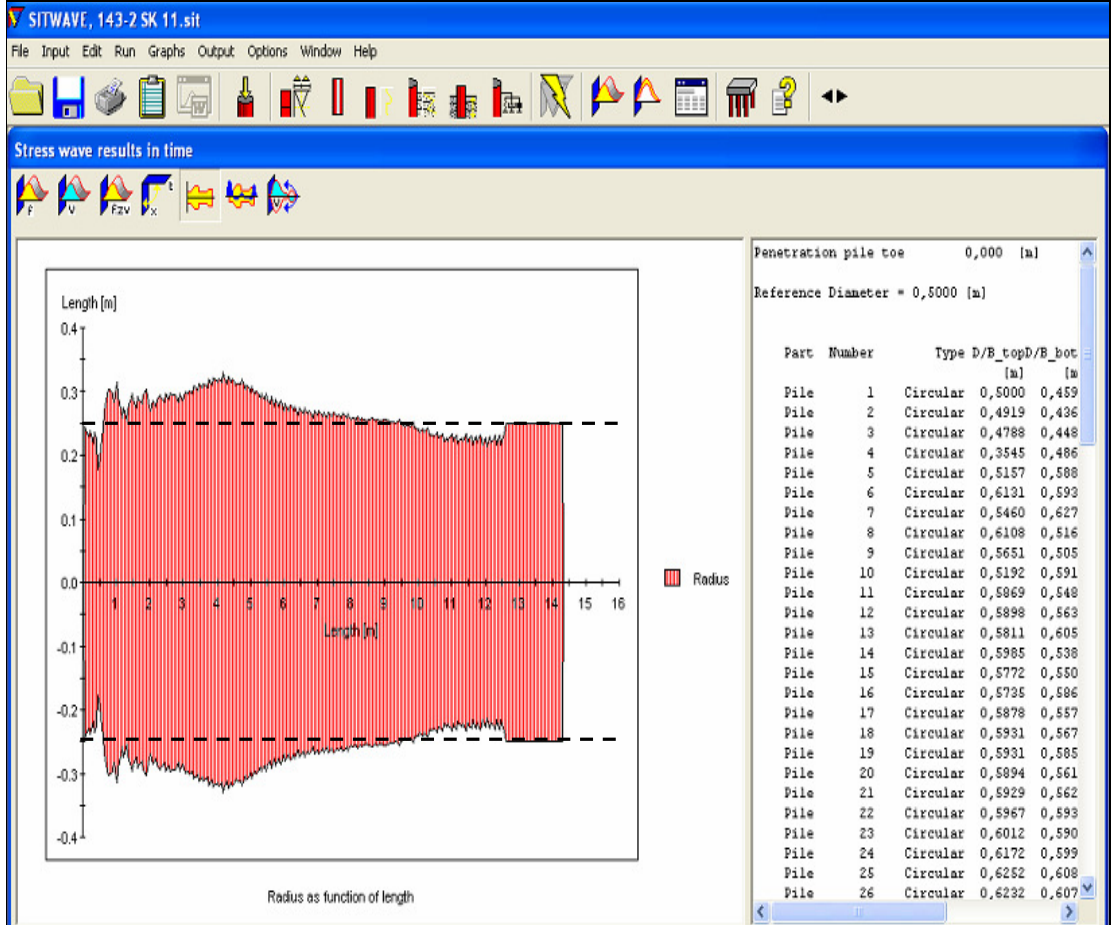
sonra program bize dijital formda grafikler verecektir. Bu grafikler arasında kuvvet-zaman, hız-zaman ve çap-kazık boyu gibi grafikler olup, bir de arazideki mevcut kazık şekli elde edilecektir. Buradaki kazık şekline bakarak kazıkdaki kusurlar, kesitteki genişlemeler ve daralmalar hakkında yorum yapmak mümkün iken, bir yandan da hız zaman grafiğine bağlı olarak dalga yayılım şekillerinden, kazığın kusurlu noktalarını ve başlayıp bittiği uzunluğu tahmin etmek mümkündür. Aşağıdaki şekilde kazık analizi yapıldıktan sonra ortaya çıkan, hız ve zamana bağlı bir sinyal grafiği örneği verilmektedir.



Şekil 5.19: Hız ve Zamana Bağlı Sinyal Grafiği (SITWAVE)

Aşağıdaki şekilde bir analiz sonucunda ortaya çıkan kazık şekli örneği görülmektedir. Düşey eksen kazık çapını yatay eksen ise kazık boyunu göstermektedir. Kazık çapı 0,5 m, kazık boyu ise 14,3 m'dir. Aşağıda kesikli çizgiler arasındaki mesafe bize kazık çapını vermektedir. Kazık çapına göre kesiti incelersek kesitteki genişlemeler ve daralmalar açık bir biçimde görülebilmektedir. Pozitif eksenindeki kesikli çizginin üstünde kalan kısımlar genişleme, altında kalan kısımlar ise daralma olarak dikkate alınmaktadır.

Kesitteki genişlemeler bir sorun arz etmesede daralmalar dikkate alınmalı ve gerekiyorsa buna karşı önlem alınmalıdır.



Şekil 5.20: Kazığın Analizden Sonraki Şekli (SITWAVE)

5.2 Analiz Sonuçları

Esenyurt'ta yapılan bir toplu konut inşaatı kapsamında 156 tane konut inşaa edilmiştir. Konutlar genelde çift katlı olarak inşaa edilmiştir. Bu konutların bir kısmı kazıklı temel olarak tasarlanmıştır. Şekil 5.7'de arazideki kazık imalatı görülmektedir. Yerinde dökme kazık olarak imal edilen bu kazıklar üzerinde kalite kontrolü ve kazıklarda imalat sırasında meydana gelebilecek süreksizliklerin belirlenmesi amacı ile kazık imalatı tamamlanan 18 konut üzerinde hasarsız kazık süreklilik testleri yapılmıştır. Bunun sonucunda arazide elde edilen kazık sinyal dataları ve SITWAVE programı ile analiz

edilen kazık dataları karşılaştırılmış ve kazıkdaki süreksizlikler belirlenmiştir. Bu karşılaştırma yapılırken SITWAVE programının sinyal eşleme “signal matching” özelliğinden yararlanılmıştır.



Şekil 5.21: Kazık İmalatı

Esenyurt konutları kapsamında 191 tane kazıkda analiz yapılmıştır. Kazıklar 15 m boyunda ve 0,5 m çapında imal edilmiştir. Şekil 5.8’de konutların altlarında imal edilmiş yerinde dökme kazıklar görülmektedir. Test edilen herbir kazık için (0-5)m, (5-10)m ve (10-15)m için üç ayrı değerlendirme yapılmış ve bu noktalar arasında kazık kesitinde meydana gelen genişleme ve daralmalar belirlenmiştir. Kazık kesitindeki genişleme kazık performansını olumsuz yönde etkileyecek bir unsur değil, kazığın çevre sürtünmesi ile taşınan yükü arttıran bir unsurdur. Bu yüzden kazık kesitindeki genişlemeler fazla dikkate alınmaz. Eğer kazık kesitinde daralma meydana gelirse kazık performansı olumsuz yönde etkilenebilir. Bu durumda kazığın yerine yeni bir kazık yapılması veya ilave kazık imalatı gibi sonuçlar ortaya çıkabilir.



Şekil 5.22: Konutların Altlarında İmal Edilmiş Yerinde Dökme Kazıklar

Derinlik boyunca zemin tabakalanmasında meydana gelen değişimlerin kazık süreklilik testlerine etkisi olduğu bilinmektedir. Bu nedenle sinyallerde görülen küçük sapmaların nedeni de, bu metrelerde değişim gösteren zemin tabakalarıdır.

Sinyal eşleme ile analiz yaptığımız kazıkların boylarını ve kesitteki genişleme, daralma şeklindeki kusurlarını grafik olarak görebildiğimiz için 191 kazığın, kazık başlığının ilk 1-2 m'sinde daralma yaptığı görülmektedir. Bu daralma kazık betonunun kazığın ilk 1-2 m'sinde düşük mukavemet göstermesi nedeni ile olmaktadır. Bu fore (delme) kazık yöntemi ile yapılan imalatlarda sıkça rastlanan bir durumdur. Bu şekilde rastlanan süreksizliklerde, kazıkların süreksizlik meydana gelen derinliğe kadar kırılması, daha sonra kırılan kazıkların etrafında kalıp yapılarak istenen kota kadar tekrar beton dökülmesi önerilmiştir. Yapılan kırımalar sonrasında testler olumlu hale gelinceye kadar kırma işlemi ve testler tekrarlanmıştır. Testlerden olumlu sonuçlar alındıktan sonra kazık başı tamamlama betonları dökülerek, kazık boyları istenen seviyeye geldiğinden kazık boylarındaki farklılıklar ortadan kalkmıştır.

Tablo 5.1’de sondajlar, bu sondajlardaki kazık sayıları, zemin profilleri ve SPT- N_{60} ort değerleri verilmektedir.

Tablo 5.6: Sondajlara Göre Zemin Profili ve SPT- N_{60} Değerleri

Sondaj	Kazık Sayısı	N_{60} ort	Açıklama
SK7	36	10	0-7 m katı kil
		14	7-10 m katı kil
		21	10-13 m çok katı kil
		36	13-15 m sert kil
SK11	28	13	0-4 m katı kil
		22	4-7 m çok katı kil
		36	7-12,5 m sert kil
SK13	18	38	0-10 m sert kil-kumlu kireçtaşı
SK12	19	9	0-5 m orta katı kil
		16	5-6,5 m katı kil
		33	6,5-10 m sert kil
SK16	24	6	0-5 m yumuşak-orta katı kil
		18	5-8 m çok katı kil
		23	8-13 m çok katı kil
		35	13-15 m sert kil
SK9	20	5	0-4 m orta katı siltli kil
		7	4-6,5 m orta katı kil
		10	6,5-10 m katı kil
SK8	46	6	0-6 m orta katı siltli kil
		10	6-8 m katı kil
		17	8-10 m çok katı kil
Toplam	191		

Aşağıda Tablo 5.2’de her bir bölgedeki konutlar ve test edilen kazıklar görülmektedir. Tablo 5.3’de ise toplam kazık sayısına göre çap olarak daralma yapan, genişleme yapan, hem genişleme hem daralma yapan ve kusurlu olarak kabul edilen kazık sayıları ile bunların toplam kazık sayısına göre yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 5.7: Konutlar ve Test Edilen Kazıklar

Bölge	Konut Numarası	Kazık Numarası	Toplam Kazık Sayısı	Test Edilen Kazık Sayısı
SK7	136	1,8,11,15,22,25,34	41	7
	137	5,9,11,16,17,18,19,20,23,24,28,30,32,38,41	41	15
	138	2,13,15,20,29,30,36,39,40,41,45,46,47,51	52	14
SK11	139	1,3,5,8,13	19	5
	140	1,4,9,17	19	4
	141	6,8,11,17,18	19	5
	142	5,12,19	19	3
	143	2,5,7,9,11,18,25,32,35,42,50	52	11
SK13	144	2,3,4,5,6,7,8,11,13,15,17,26,29,38,42,53,54,61	63	18
SK12	147	1,5,13,19,25	27	5
	148	1,4,5,6,8,21,25	27	7
	149	1,4,5,6,7,10,13	38	7
SK16	151	5,7,10,11,12,14,23,27,35,45,51	52	11
	152	2,4,7,9,10,15,17,19,27,32,34,39,42	52	13
SK9	153	8,12,17,24,26,30,34,36,41,42,46,53,62,64,68,73,81,83,86,91	92	20
SK8	154	2,3,7,15,19,21,25,29,45,49	72	10
	155	3,7,11,18,21,24,25,27,31,35,43,48,52,57,60	72	15
	156	2,4,5,10,13a,17,18,20,27tekrar,34,38,39,40,43,46,47,52,55,59,61,62	72	21

Tablo 5.8: Süreksizlik Tipine Göre Bölgelerdeki Kazık Sayısı ve Kazık Yüzdesi

Bölge	Bölgedeki kazık sayısı	Genişleme		Daralma		Hem Genişleme Hem Daralma		Kusurlu	
		$\geq +\%3$	Toplam kazık sayısına göre kazık yüzdesi	$\geq -\%3$	Toplam kazık sayısına göre kazık yüzdesi	Kazık Sayısı	Toplam kazık sayısına göre kazık yüzdesi	$\geq \%10$ Daralma	Toplam kazık sayısına göre kazık yüzdesi
SK7	36	34	18%	22	12%	20	10%	3	2%
SK11	28	27	14%	14	7%	13	7%	3	2%
SK13	18	16	8%	18	9%	16	8%	11	6%
SK12	19	19	10%	16	8%	16	8%	6	3%
SK16	24	24	13%	21	11%	21	11%	4	2%
SK9	20	20	10%	2	1%	2	1%	-	-
SK8	46	46	24%	9	5%	9	5%	3	2%
Toplam kazık sayısı:	191	186	97%	102	53%	97	51%	30	16%

Tablo 5.4 ve Tablo 5.5'te bölgelere göre kazıkda (0-5)m, (5-10)m ve (10-15)m derinliklerde daralma ve genişleme yapan kazık sayıları ile bunların toplam kazık sayısına göre yüzdeleri verilmiştir.

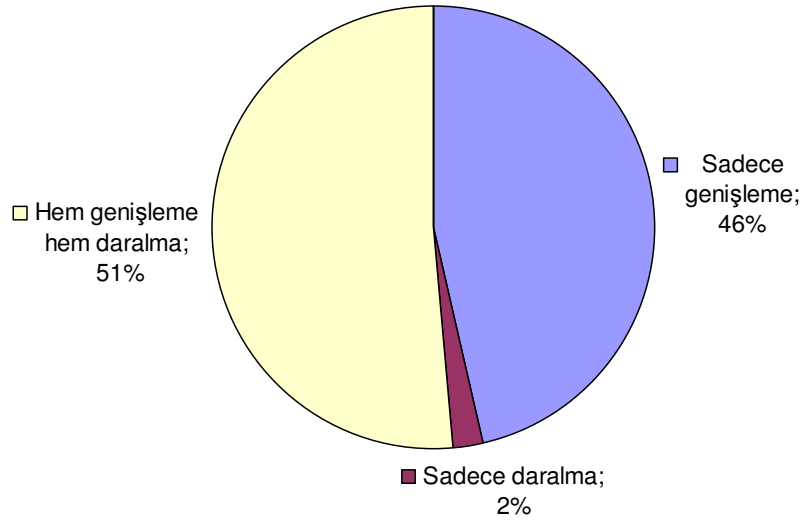
Tablo 5.9: Derinliğe Bağlı Olarak Daralma Yapan Kazık Sayısı ve Kazık Yüzdesi

Bölge Adı	Kazıkta Daralma Yeri		
	(0-5) m	(5-10) m	(10-15) m
SK7	4	6	20
SK11	3	4	12
SK13	5	4	18
SK12	0	4	16
SK16	4	6	21
SK9	1	0	1
SK8	4	3	6
Toplam	21	27	94
Toplam kazık sayısına göre %	11%	14%	49%

Tablo 5.10: Derinliğe Bağlı Olarak Genişleme Yapan Kazık Sayısı ve Kazık Yüzdesi

Bölge Adı	Kazıkta Genişleme Yeri		
	(0-5) m	(5-10) m	(10-15) m
SK7	33	33	10
SK11	25	26	14
SK13	16	15	2
SK12	19	19	6
SK16	24	23	5
SK9	20	20	9
SK8	45	42	27
Toplam	182	178	73
Toplam kazık sayısına göre %	95%	93%	38%

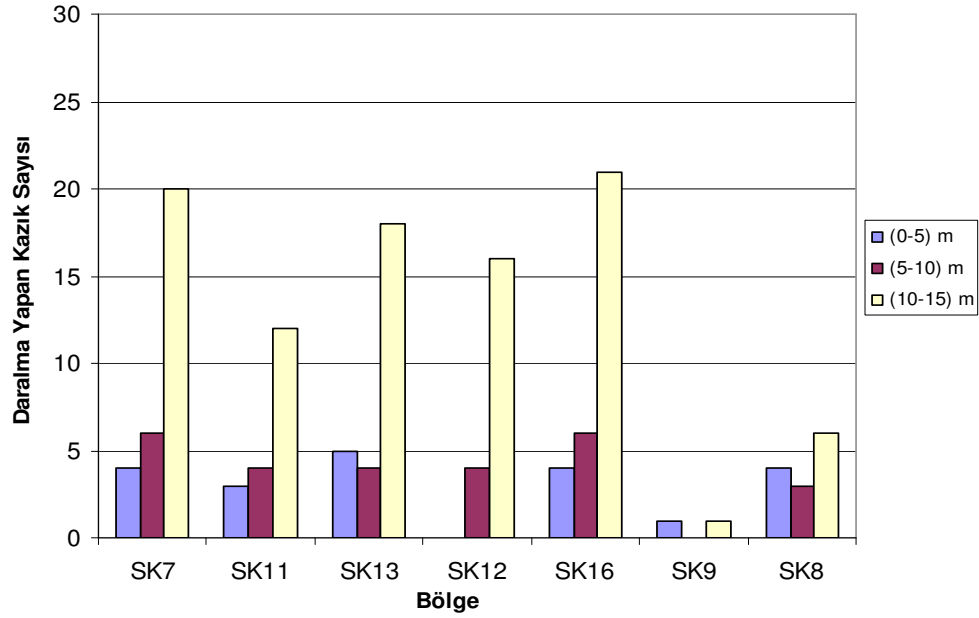
Şekildeki grafikte kazıklarda meydana gelen süreksizlik tipleri ve bunların yüzdeleri verilmektedir.



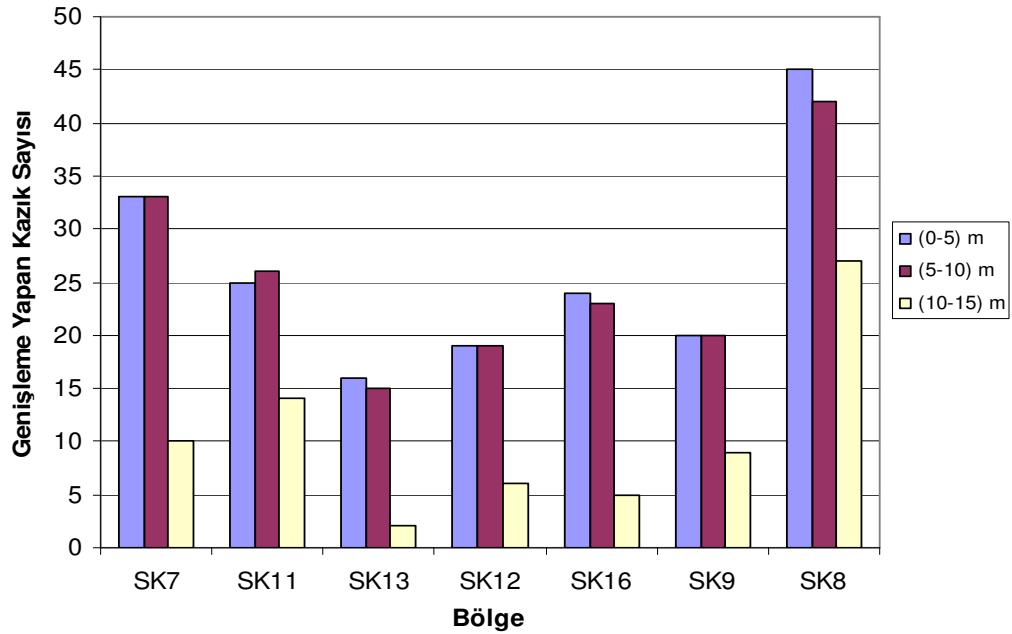
Şekil 5.23: Süreksizlik Tipi ve Kazık Yüzdesi

Hem genişleme hem daralma tipi süreksizlik görülen kazıklar % 51, sadece genişleme tipi süreksizlik görülen kazıklar % 46 ve sadece daralma tipi süreksizlik görülen kazıklar % 2'dir.

Şekil 5.10 ve 5.11’de bölge ve derinliğe göre daralma ve genişleme yapan kazık sayıları grafik olarak verilmektedir.

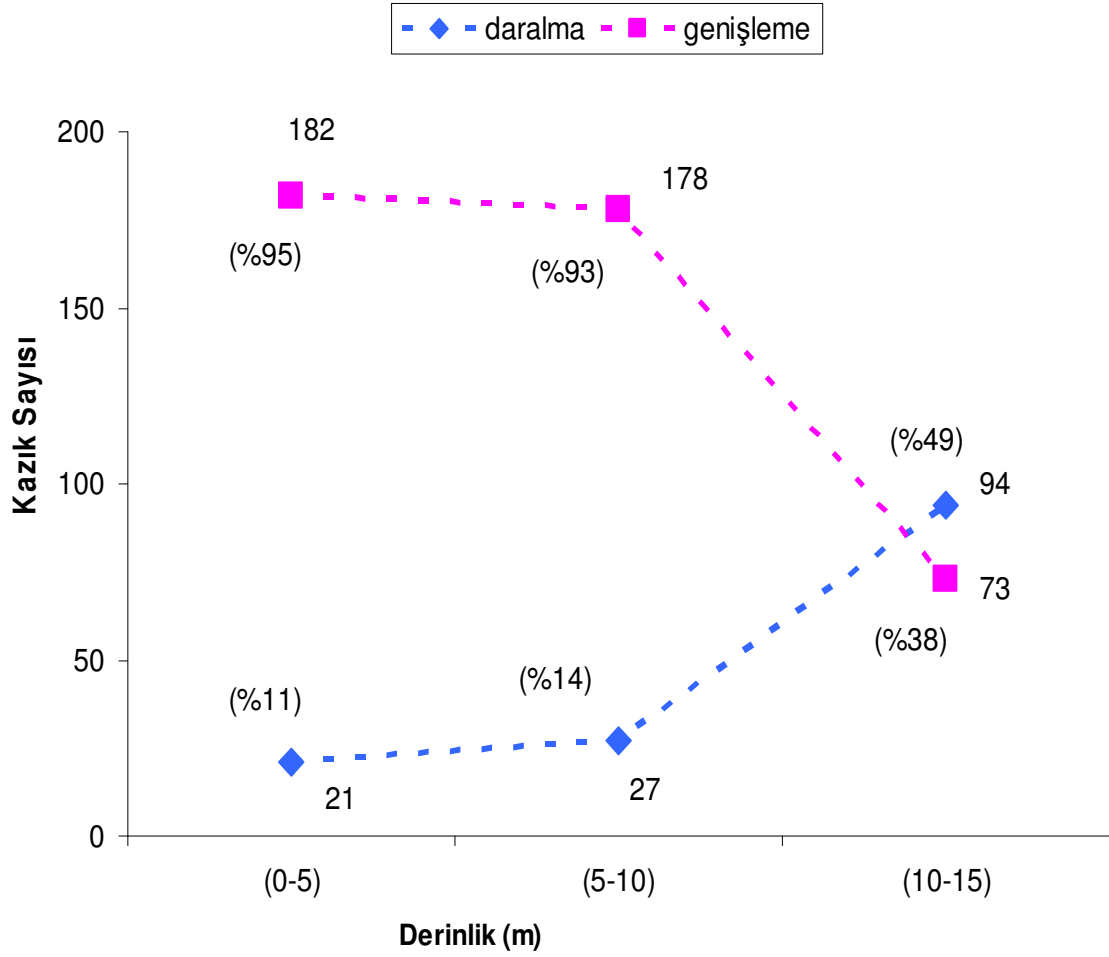


Şekil 5.24: Bölge ve Derinliğe Bağlı Olarak Daralma Yapan Kazık Sayısı



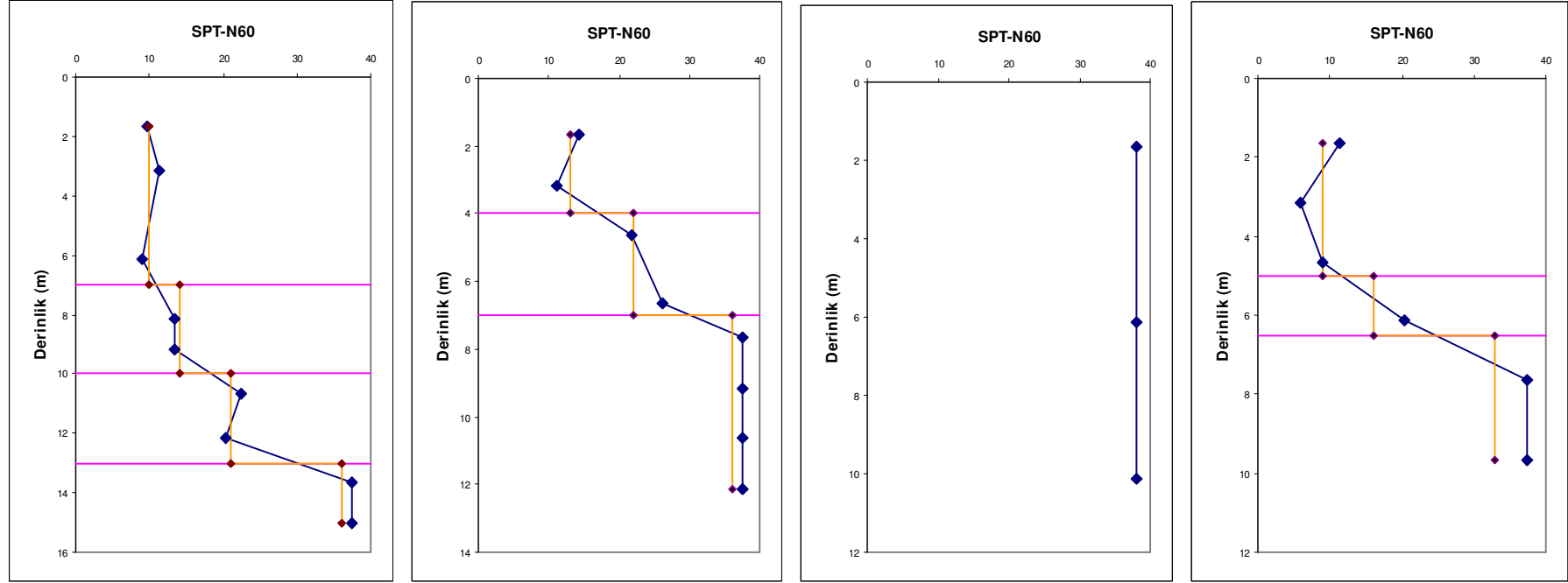
Şekil 5.25: Bölge ve Derinliğe Bağlı Olarak Genişleme Yapan Kazık Sayısı

Şekil 5.9’da (0-5)m, (5-10)m ve (10-15)m derinlikler arasında daralma ile genişleme yapan toplam kazık sayıları grafik olarak verilmiştir.

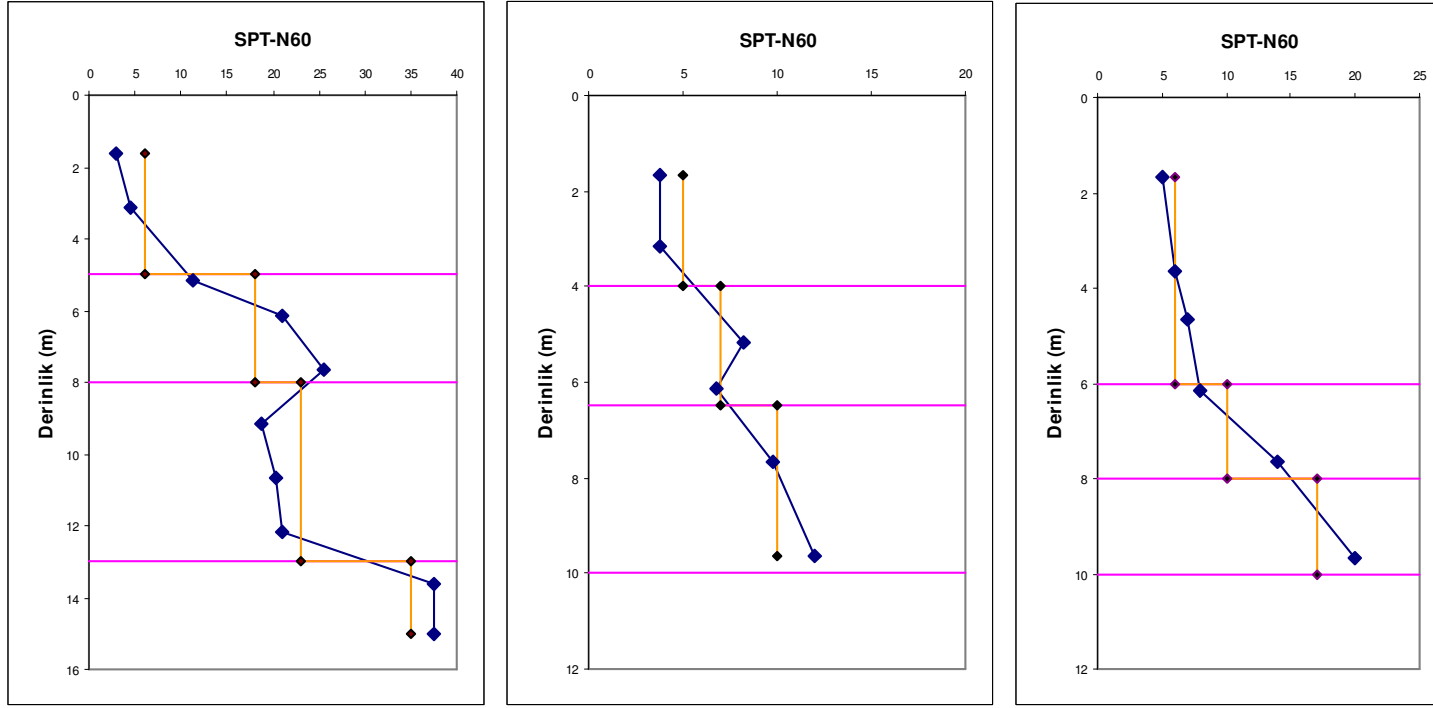


Şekil 5.26: Derinlik ve Toplam Kazık Sayısına Göre Daralma ile Genişleme

Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’de bütün sondajlar için SPT-N60 çizimleri verilmiştir. Mavi çizgi SPT-N60 değerlerini, sarı çizgi ortalama SPT-N60 değerlerini, kırmızı çizgiler ise zemin tabakalanmasını göstermektedir.



Şekil 5.27: SK7, S11, SK13, SK12 için SPT-N₆₀ Çizimleri



Şekil 5.28: SK16, SK9, SK8 için SPT-N₆₀ Çizimleri

6.SONUÇLAR

Kazık başına özel bir çekiçle vurmak suretiyle oluşturulan darbenin yine kazık başına yerleştirilen bir ivme ölçerle kaydedilmesi esasına dayanan süreklilik deneyleri “sonic integrity testing” kazıklı temellerdeki büyük kusurları veya süreksizlikleri ortaya çıkarmada yardımcı olmaktadır.

Bu araştırmada, tahribatsız düşük deformasyonlu süreklilik deneyleri yapılan kazıklar kontrol edilerek, kazık imalat kalitesinin belirlenmesi için TNOWAVE firması tarafından geliştirilen SITWAVE programı kullanılmıştır. SITWAVE programının sinyal eşleme “signal matching” özelliğinden yararlanılmıştır. Bir referans sinyali belirlenmiş, test sinyalleriyle referans sinyalleri eşleştirilmiş ve referans sinyalinden sapan sinyaller değerlendirilmiştir. Analiz sonrasında program bize hız-zaman, kuvvet-zaman, çap-kazık boyu gibi grafikler ile arazideki mevcut kazık şeklini verecektir.

Bu çalışmada, Esenyurt'ta bir toplu konut inşaatı kapsamında, kazıklı temel sistemi ile inşaa edilen konutların, temelindeki kazıklar üzerinde “SITWAVE-Signal Matching” programı yardımı ile yapılan analizler konu edilmiştir. Sonuçta, toplam 191 tane kazıkta analiz yapılmış ve test edilen her bir kazık için kazık boyu (0-5)m, (5-10)m ve (10-15)m olarak üç ayrı değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme sonrasında kazık kesitinde meydana gelen genişleme ve daralmalar ele alınıp, incelenmiştir.

Kazık kesidindeki değişimler yumuşak tabakalardan, dolgulardan, çok sert tabakalardan, zemin içindeki boşluklardan, eski temellerden, kazık tabanı genişletmelerinden, beton kalitesinin değişiminden, kazık donatısının gereğinden fazla kullanılmasından ve yeraltı suyunun etkisi ile meydana gelebilir. Çoğu projede sinyal kazık ucuna gelene kadar sönümlendiği ya da kazık ucuna bir çatlaktan dolayı ulaşamadığı için kazığın uç kısmının sürekliliği hakkında net bir yorum yapılamamaktadır.

Kazık kesitindeki genişleme kazık performansını olumsuz yönde etkileyecek bir unsur değil, kazığın çevre sürtünmesi ile taşınan yükü arttıran bir faktör olduğu için, kazık kesitindeki genişlemeler fazla dikkate alınmaz. Ancak kazık kesitindeki daralmalar, kazık performansını olumsuz yönde etkileyebileceği için kazığın yerine yeni bir kazık yapılması veya ilave kazık imalatı gibi sonuçlar ortaya çıkar. Kazıkta taşıma gücünü etkileyecek kadar büyük oranda daralma gözlemlendiği zaman ise kazığın kullanımı iptal edilmektedir.

Bu çalışmada SK7, SK8, SK9, SK11, SK12, SK13, SK16 olmak üzere 7 bölge bulunmaktadır. Bu bölgelerde toplam 191 tane kazık mevcuttur. Bölgelerde zemin profili genellikle katı kil, çok katı kil ve sert kil formasyonudur.

Kazıklarda değerlendirme yapılırken çap olarak %3'den büyük oranda daralma görülen kazıklar daralma tipi, %3'den büyük oranda genişleme görülen kazıklar ise genişleme tipi kazık olarak değerlendirilmiştir. Çap olarak %10'dan büyük oranda daralma görülen kazıklarda kazığın yapısal performansını etkileyeceği için kusurlu kazık olarak kabul edilmiştir.

- 191 tane kazığın 186'sında kesitte genişleme, 102'sinde daralma ve 97'sinde de hem genişleme hem daralma görülmüştür. 30 tane kazığında kusurlu olarak imal edildiği kabul edilmiştir.
- Toplam kazık sayısına göre genişleme olan kazıklar % 97, daralma olan kazıklar % 53 ve kusurlu olarak kabul edilen kazıklar % 16 oranındadır.
- Bunların % 11'i (0-5) m aralığında, % 14'ü (5-10) m aralığında, % 49'u ise (10-15) m aralığında daralma yapmıştır.
- Genişleme yapanlara göz atıldığında ise % 95'i (0-5) m aralığında, % 93'ü (5-10) m aralığında, % 38'i ise (10-15) m aralığında genişleme yapmıştır.

- (0-5) m aralığında en fazla daralma SK13 bölgesinde, (5-10) m aralığında en fazla daralma SK7 ve SK16 bölgesinde, (10-15) m aralığında ise en fazla daralma SK7 ve SK16 bölgesinde meydana gelmiştir.
- Kazık kesitindeki genişlemeler en fazla SK8 bölgesinde meydana gelmiştir.
- Kusurlu kazıklar (%10'dan büyük oranda daralma görülen) en fazla SK13 bölgesinde bulunmaktadır.
- Zemin profiline bakılıp bir değerlendirme yapıldığında kazık kesitindeki genişlemenin genelde orta katı kil ve çok katı kil formasyonlarında görüldüğü belirlenmiştir.
- Kazık kesitindeki daralmalar değerlendirildiğinde ise genelde çok katı kil ve sert kil formasyonlarında daralmalar görüldüğü belirlenmiştir.
- Bu araştırmanın avantajları, süreklilik deneyi yapılmış kazıkların sinyal eşleme yardımı sürekliliğinin kontrol edilmesi, kusurlu kazıkların belirlenmesi, gerekirse kusurlu kazıklarda düzeltme önerilebilmesi ve böylece kazık imalat kalitesinin profesyonel bir yorumlama ile belirlenmesidir. Ayrıca sinyal eşleme kazık formunun derinlikle değişimini elde etmemizi sağlayan en popüler yöntemdir.
- Bu programın bir dezavantajı olarak, kazık taşıma gücü hakkında bir belirlemenin yapılamaması söylenebilir.
- Test edilen 191 kazıkta, kazık başlığının ilk 1-2 m'sinde daralma olduğu saptanmıştır. Bu fore (delme) kazık yöntemi ile yapılan imalatlarda sıkça rastlanan bir durumdur. Bu daralmanın, kazığın ilk 1-2 m'sinde kazık betonunun düşük mukavemet göstermesi nedeni ile meydana geldiği

düşünülebilir fakat mevcut verilerle kesin bir yargıya varılamaz. Bu da programın diğer bir dezavantajı olarak düşünülebilir.

Sonuç olarak bu program, süreklilik deneyi yapılmış kazıkların sinyal eşleme ile sürekliliğinin kontrol edilmesi ve kazık formunun derinlikle değişimini elde etmemizi sağlayan bir metottur. Kazıklarda kesit alanında meydana gelen değişimler temel alınarak süreksizlik tiplerinin belirlenmesini ve kazığın yapısal performansının değerlendirilmesini sağlar. Böylece kazık imalat kalitesinin profesyonel bir yorumlama ile belirlenmesi sağlanır. Farklı zemin koşullarında farklı derinliklerde benzer çalışmalar yapılarak kazık performansı değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- ASTM D-5882**, 1995. Standart test method for low strain integrity testing, *American Society for Testing and Materials*, USA.
- Bowles, J.E.**, 1988. Foundation Analysis and Design, McGraw-Hill Book Company, USA.
- Carino, N.J.**, 1999. Stress wave propagation methods, National Institute of Standards and Technology, USA.
- Chow, Y.K., Phoon, K.K. et al.**, 2003. Low strain integrity testing of piles, Three dimensional effects, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 129, No. 11, November 1, 2003.
- Coduto, D.P.**, 1994. Foundation Design Principles and Practices, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Das, B.M.**, 1990. Principles of Foundation Engineering, PWS-KENT Publishing Company, Boston.
- Düzceer, İ.R.**, 2002. Kazık Yükleme Deneyleri İle Nihai Kazık Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fleming, W.G.K.**, 1992. Piling Engineerin 2nd Edition, E & FN Spon, An Imprint of Routledge, London and New York.
- Köseoğlu, S.**, 1971. Pratik Sayısal Örneklerle Temeller Statik ve Betonarme Hesapları, Özarkadaş Matbaası, İstanbul.

Kumbasar, V. ve Kip, F., 1977. Zemin Mekaniği Problemleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.

Mohamad, H.H. and George, G.G., 1999. A brief history of the application of the stress wave theory to piles, USA.

SITWAVE, 1995. Sitwave - Sit Simulation and Signal Matching Version 7.3, TNO, Profound, Treubstraat 1j, 2288 EG Rijswijk, The Netherlands.

Şenol, A., 1991. Kazıklarda Negatif Çevre Sürtünmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TNO Building and Construction Research, 1997. Foundation Pile Diagnostic System, Sonic Integrity Testing User's Guide, The Netherlands.

Toğrol, E., 1970. Kazıklı Temeller, Temel Araştırma A.Ş. Yayınları, İstanbul.

Toğrol, E. ve Tan O., 2003. Kazıklı Temeller, Temel Araştırma A.Ş. Yayınları, İstanbul.

Tomlinson, 1977. Pile Design and Construction Practice, A Viewpoint Publication, London.

TS-3169, 1978. Çakma kazıklar, tasarımı, yapımı ve uygulama kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Yıldırım, S., 2004. Zemin İncelemesi Temel Tasarımı, Birsan Yayınevi, İstanbul.

www.waterventures.net/pile-protection2.jpg

[www.griffithspile.com/Pictures/Pic-\(2\).jpg](http://www.griffithspile.com/Pictures/Pic-(2).jpg)

www.pileco.com/images/pictures/TUNKERS/Big-Pics/tu-4-pic.jpg

www.hbfleming.com/Graphics/design%201.jpg

www.aliai.lu/aliai/rt/rtfoto/rt19972/webb7x.gif

www.boyhan.com.tr/tr/h_vibrex2.htm

www.piru.alexandria.ucsb.edu/~tierney/lectures/trs-1_files/P-wave.jpg

www.piru.alexandria.ucsb.edu/~tierney/lectures/trs-1_files/S-wave.jpg

www.interactive2.usgs.gov/faq/list_faq_by_category/get_answer.asp?id=181

www.geo.mtu.edu/UPSeis/rayleigh_web.jpg

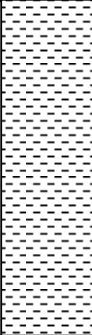
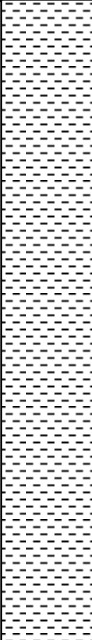
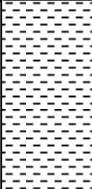
EKLER A

SONDAJ LOGU SK7																		
Derinlik	TCR		SCR		RQD		SPT				NUMUNE			Litoloji	AÇIKLAMALAR			
	%	Grf	%	Grf	%	Grf	1.15	2.15	3.15	N30	GRAFİK					NO	TÜRÜ	Tabaka Sınırları
											10	20	30	40				
0.50															0.30	Bitkisel Toprak		
1.00																KıTı KİL Sarımsı renli,aktarılmış,plastik		
1.50																		
2.00							3	5	8	13			1	D				
2.50																		
3.00																		
3.50							4	5	10	15			2	D				
4.00																Çok KıTı KİL Sarımsı gri renkli,parçalı,aktarılmış		
4.50																		
5.00																		
5.50																		
6.00							3	6	6	12			3	D				
6.50																Çok kıTı KİL Yeşilimsi, sarı- gri renkli laminalı. parçalı		
7.00														7.00				
7.50																		
8.00																		
8.50							6	8	10	18			4	D				
9.00																Sert KİL Yeşilimsi gri renkli laminalı.		
9.50							4	8	10	18			5	D				
10.00																		
10.50							9	14	16	30			6	D				
11.00																		
11.50																		
12.00																		
12.50							7	12	15	27			7	D				
13.00																		
13.50							15	23	31	>50			8	D				
14.00																		
14.50																		
15.00							21	26	30/12	>50			9	D				

SONDAJ LOGU SK13

[illegible]

[illegible]

SONDAJ LOGU SK16																				
Derinlik	TCR		SCR		RQD		SPT					NUMUNE			Litoloji Logu	AÇIKLAMALAR				
	%	Grf	%	Grf	%	Grf	1.15	2.15	3.15	N30	GRAFİK						NO	TÜRÜ	Tabaka Sınırları	
											10	20	30	40						50
0.50																0.50		Bitkisel Toprak		
1.00																		Yumuşak - Orta Katı KİL Kahverengi,yoğun fisürlü,az çakıllı,plastik.		
1.50																				
2.00							1	2	2	4					1	D				
2.50																				
3.00																				
3.50							2	3	3	6						2	D			
4.00																4.00				
4.50																		Çok Katı KİL Sarımsı renkli,parçalı 7 - 8.50 arasında nispeten parçalı ve sert		
5.00							Shelby Numune					1	UD							
5.50							5	7	8	15					3	D				
6.00																				
6.50							6	12	16	28					4	D				
7.00																				
7.50																				
8.00							8	14	20	34					5	D				
8.50																				
9.00																				
9.50							8	11	14	25					6	D				
10.00																				
10.50																				
11.00							7	13	14	27					7	D	11.00	Bu seviyede kayma izi mevcut		
11.50																				
12.00																				
12.50							12	13	15	28					8	D				
13.00																13.00				
13.50																		Sert KİL Gri renkli,orta plastisiteli.		
14.00							10	30	20/10	>50										
14.50																				
15.00							45	50		>50										

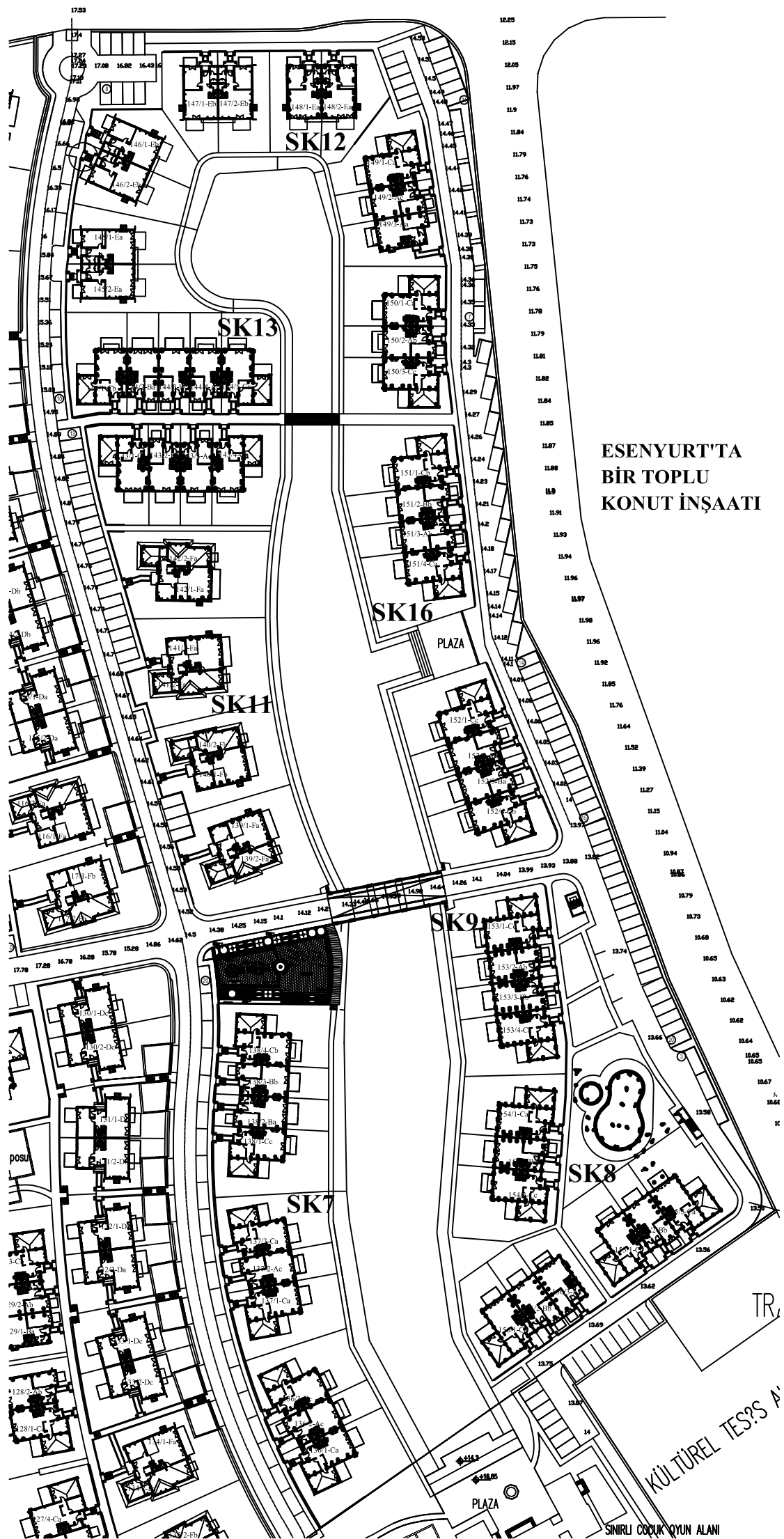
SONDAJ LOGU SK9

[illegible]

SONDAJ LOGU SK8

[illegible]

EKLER B





ESENİYURTTA
BİRTÖPLÜ
KONUT İNŞAATI

TRAFO

KÜLTÜR TESİS ALANI

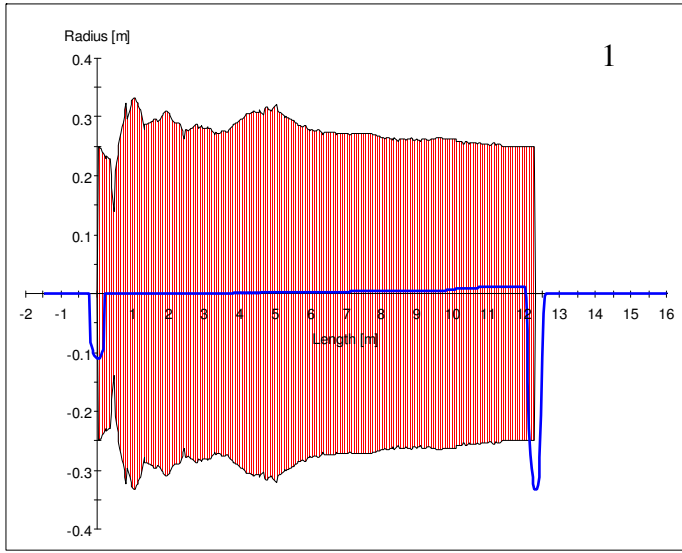
TICARET HÜZMET

TICARET

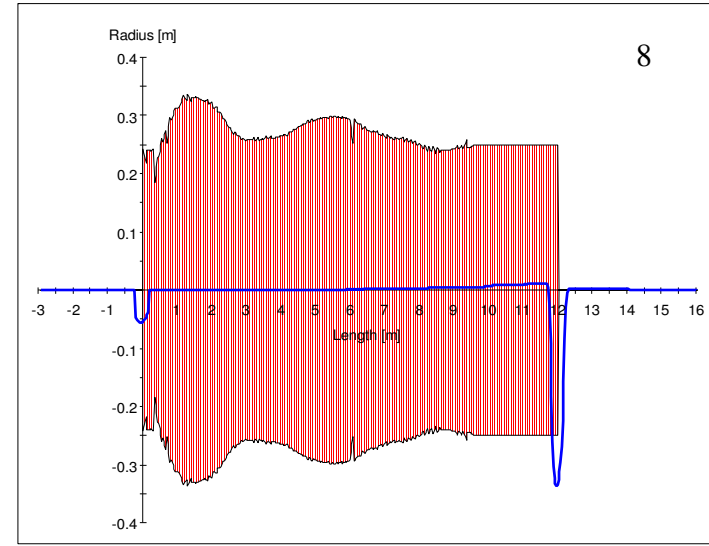
KÜLTÜR HÜZMET

PARK

EKLER C

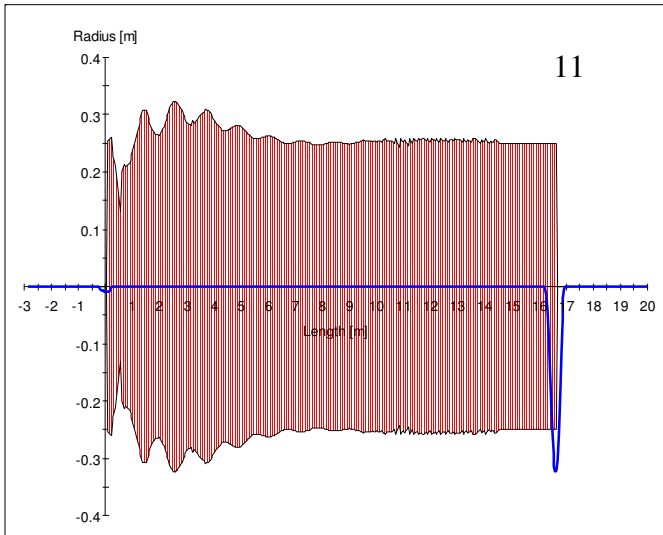


Radius and Velocity as function of Length

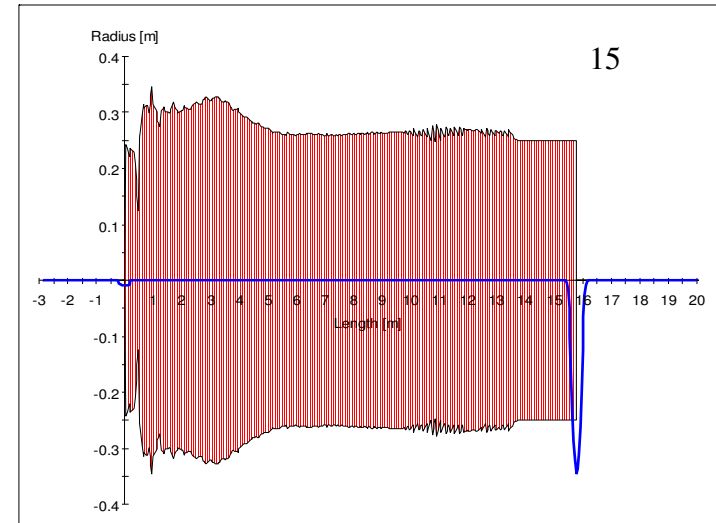


Radius and Velocity as function of Length

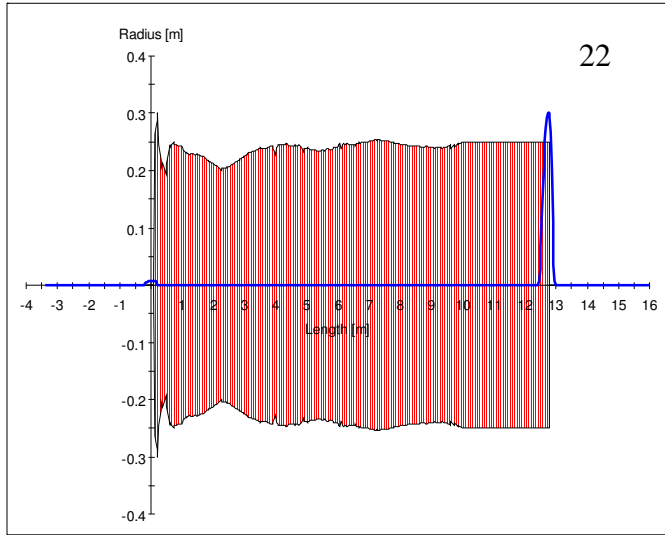
Şekil C1 : 136 nolu konuttaki 1,8,11,15 nolu kazıklar



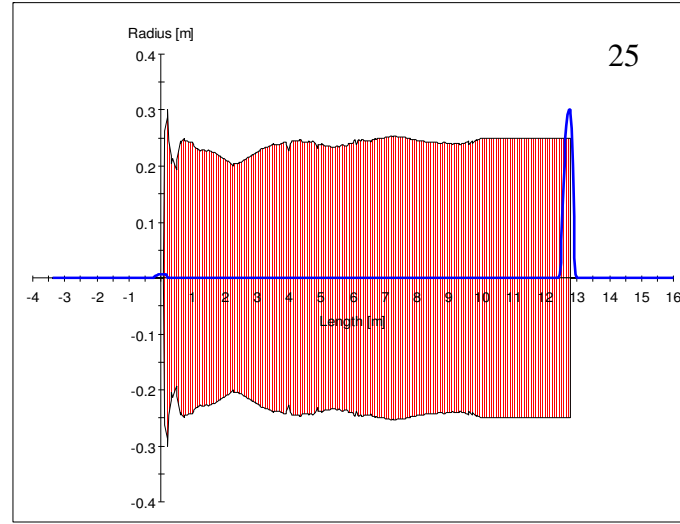
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

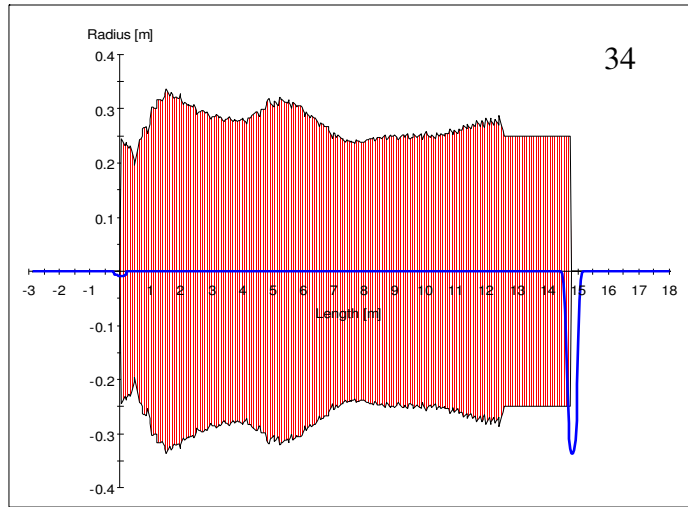


Radius and Velocity as function of Length

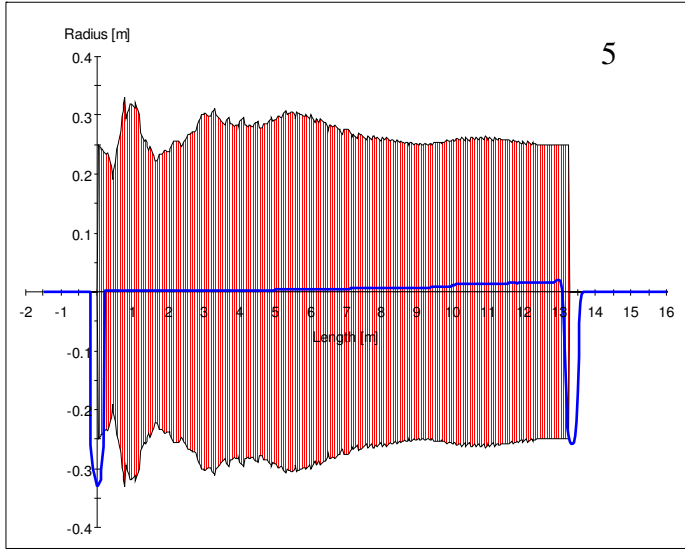


Radius and Velocity as function of Length

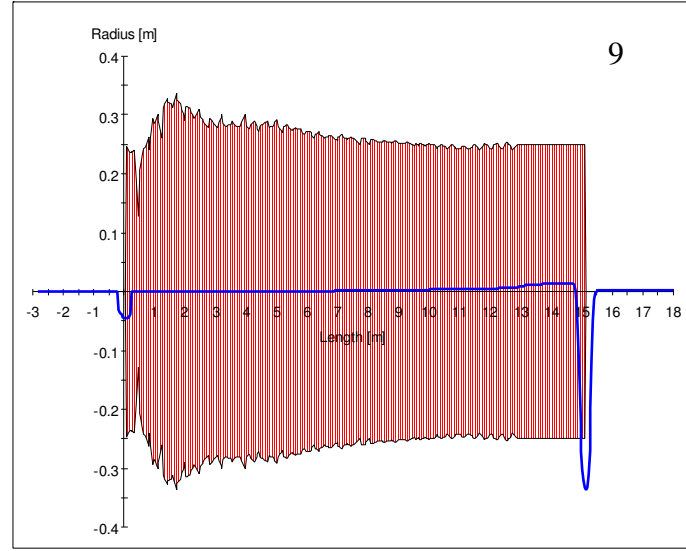
Şekil C2 : 136 nolu konuttaki 22,25,34 nolu kazıklar



Radius and Velocity as function of Length

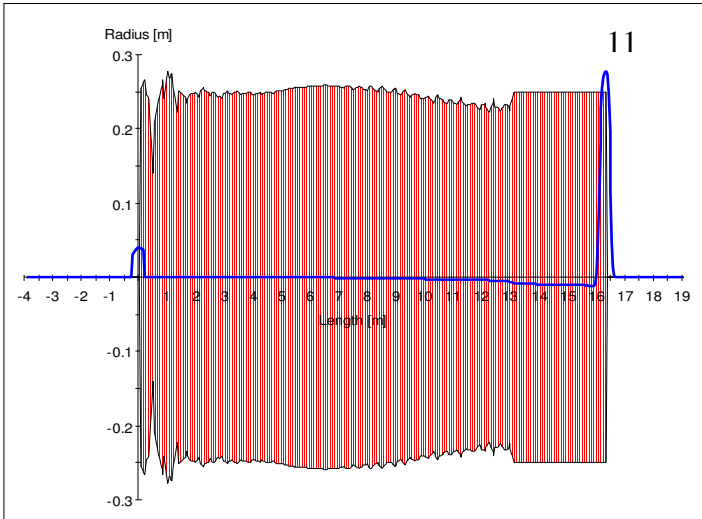


Radius and Velocity as function of Length

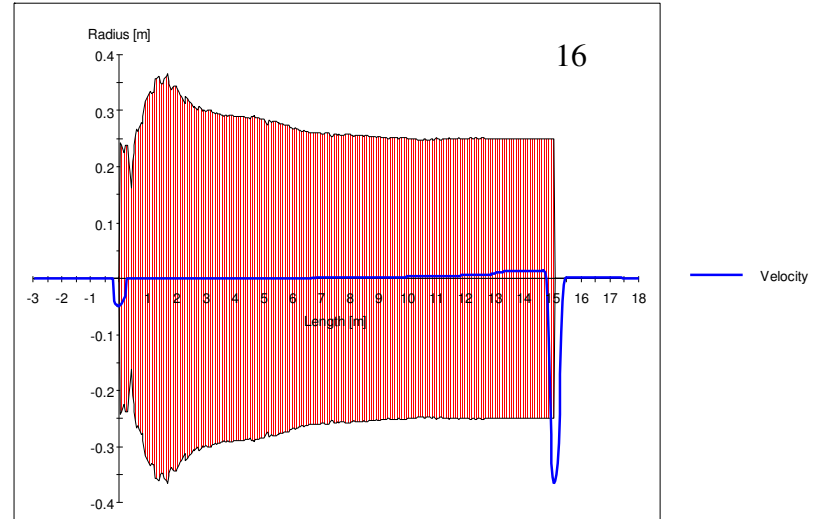


Radius and Velocity as function of Length

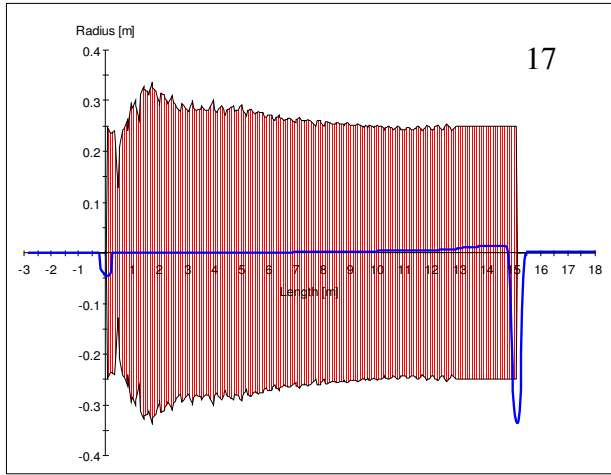
Şekil C3 : 137 nolu konuttaki 5,9,11,16 nolu kazıklar



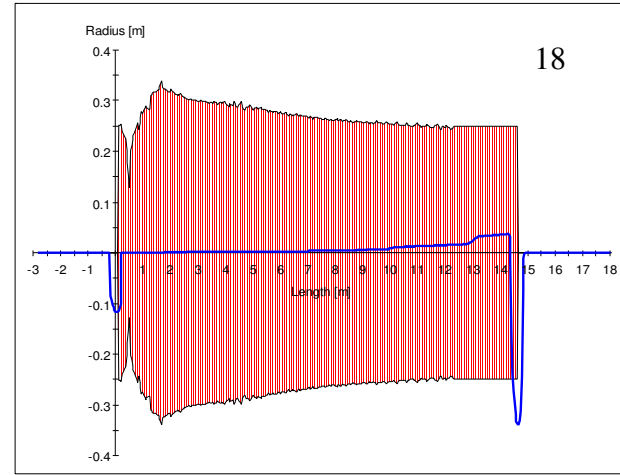
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

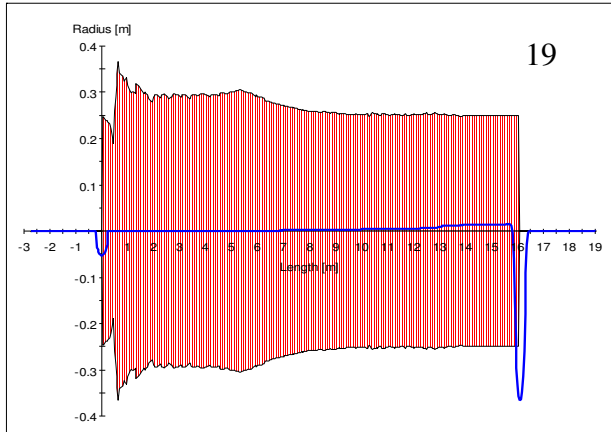


Radius and Velocity as function of Length

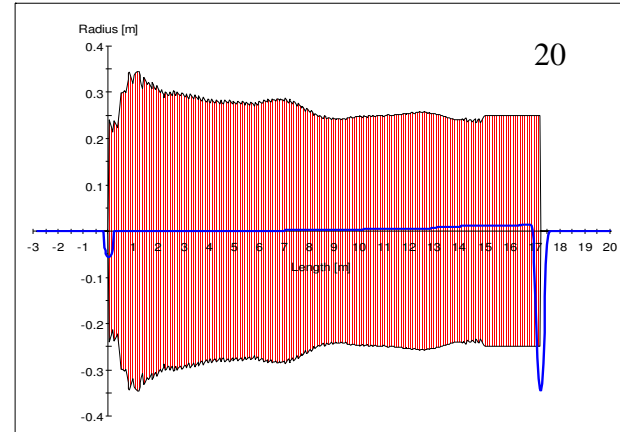


Radius and Velocity as function of Length

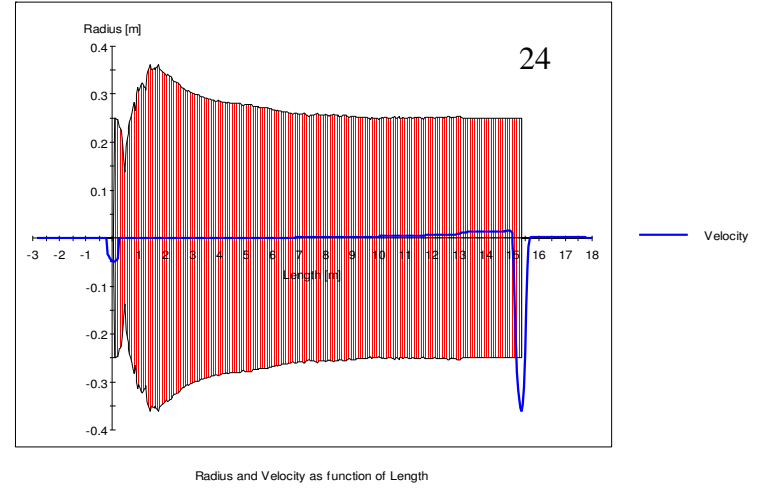
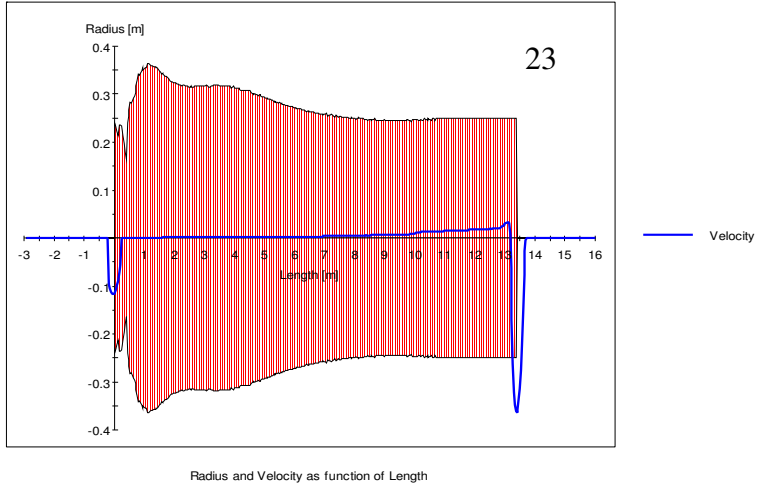
Şekil C4 : 137 nolu konuttaki 17,18,19,20 nolu kazıklar



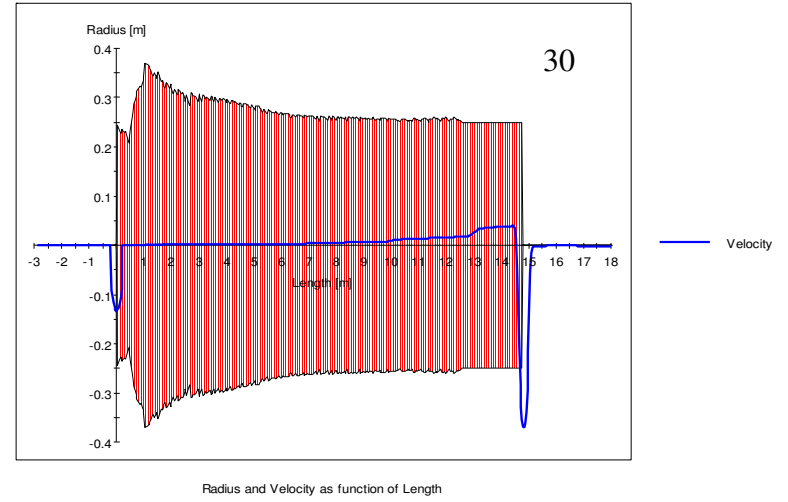
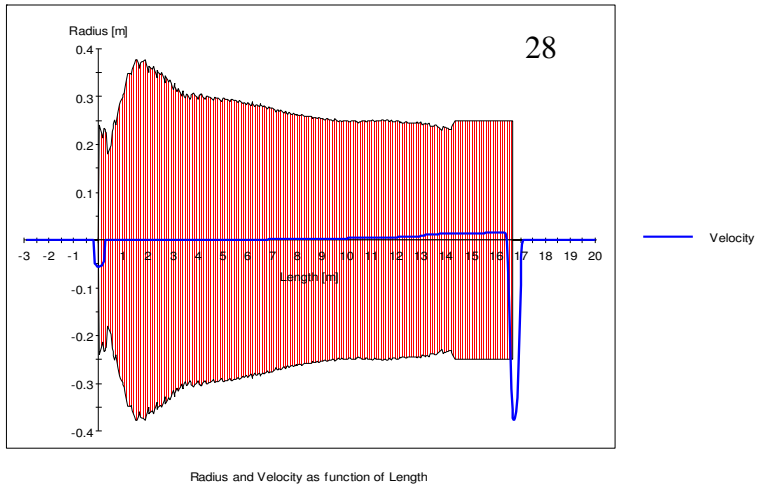
Radius and Velocity as function of Length

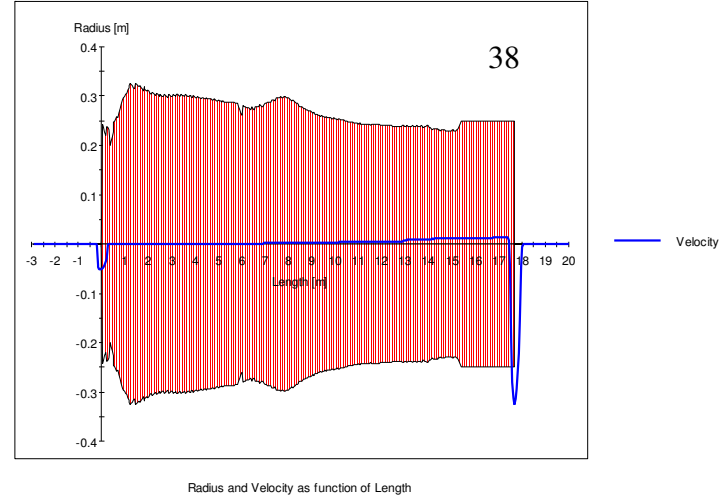
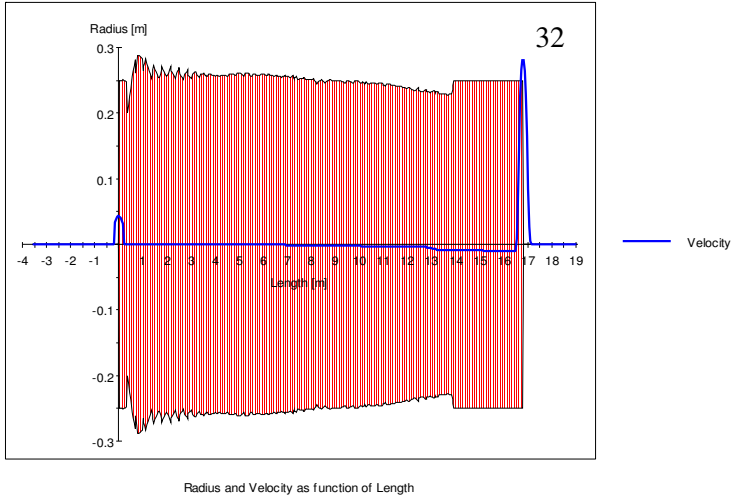


Radius and Velocity as function of Length

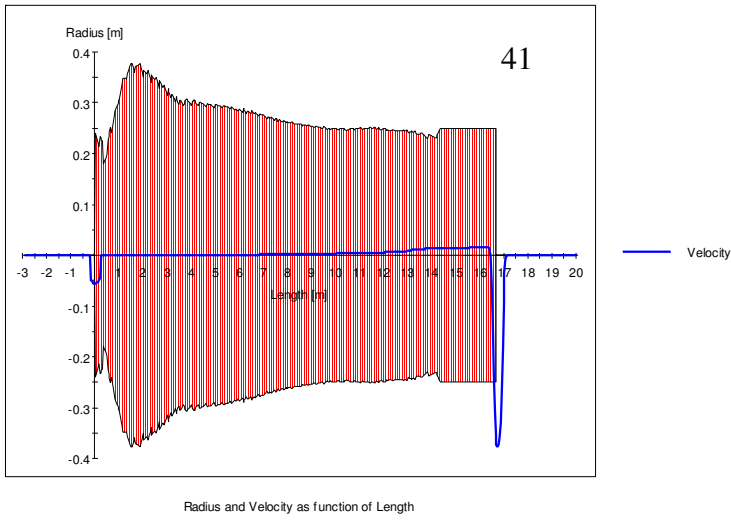


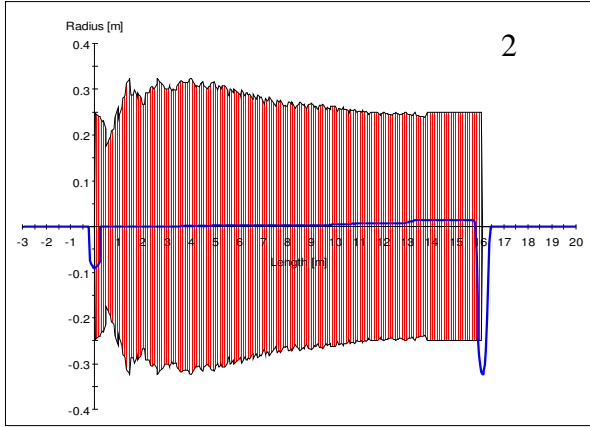
Şekil C5 : 137 nolu konuttaki 23,24,28,30 nolu kazıklar



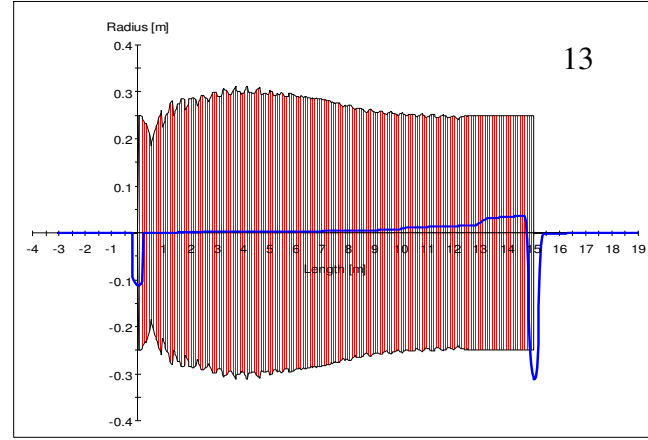


Şekil C6 : 137 nolu konuttaki 32,38,41 nolu kazıklar



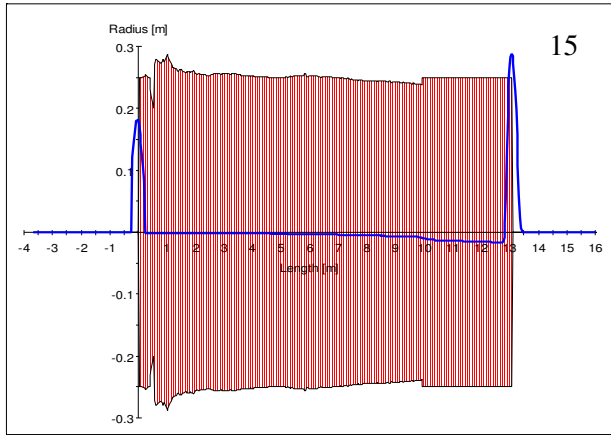


Radius and Velocity as function of Length

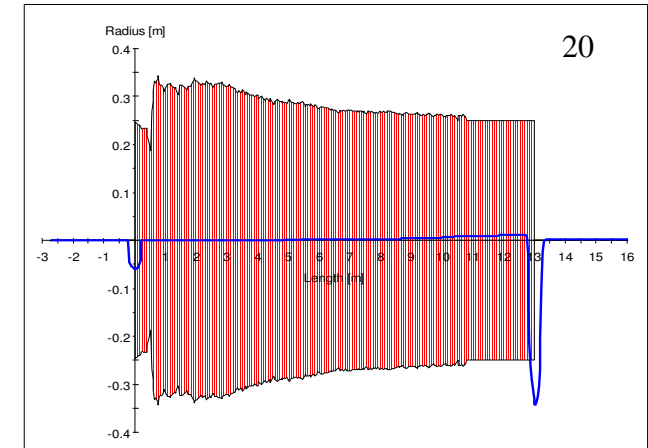


Radius and Velocity as function of Length

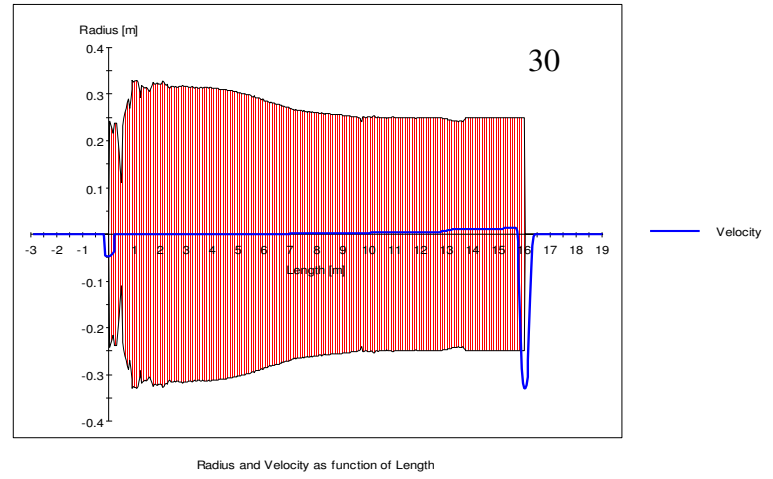
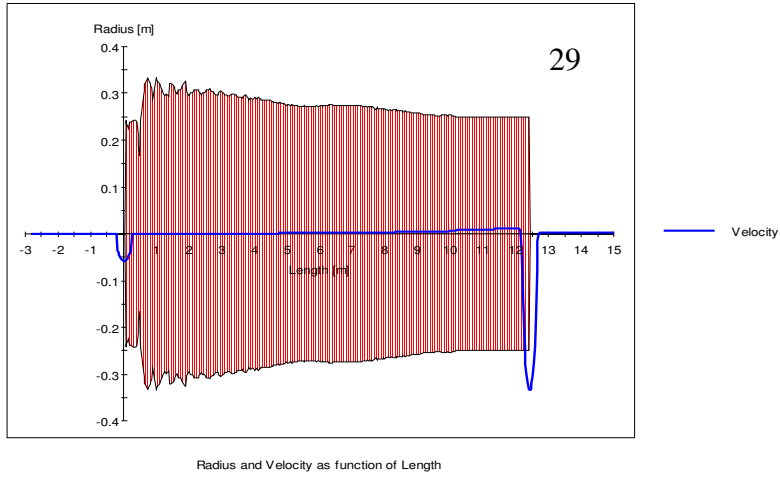
Şekil C7 : 138 nolu konuttaki 2,13,15,20 nolu kazıklar



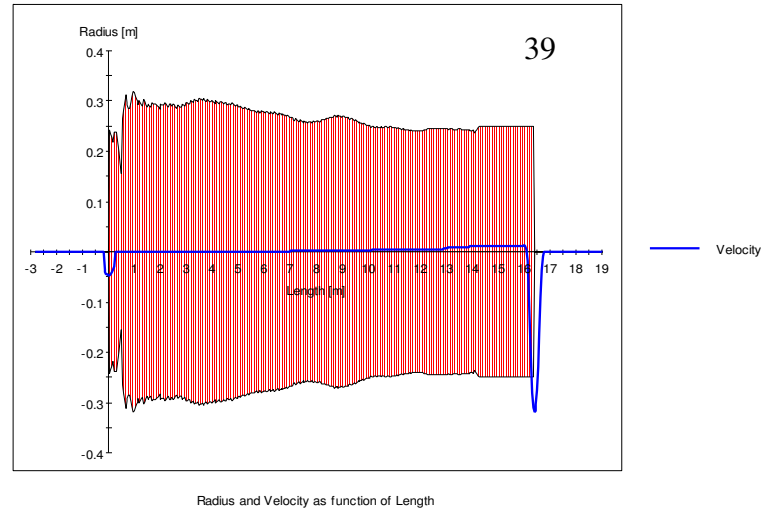
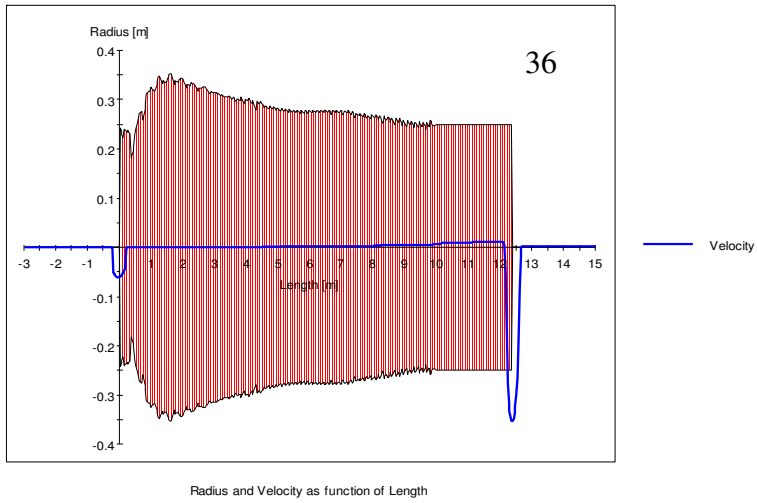
Radius and Velocity as function of Length

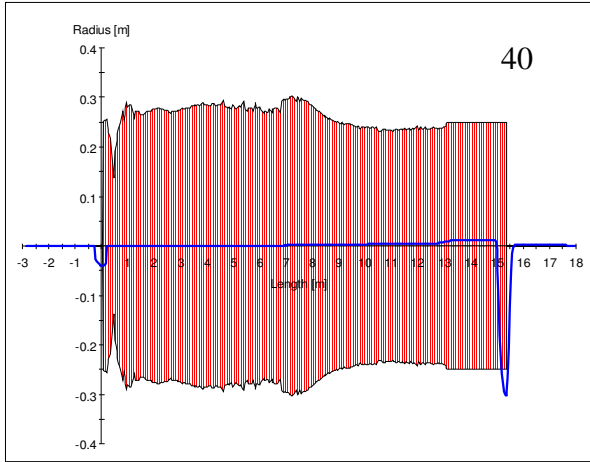


Radius and Velocity as function of Length

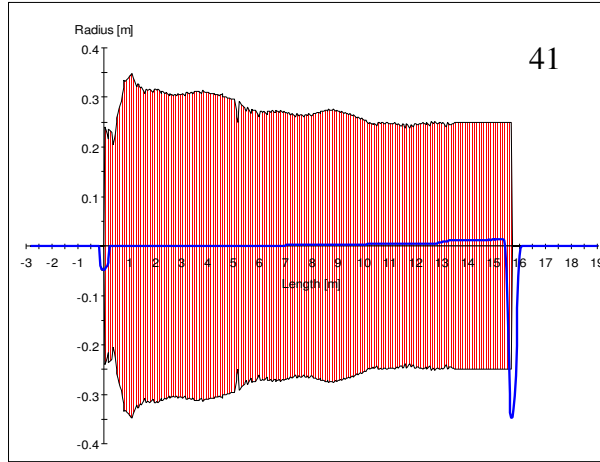


Şekil C8 : 138 nolu konuttaki 29,30,36,39 nolu kazıklar



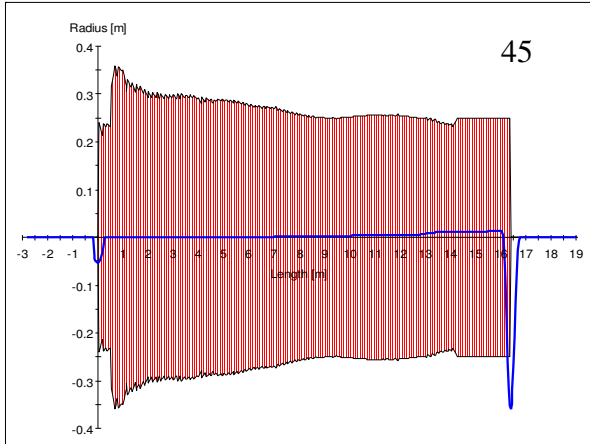


Radius and Velocity as function of Length

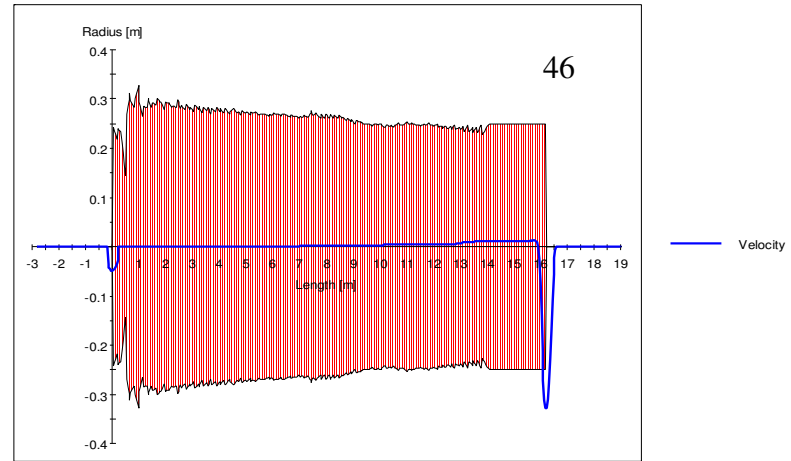


Radius and Velocity as function of Length

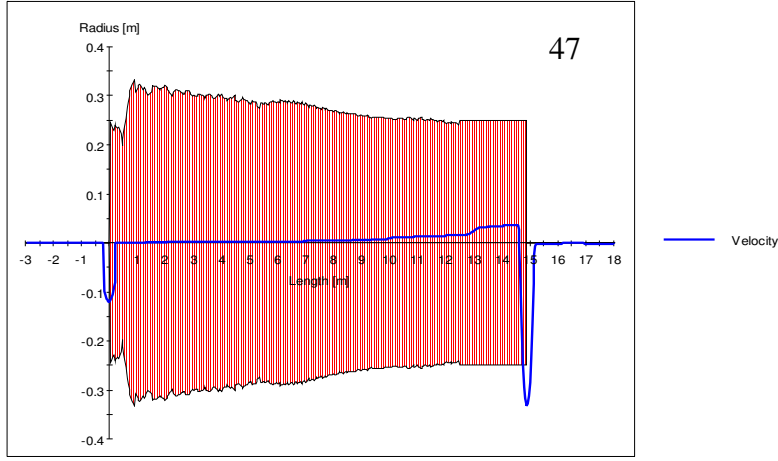
Şekil C9 : 138 nolu konuttaki 40,41,45,46 nolu kazıklar



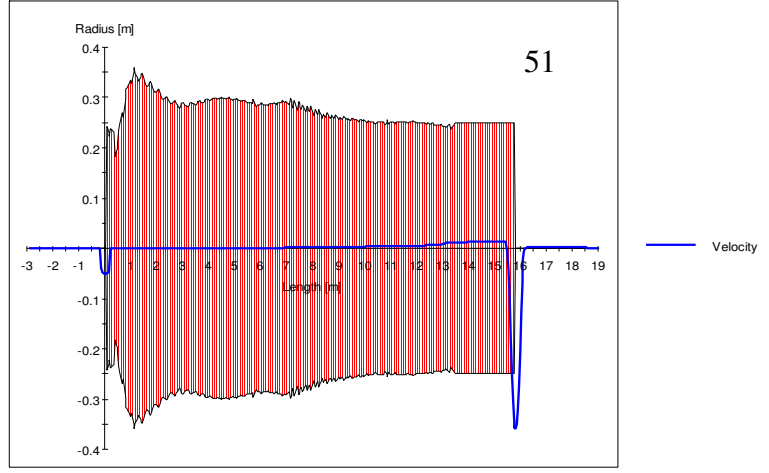
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

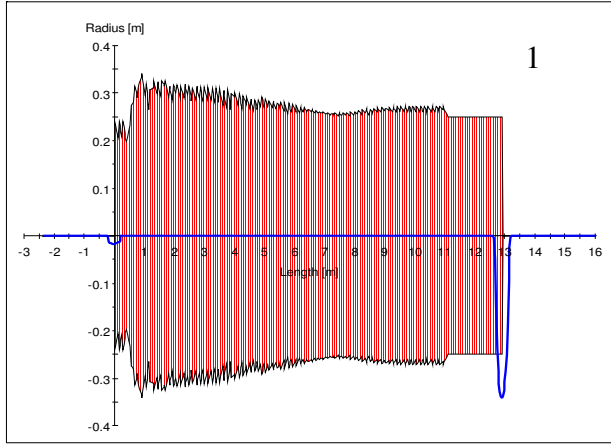


Radius and Velocity as function of Length



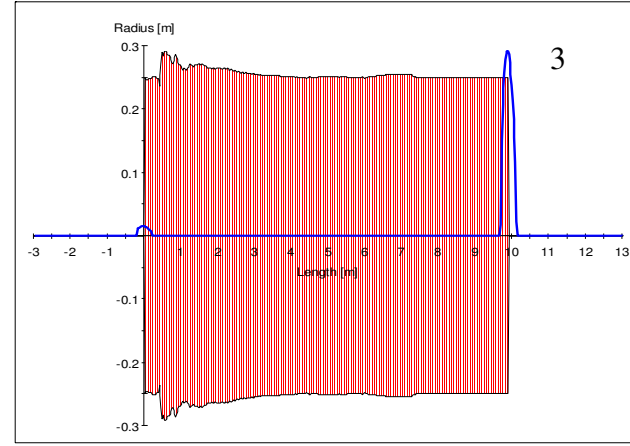
Radius and Velocity as function of Length

Şekil C10 : 138 nolu konuttaki 47,51 nolu kazıklar



Radius and Velocity as function of Length

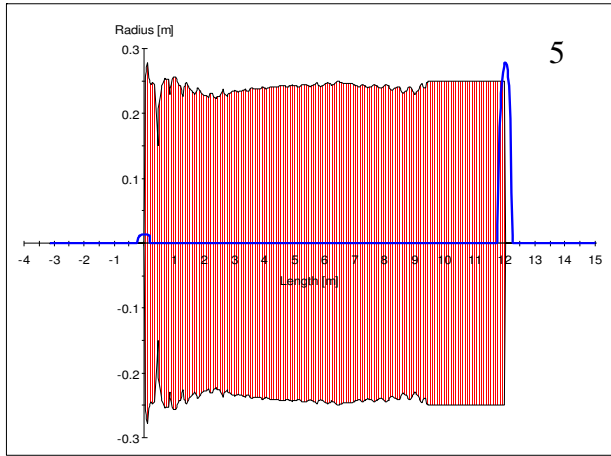
Velocity



Radius and Velocity as function of Length

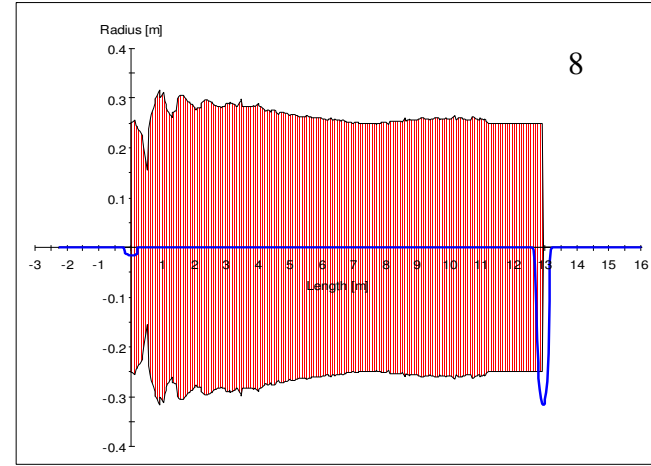
Velocity

Şekil C11 : 139 nolu konuttaki 1,3,5,8 nolu kazıklar



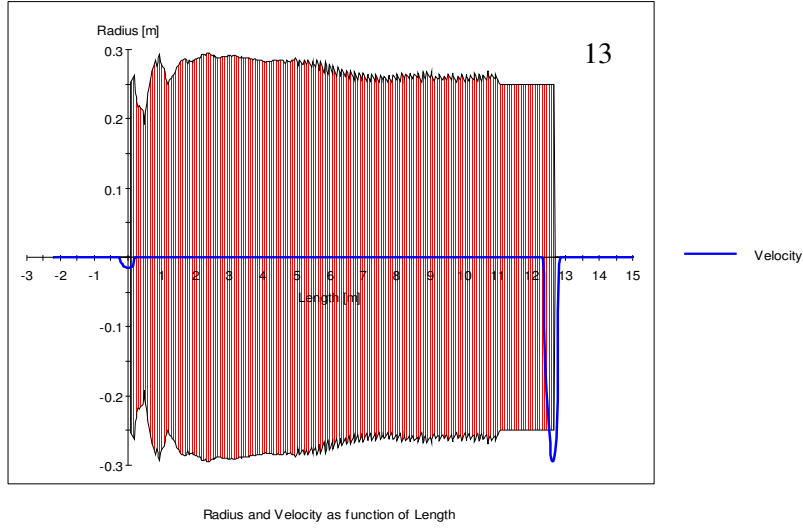
Radius and Velocity as function of Length

Velocity

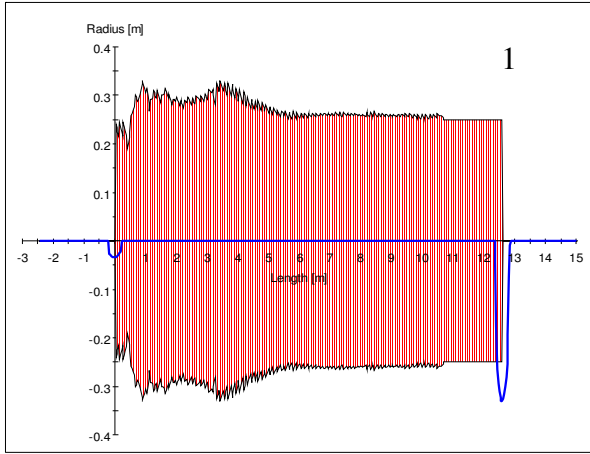


Radius and Velocity as function of Length

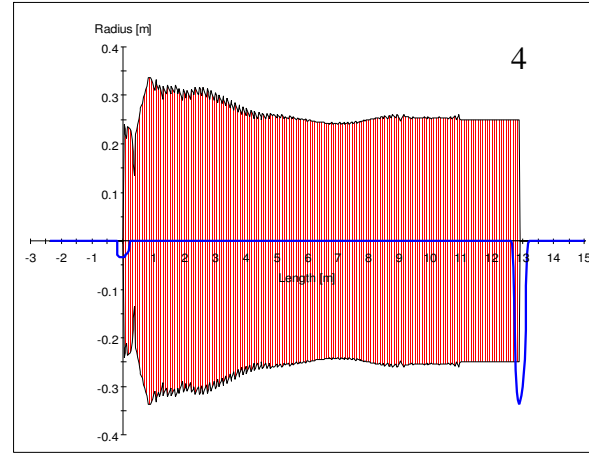
Velocity



Şekil C12 : 139 nolu konuttaki 13 nolu kazık

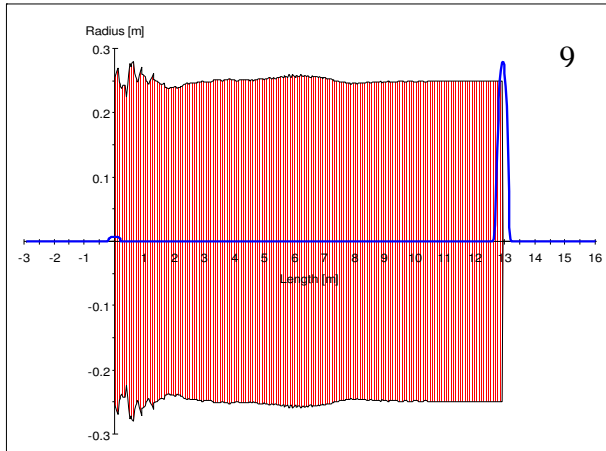


Radius and Velocity as function of Length

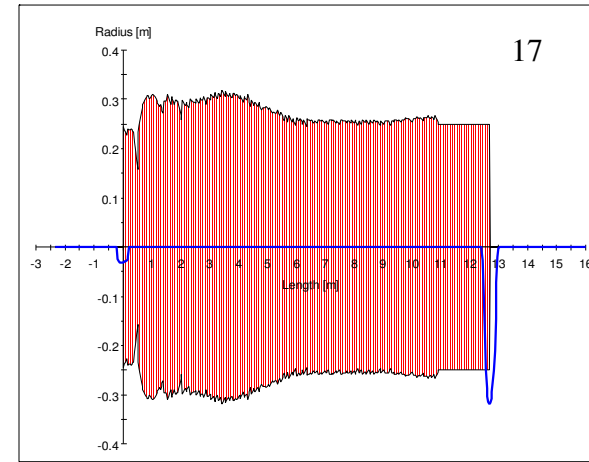


Radius and Velocity as function of Length

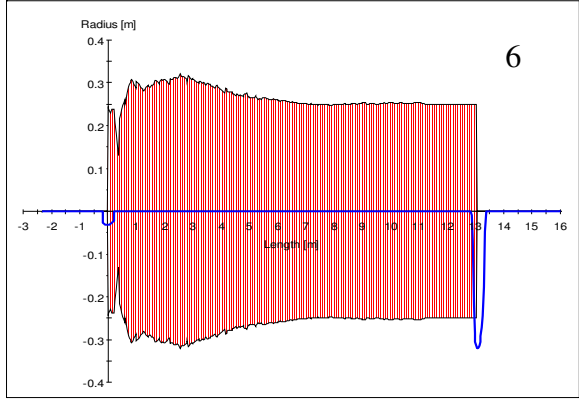
Şekil C13: 140 nolu konuttaki 1,4,9,17 nolu kazıklar



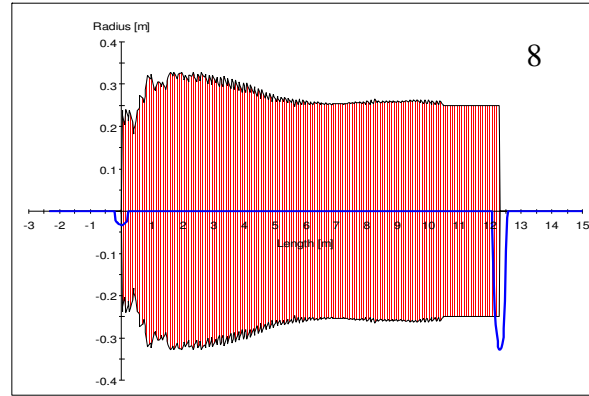
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

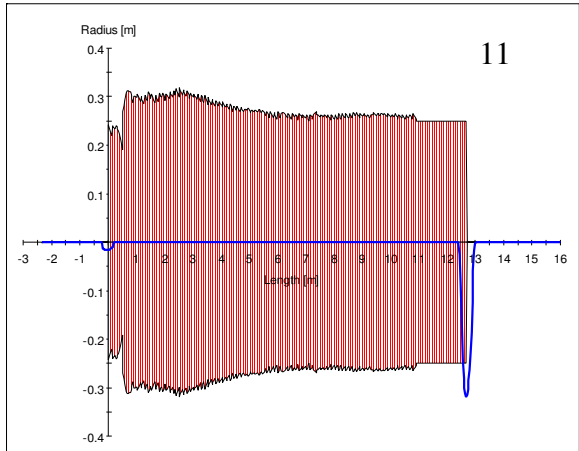


Radius and Velocity as function of Length

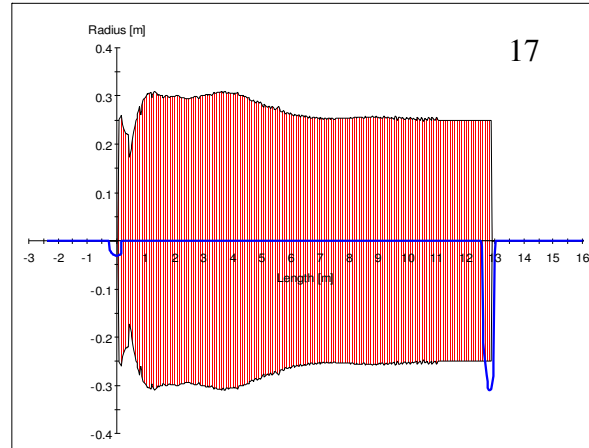


Radius and Velocity as function of Length

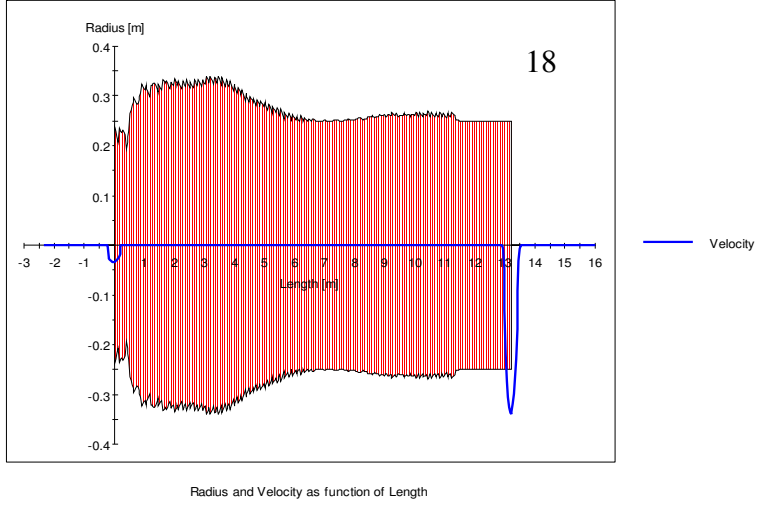
Şekil C14 : 141 nolu konuttaki 6,8,11,17 nolu kazıklar



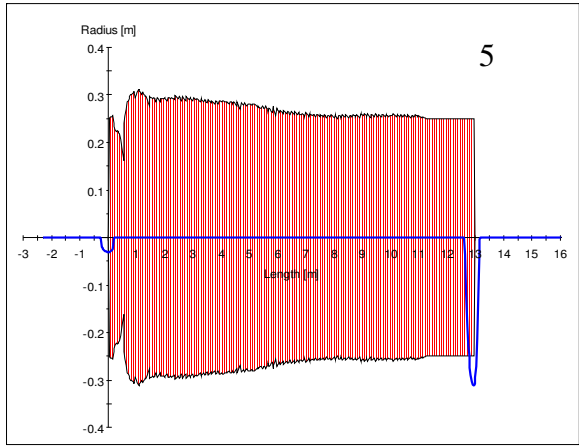
Radius and Velocity as function of Length



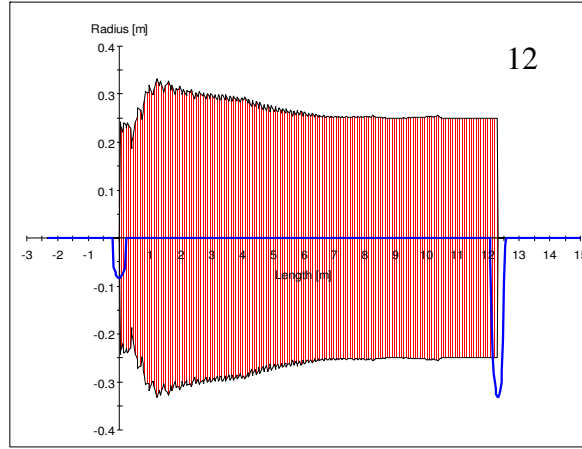
Radius and Velocity as function of Length



Şekil C15 : 141 nolu konuttaki 18 nolu kazık

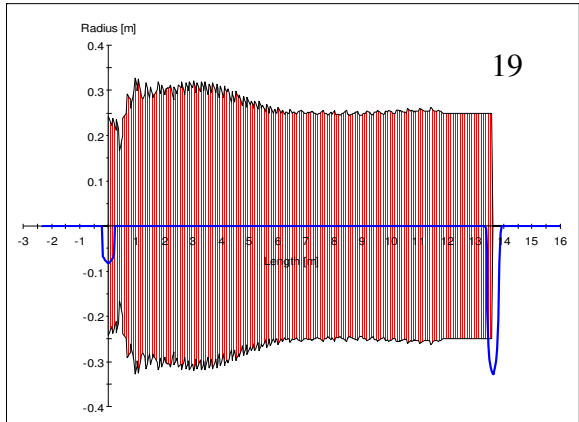


Radius and Velocity as function of Length

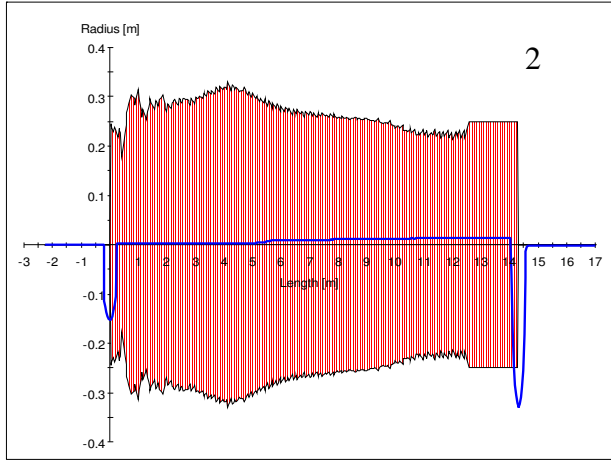


Radius and Velocity as function of Length

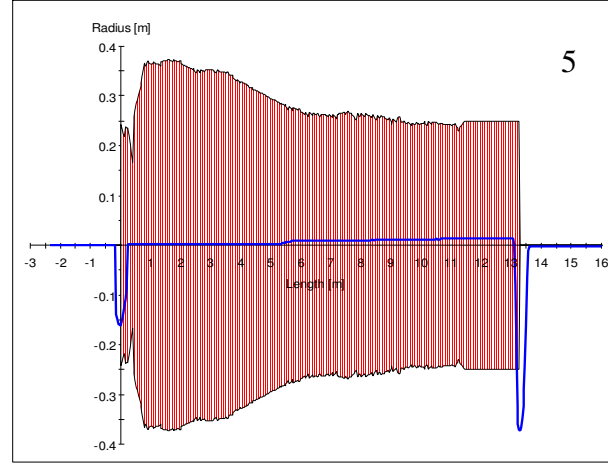
Şekil C16: 142 nolu konuttaki 5,12,19 nolu kazıklar



Radius and Velocity as function of Length

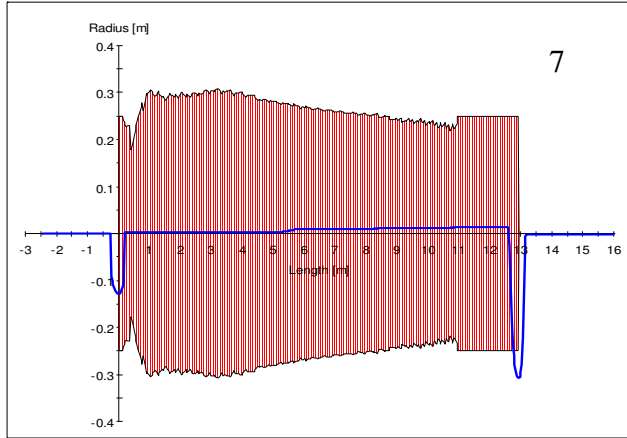


Radius and Velocity as function of Length

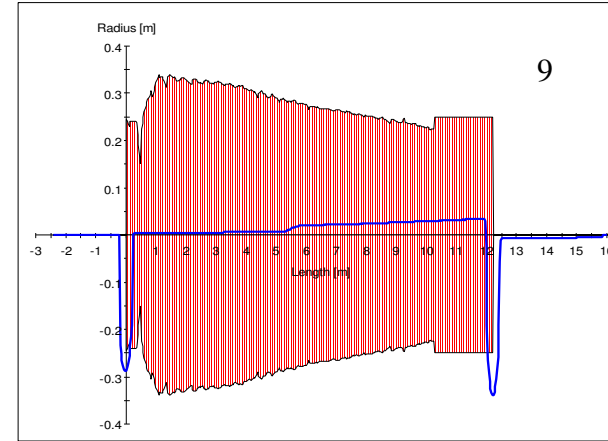


Radius and Velocity as function of Length

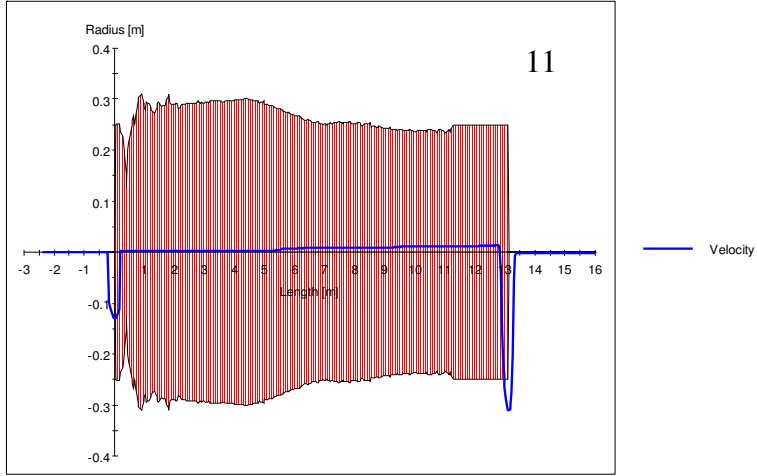
Şekil C17 : 143 nolu konuttaki 2,5,7,9 nolu kazıklar



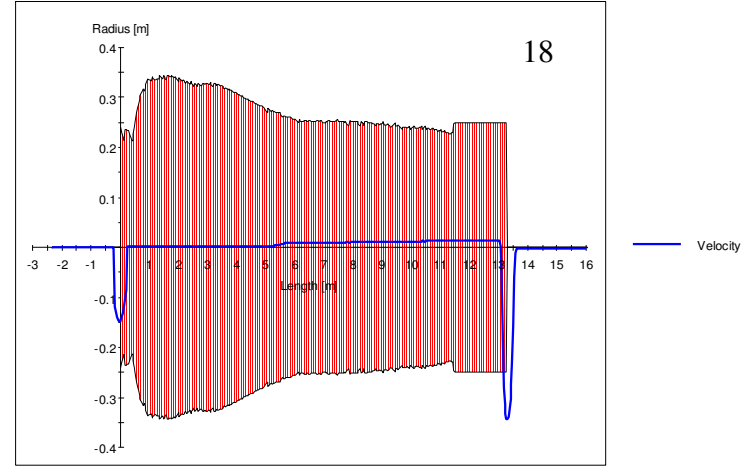
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

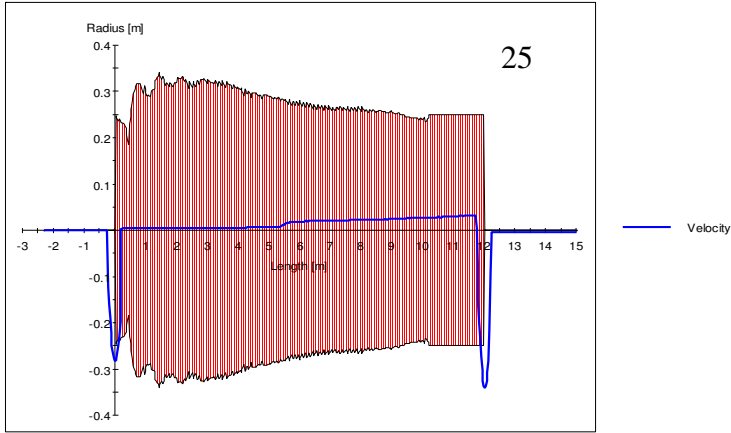


Radius and Velocity as function of Length

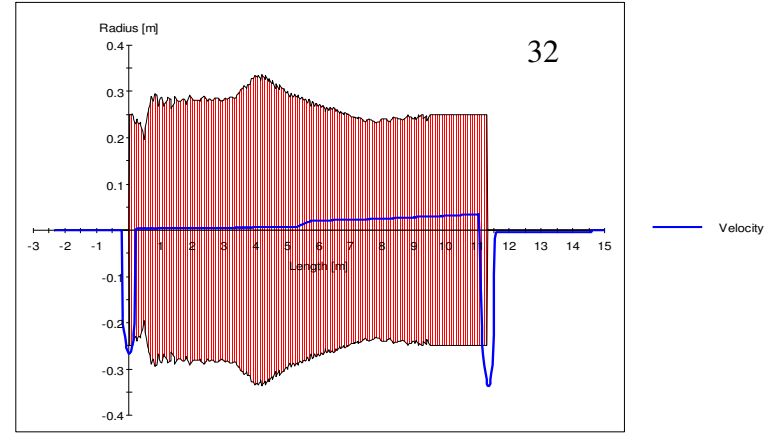


Radius and Velocity as function of Length

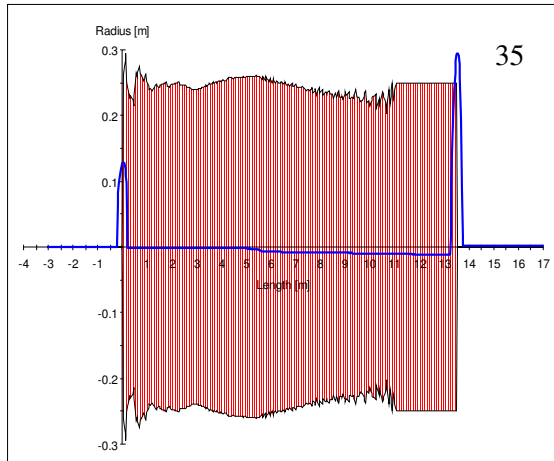
Şekil C18 : 143 nolu konuttaki 11,18,25,32 nolu kazıklar



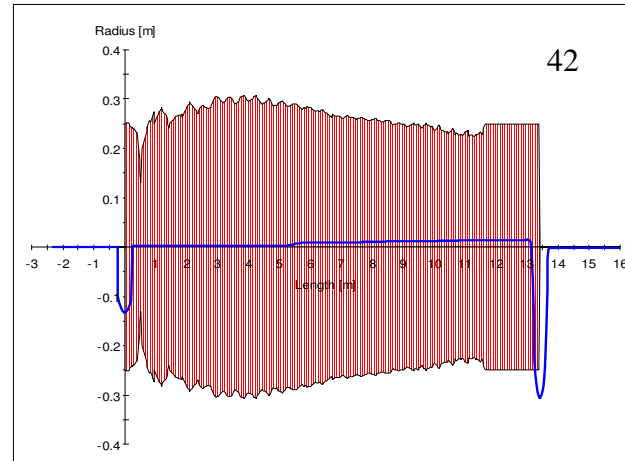
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

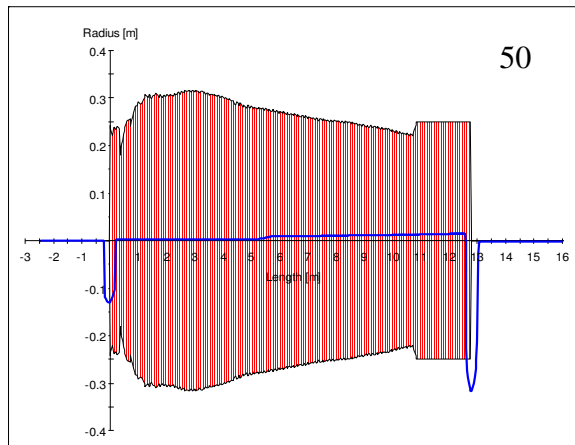


Radius and Velocity as function of Length

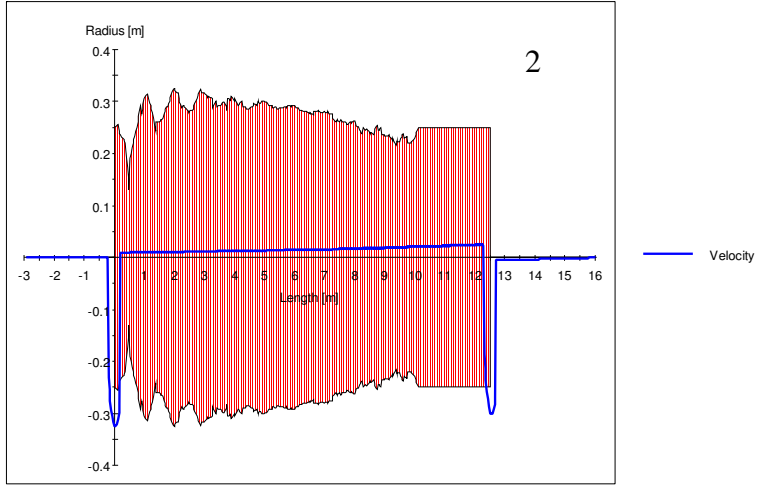


Radius and Velocity as function of Length

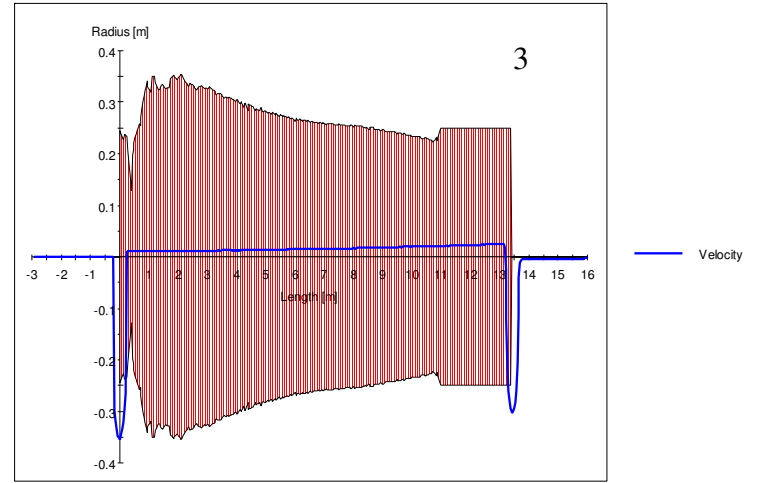
Şekil C19 : 143 nolu konuttaki 35,42,50 nolu kazıklar



Radius and Velocity as function of Length

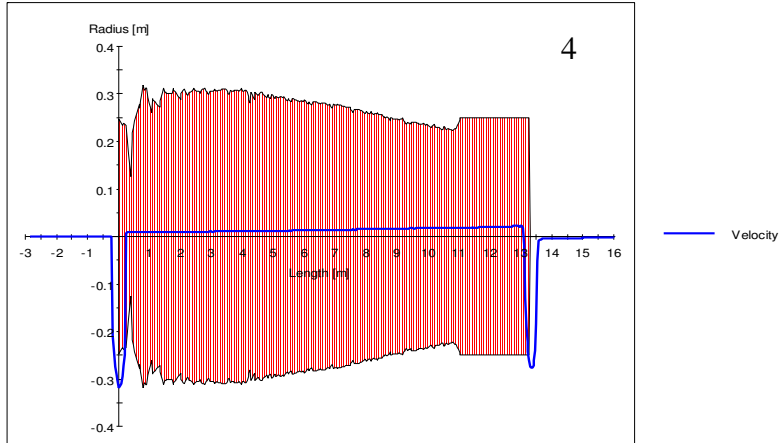


Radius and Velocity as function of Length

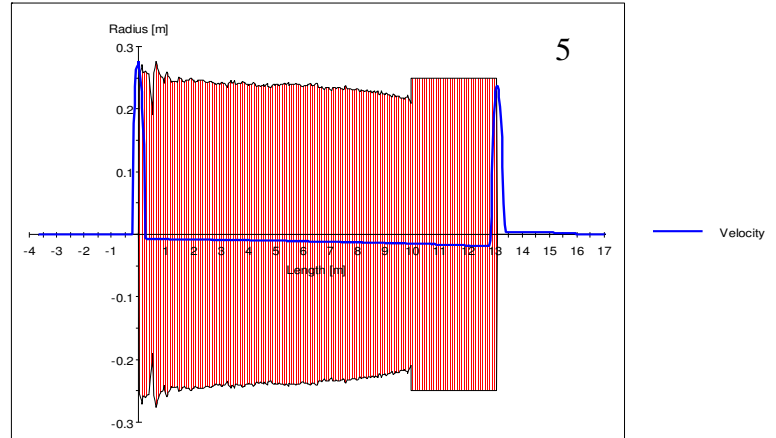


Radius and Velocity as function of Length

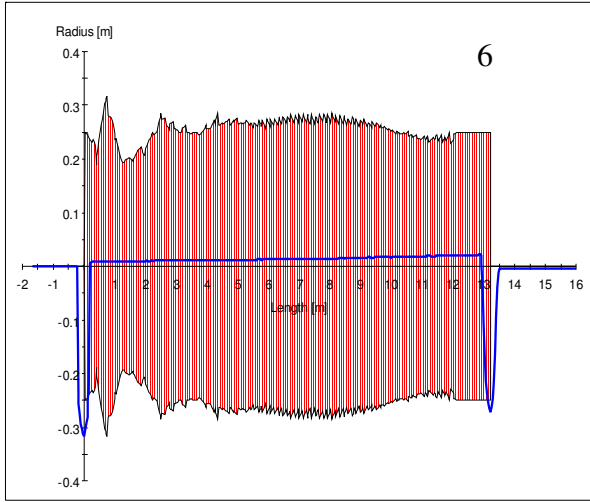
Şekil C20 : 144 nolu konuttaki 2,3,4,5 nolu kazıklar



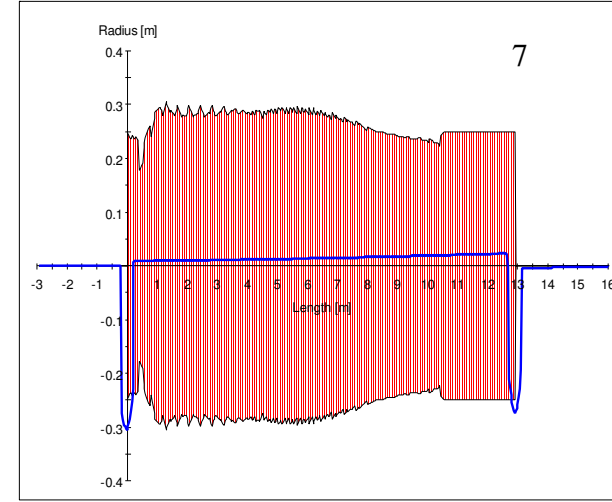
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

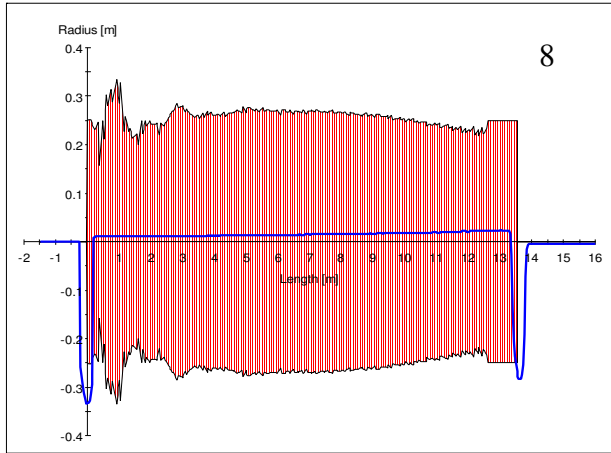


Radius and Velocity as function of Length

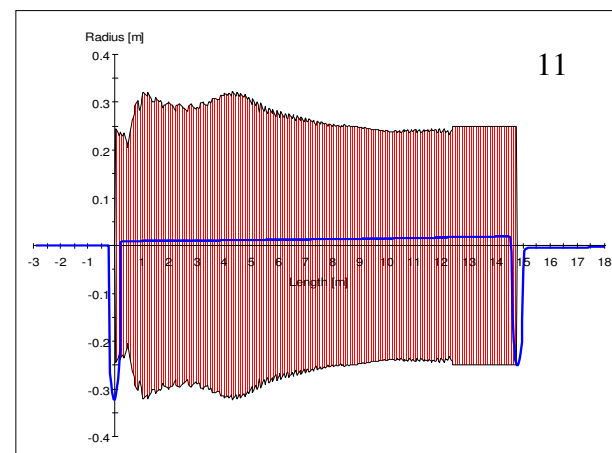


Radius and Velocity as function of Length

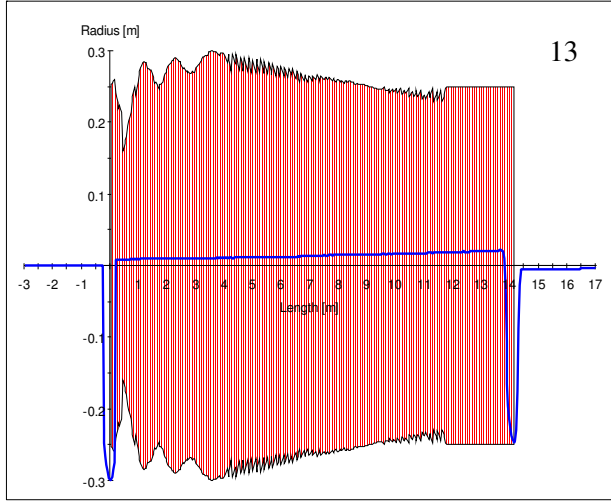
Şekil C21 : 144 nolu konuttaki 6,7,8,11 nolu kazıklar



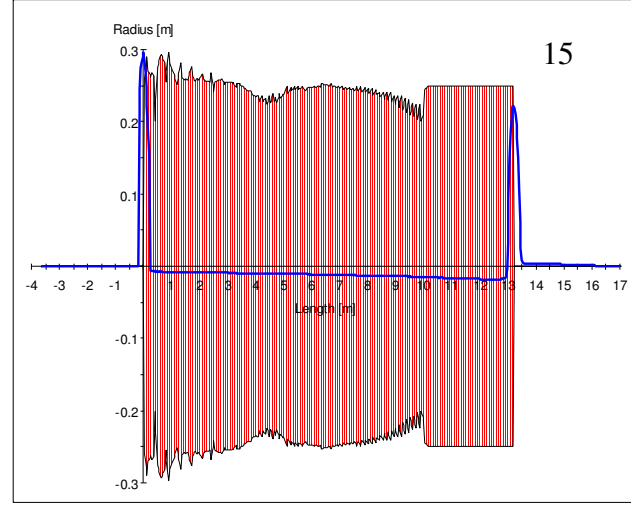
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

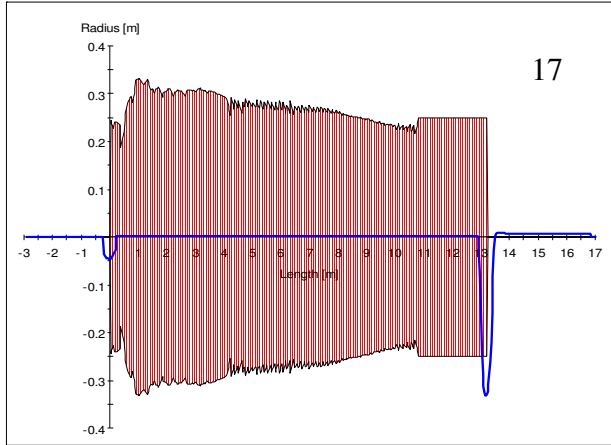


Radius and Velocity as function of Length

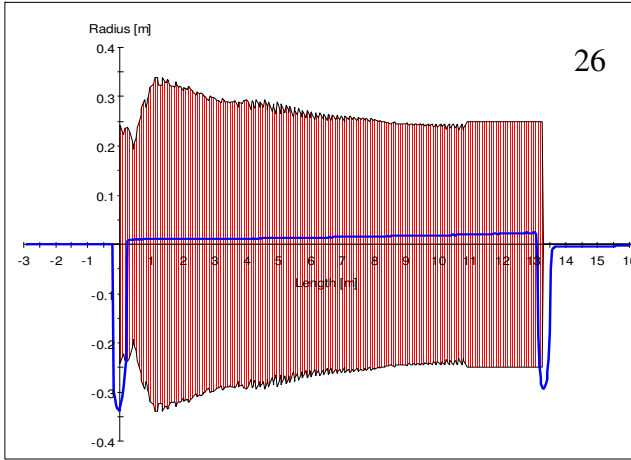


Radius and Velocity as function of Length

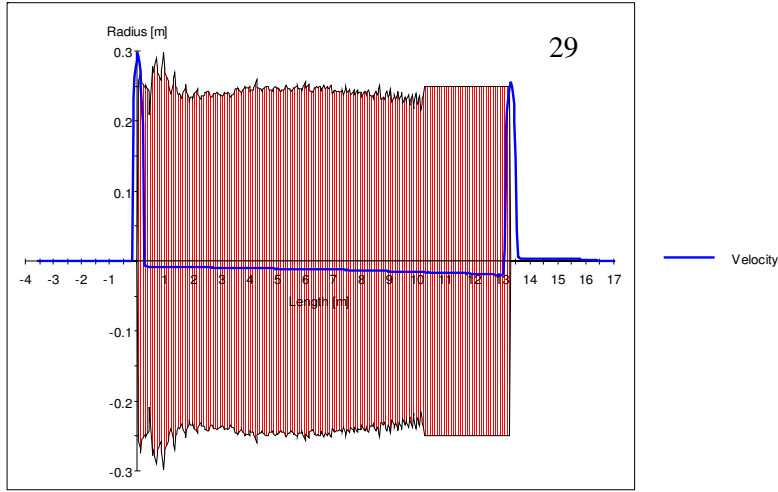
Şekil C22 : 144 nolu konuttaki 13,15,17,26 nolu kazıklar



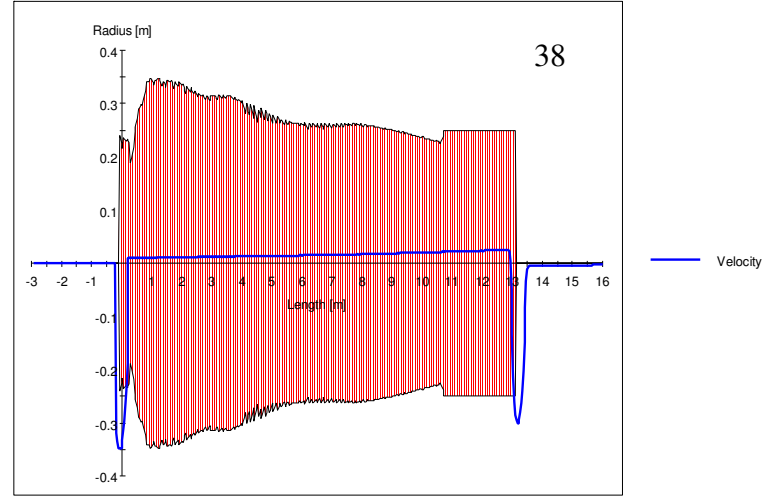
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

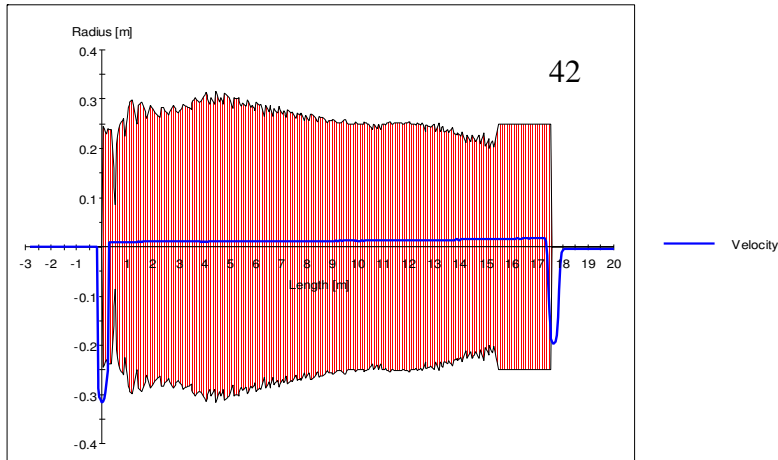


Radius and Velocity as function of Length

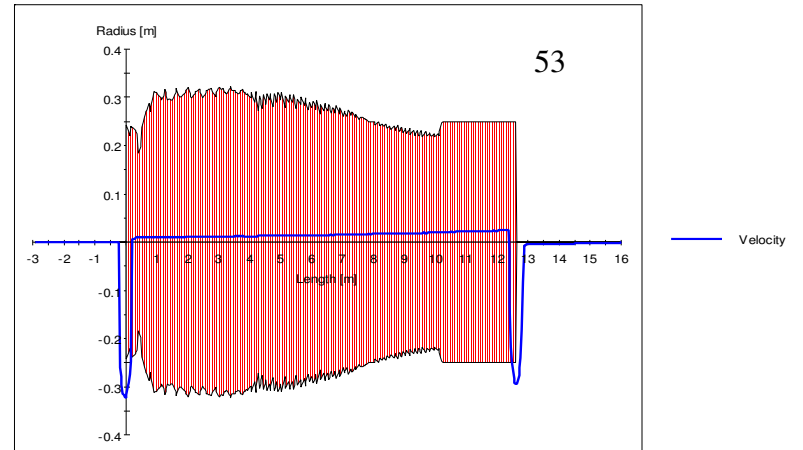


Radius and Velocity as function of Length

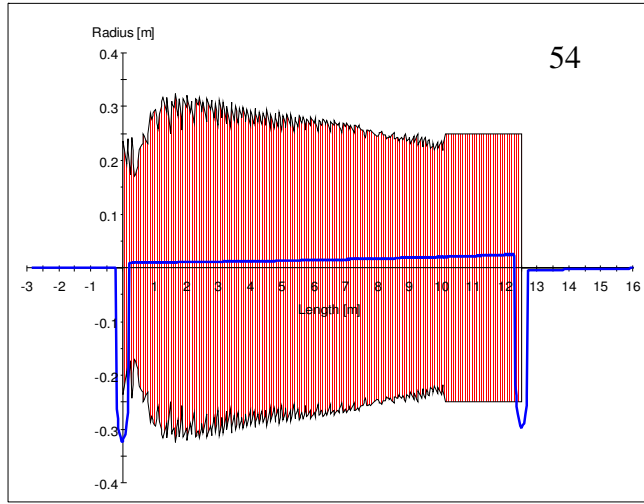
Şekil C23 : 144 nolu konuttaki 29,38,42,53 nolu kazıklar



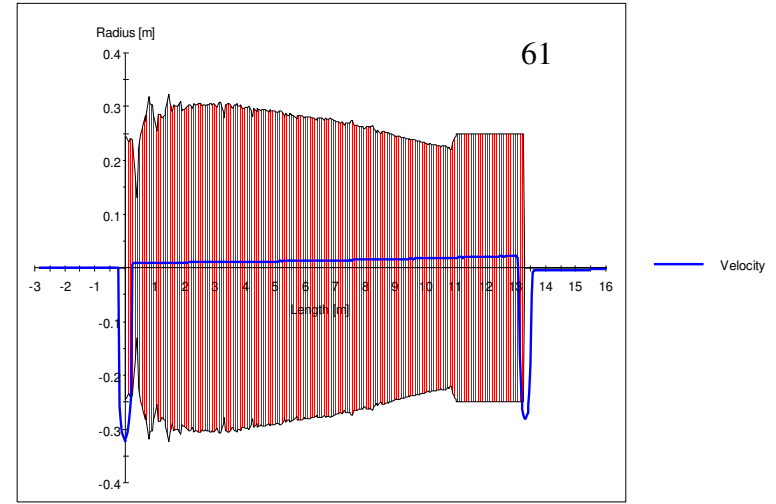
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

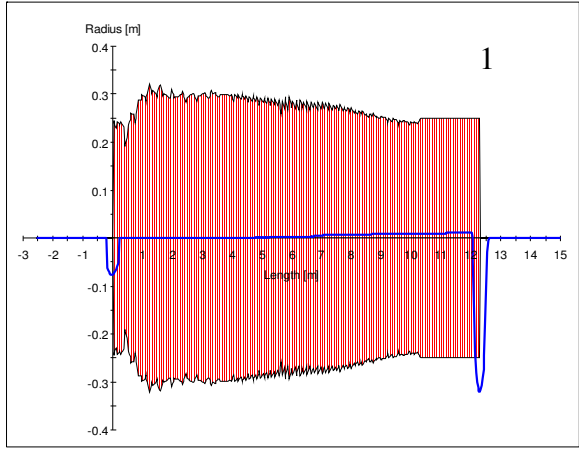


Radius and Velocity as function of Length

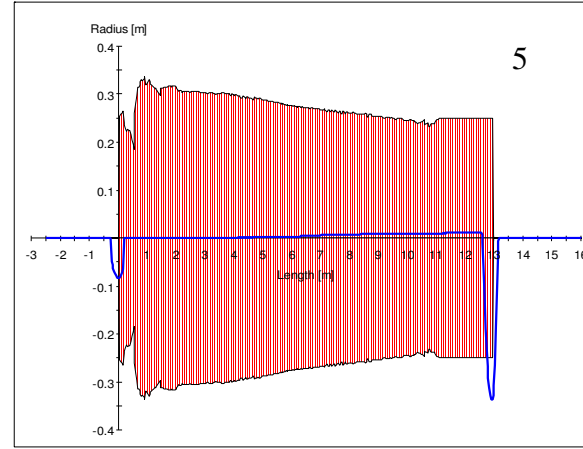


Radius and Velocity as function of Length

Şekil C24 : 144 nolu konuttaki 54,61 nolu kazıklar

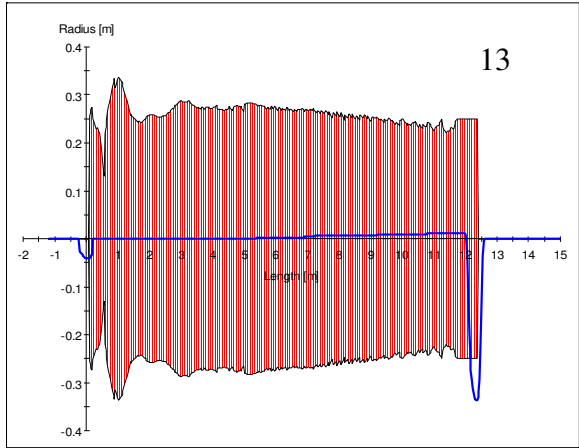


Radius and Velocity as function of Length

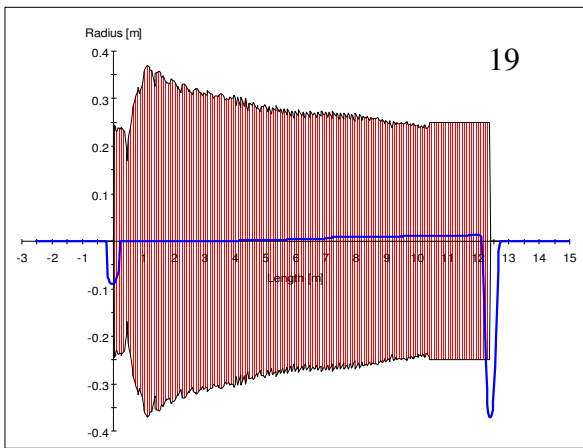


Radius and Velocity as function of Length

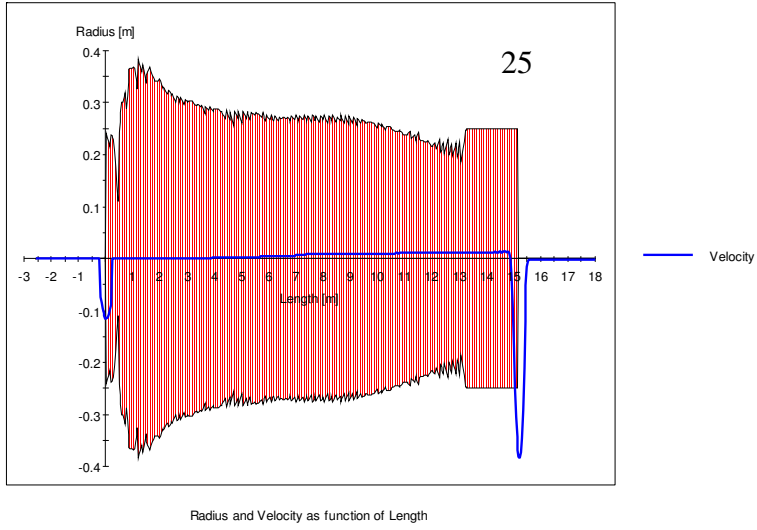
Şekil C25: 147 nolu konuttaki 1,5,13,19 nolu kazıklar



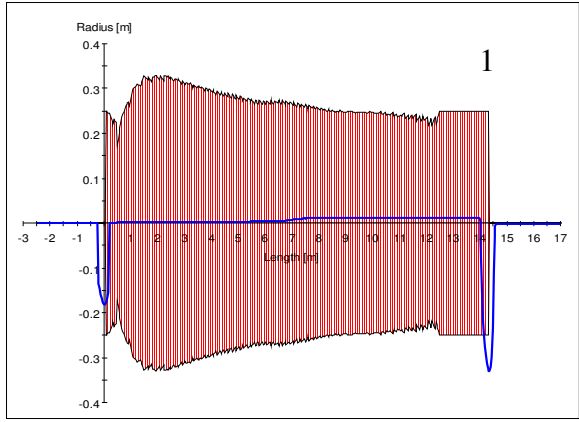
Radius and Velocity as function of Length



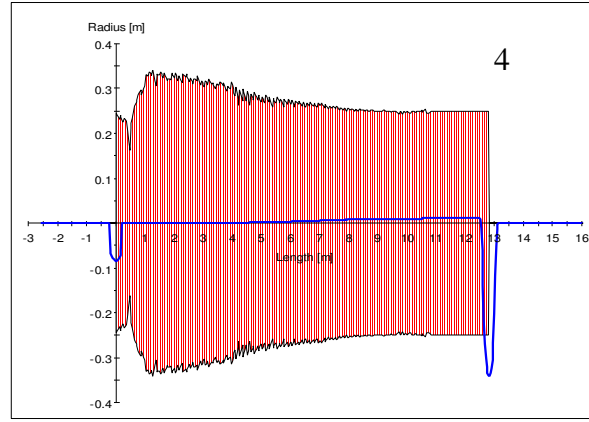
Radius and Velocity as function of Length



Şekil C26 : 147 nolu konuttaki 25 nolu kazık

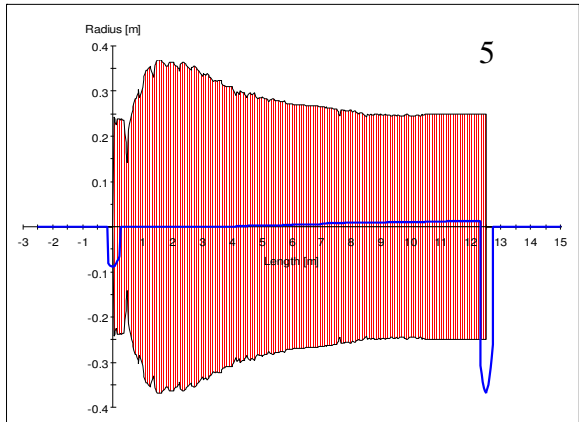


Radius and Velocity as function of Length

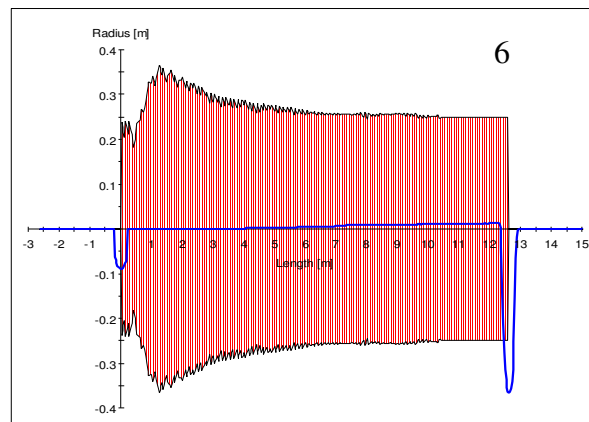


Radius and Velocity as function of Length

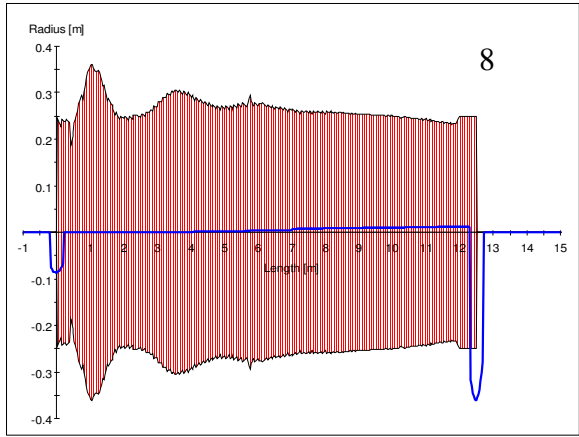
Şekil C27 : 148 nolu konuttaki 1,4,5,6 nolu kazıklar



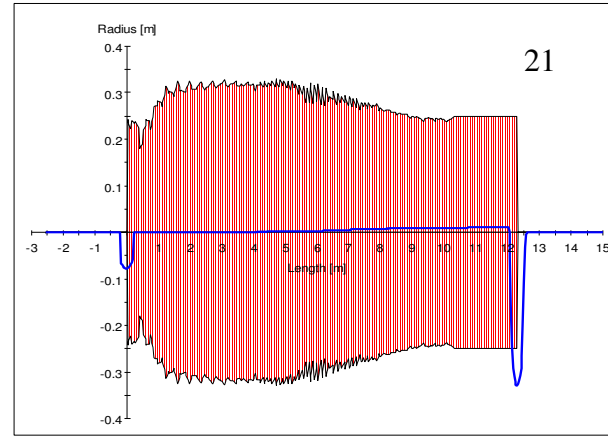
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

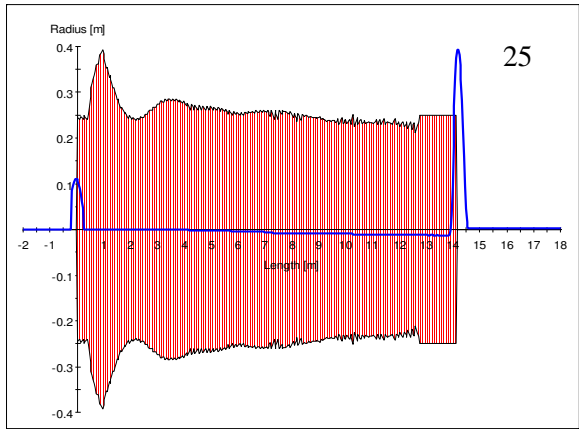


Radius and Velocity as function of Length

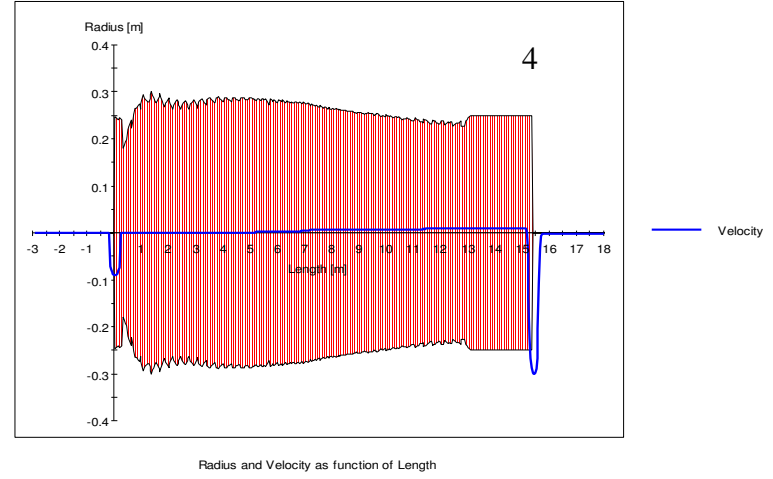
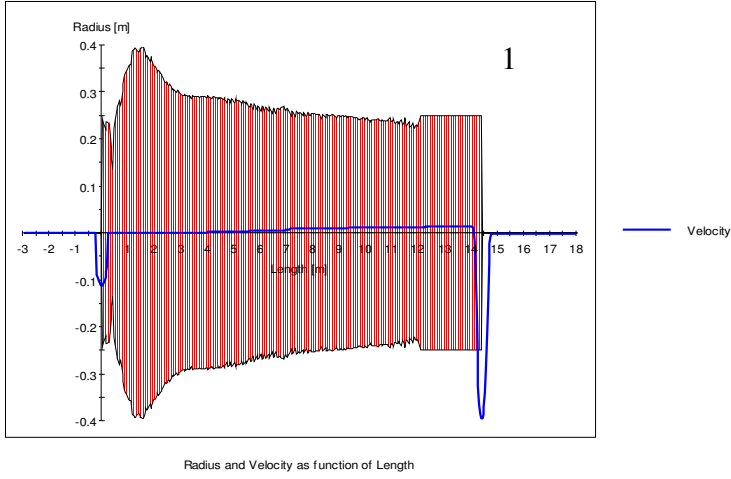


Radius and Velocity as function of Length

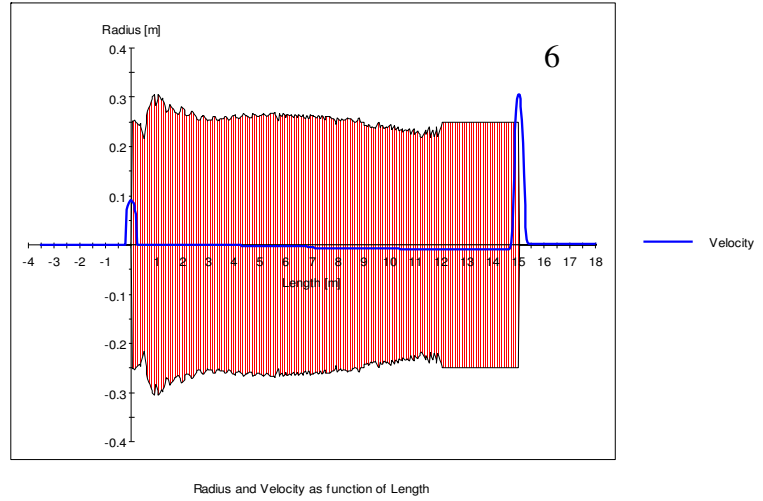
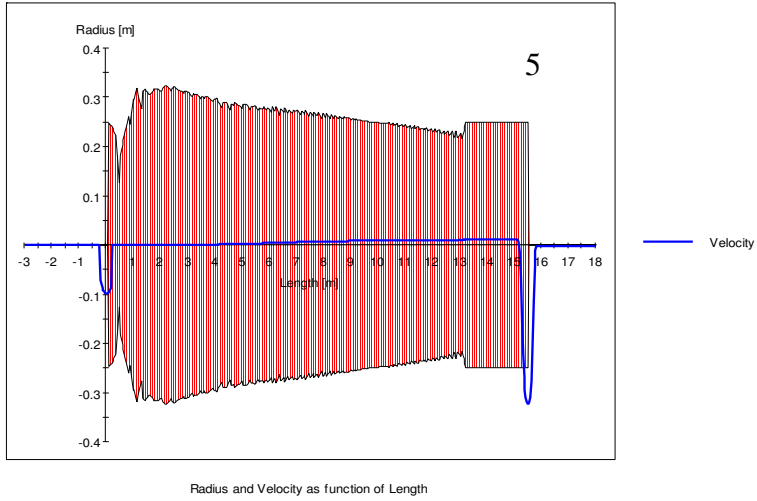
Şekil C28 : 148 nolu konuttaki 8,21,25 nolu kazıklar

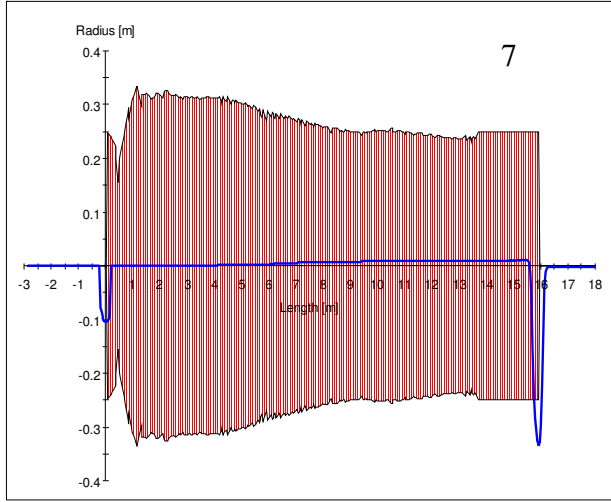


Radius and Velocity as function of Length

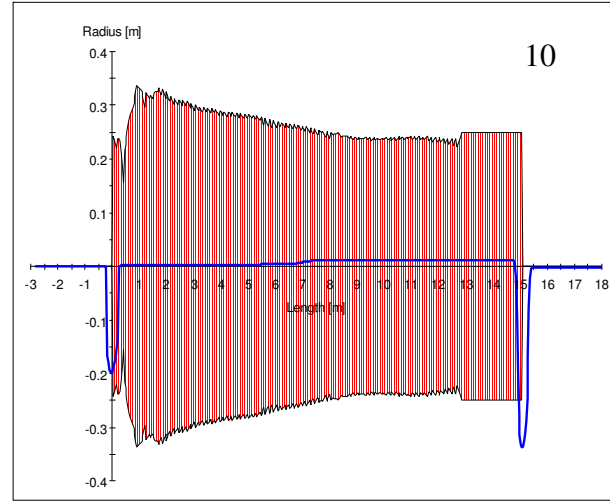


Şekil C29 : 149 nolu konuttaki 1,4,5,6 nolu kazıklar



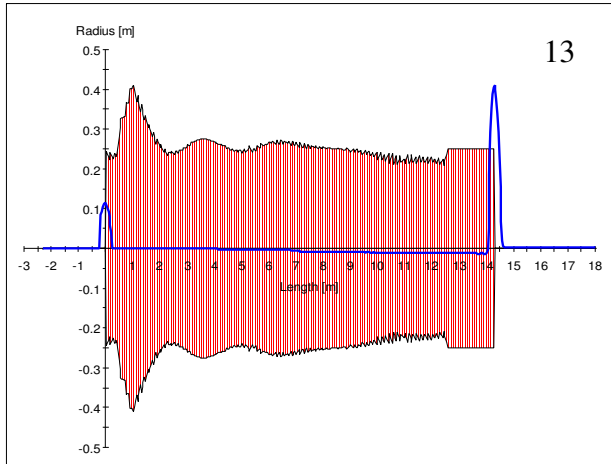


Radius and Velocity as function of Length

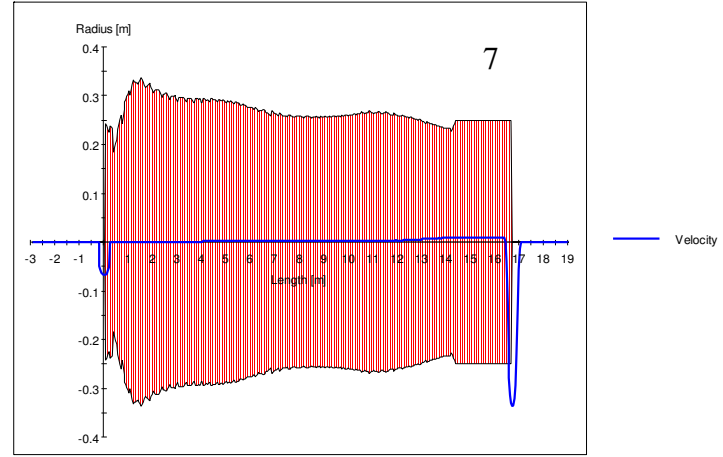
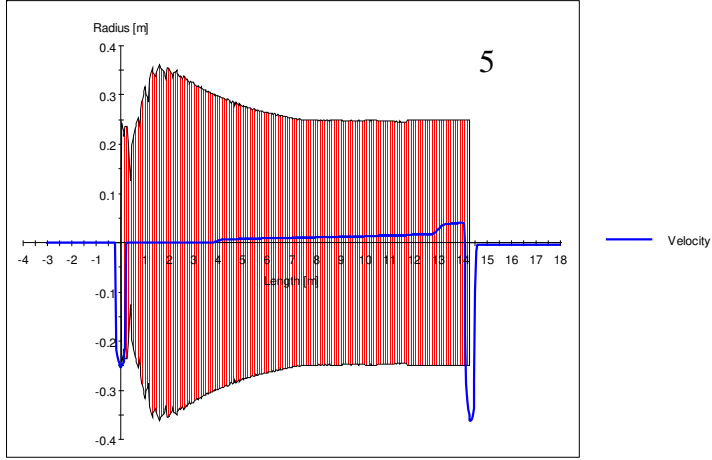


Radius and Velocity as function of Length

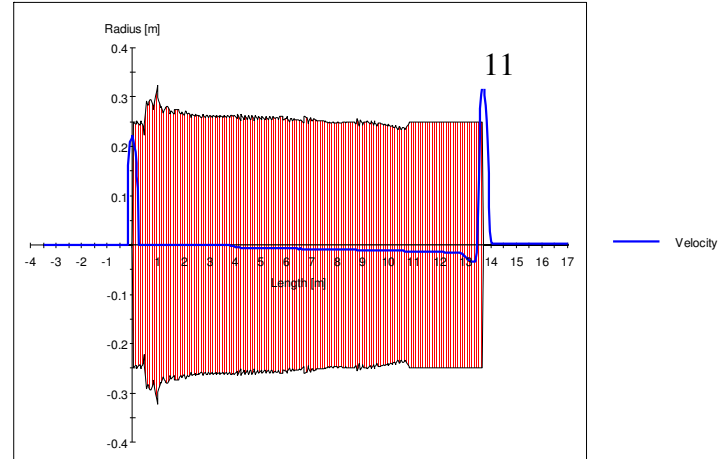
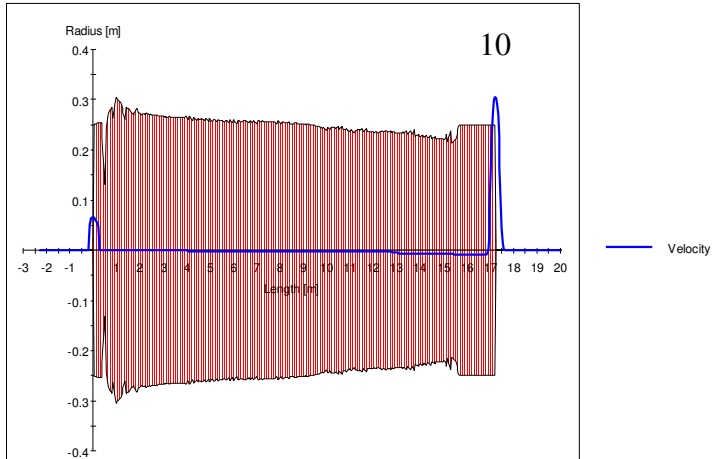
Şekil C30 : 149 nolu konuttaki 7,10,13 nolu kazıklar

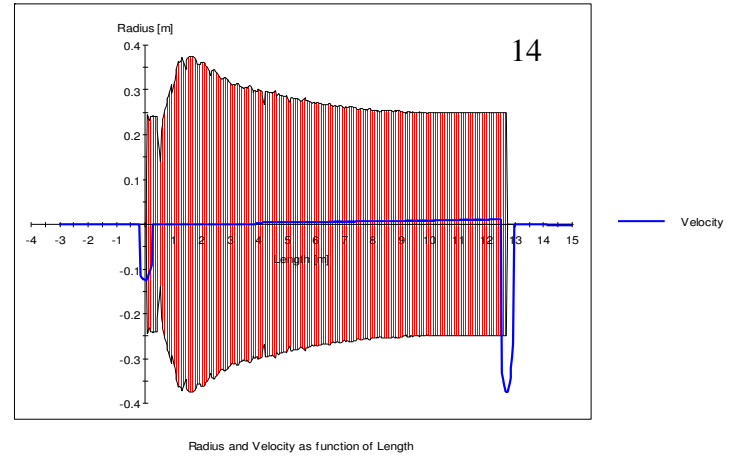
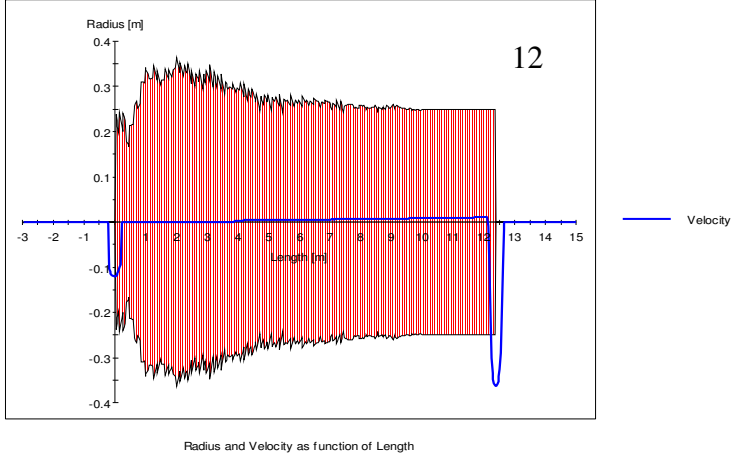


Radius and Velocity as function of Length

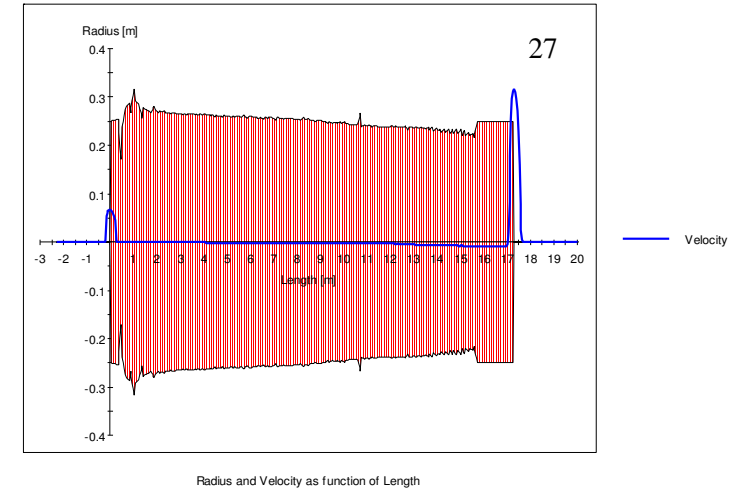
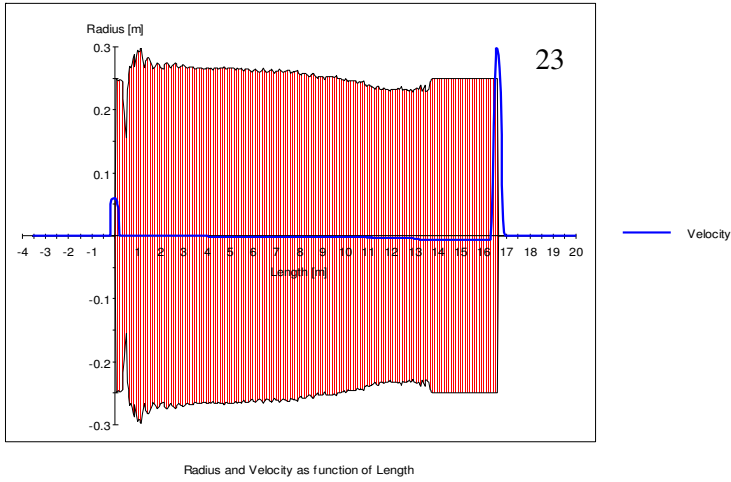


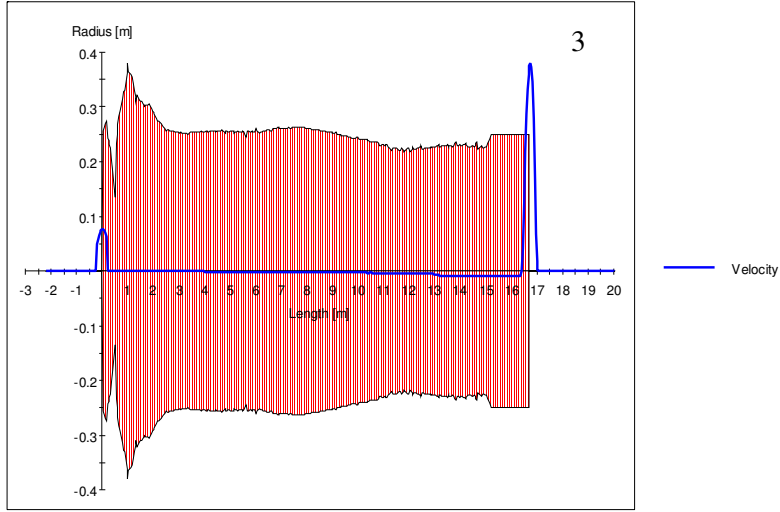
Şekil C31 : 151 nolu konuttaki 5,7,10,11 nolu kazıklar



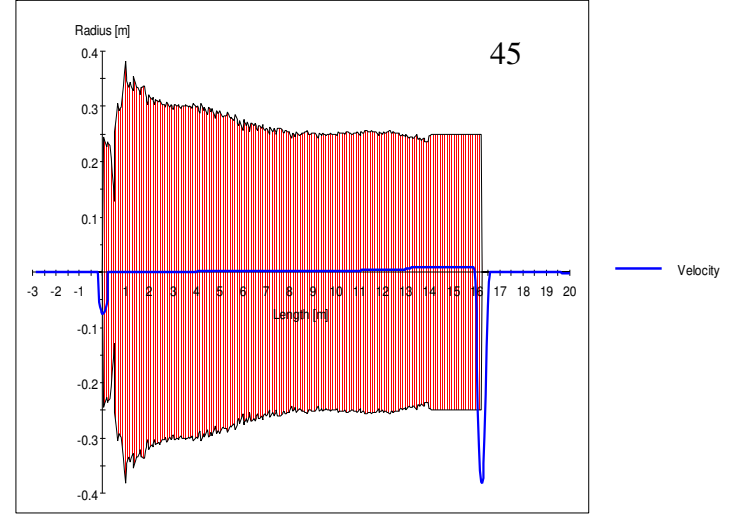


Şekil C32 : 151 nolu konuttaki 12,14,23,27 nolu kazıklar



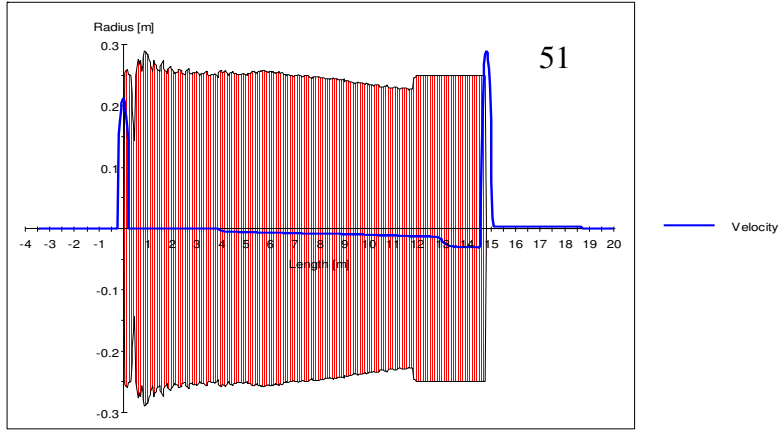


Radius and Velocity as function of Length

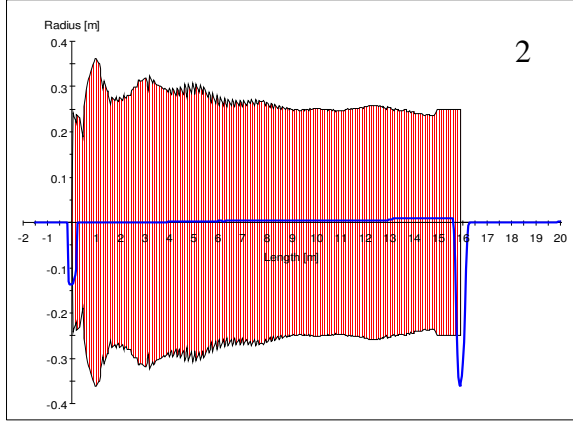


Radius and Velocity as function of Length

Şekil C33 : 151 nolu konuttaki 35,45,51 nolu kazıklar

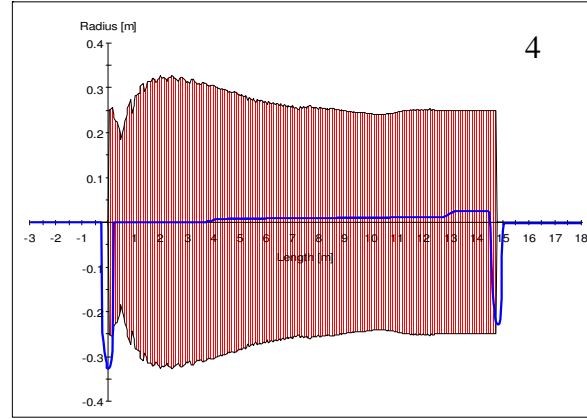


Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

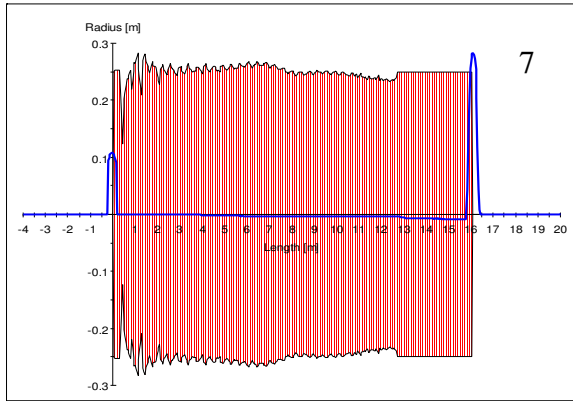
2



Radius and Velocity as function of Length

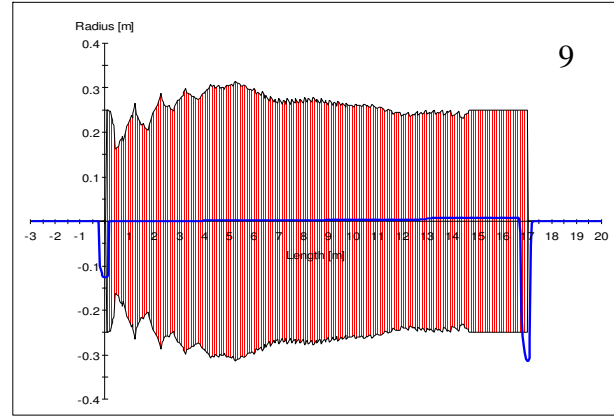
4

Şekil C34 : 152 nolu konuttaki 2,4,7,9 nolu kazıklar



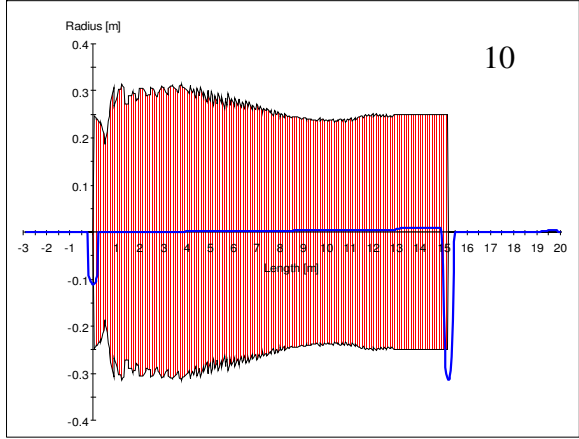
Radius and Velocity as function of Length

7



Radius and Velocity as function of Length

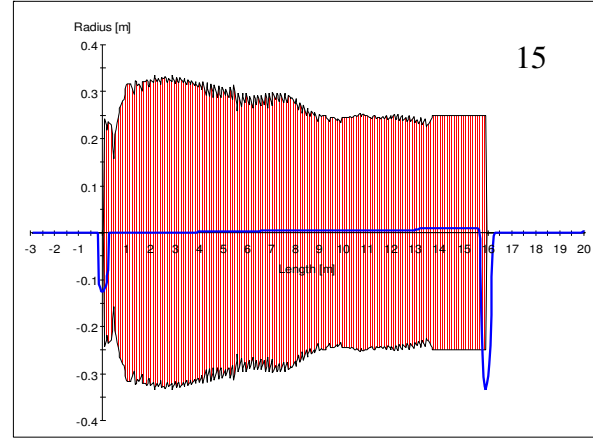
9



10

Velocity

Radius and Velocity as function of Length

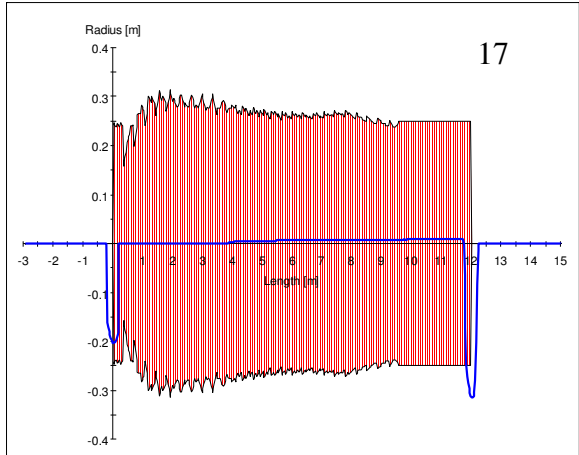


15

Velocity

Radius and Velocity as function of Length

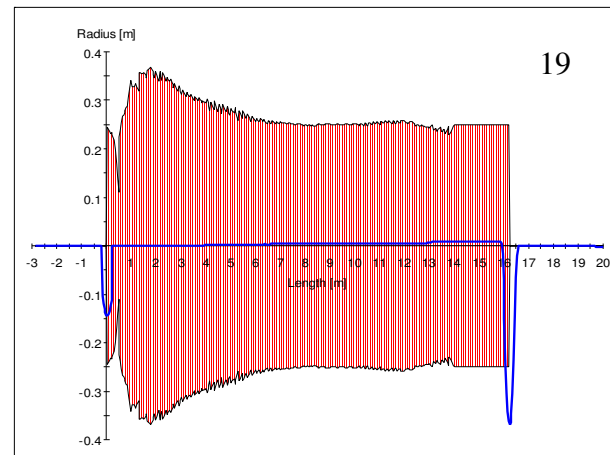
Şekil C35 : 152 nolu konuttaki 10,15,17,19 nolu kazıklar



17

Velocity

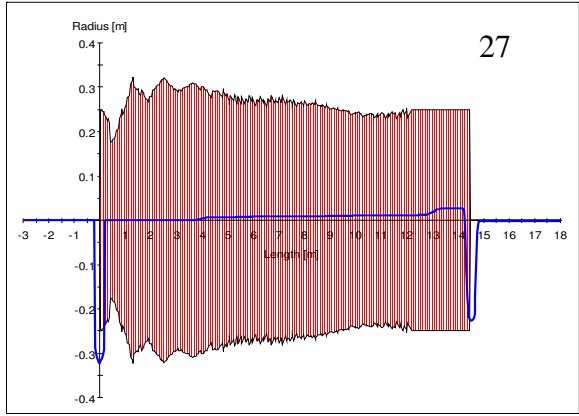
Radius and Velocity as function of Length



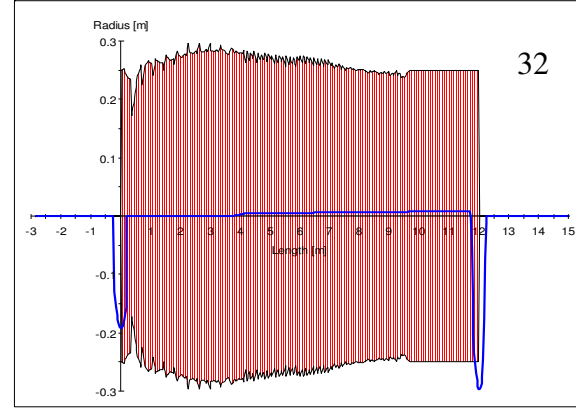
19

Velocity

Radius and Velocity as function of Length

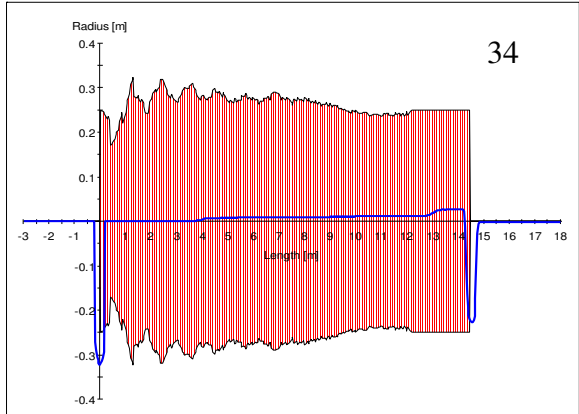


Radius and Velocity as function of Length

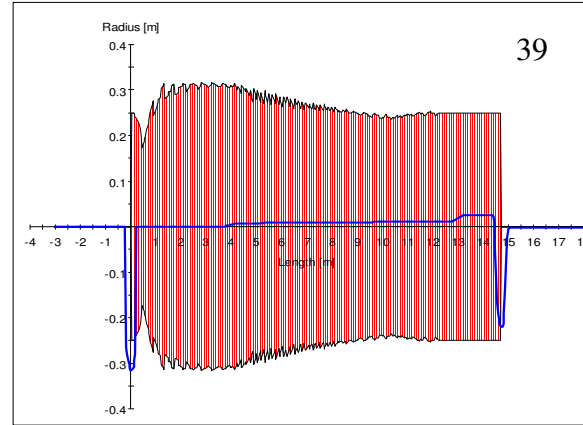


Radius and Velocity as function of Length

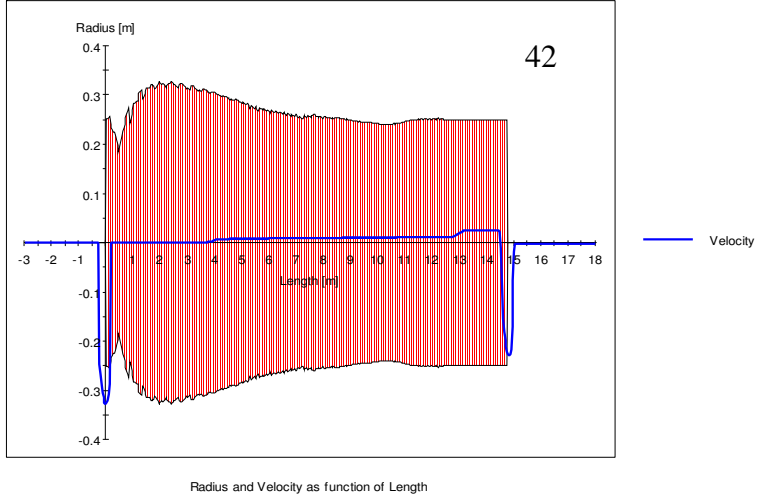
Şekil C36 : 152 nolu konuttaki 27,32,34,39 nolu kazıklar



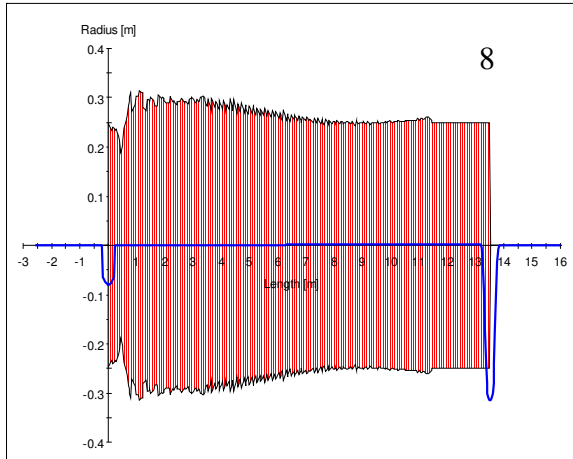
Radius and Velocity as function of Length



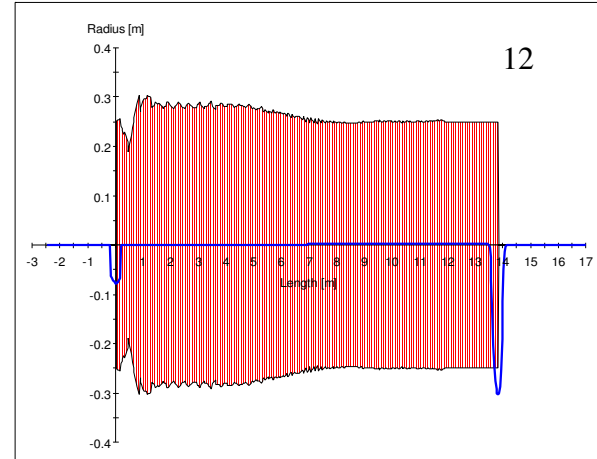
Radius and Velocity as function of Length



Şekil C37 : 152 nolu konuttaki 42 nolu kazık

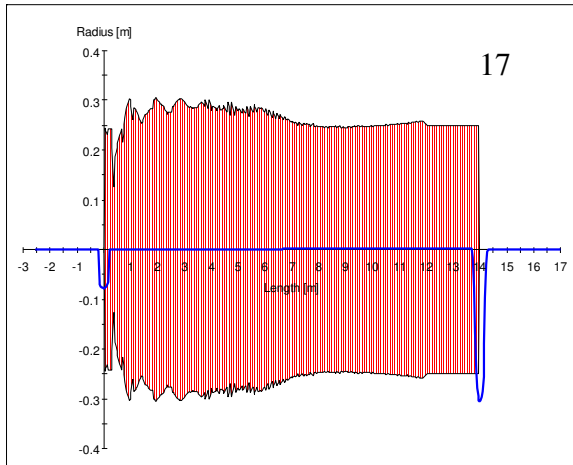


Radius and Velocity as function of Length

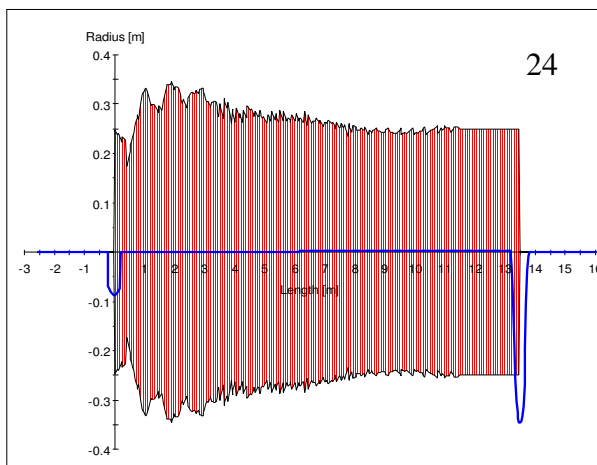


Radius and Velocity as function of Length

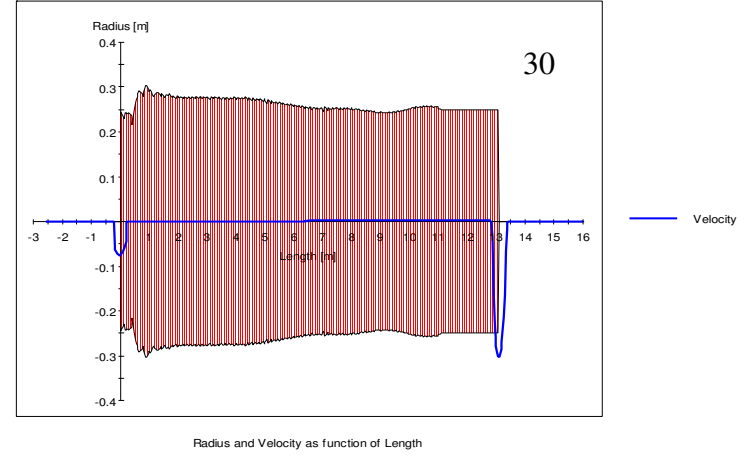
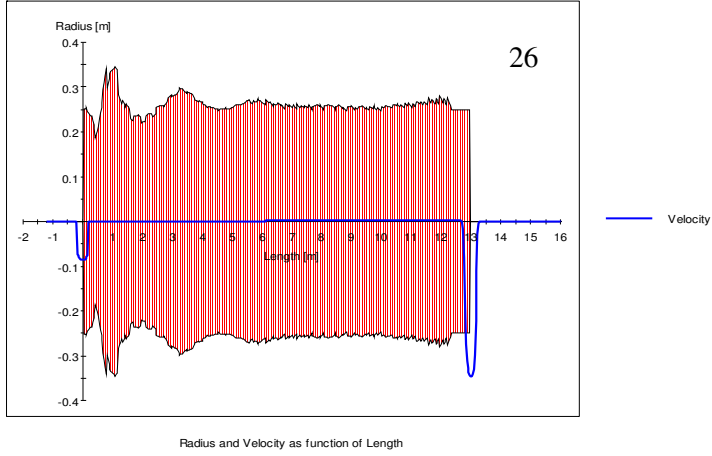
Şekil C38 : 153 nolu konuttaki 8,12,17,24 nolu kazıklar



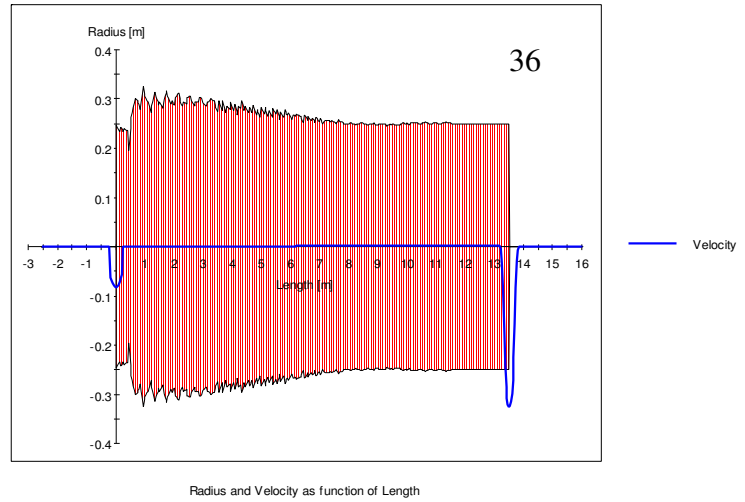
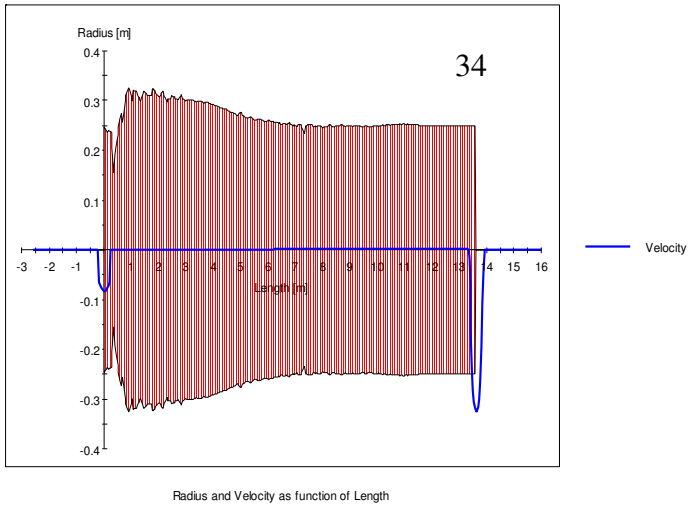
Radius and Velocity as function of Length

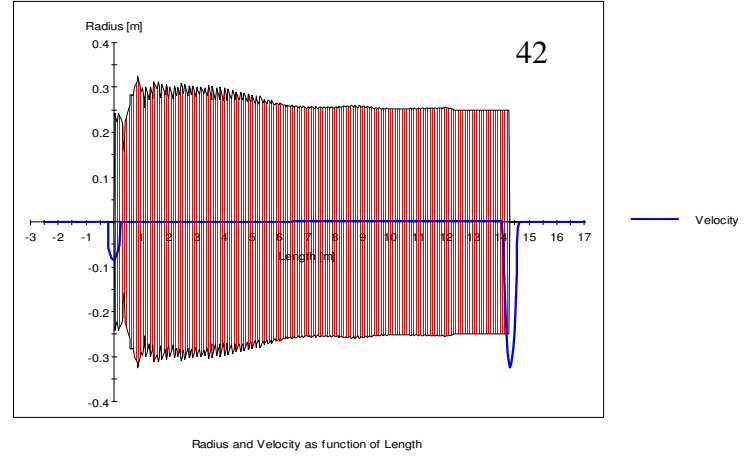
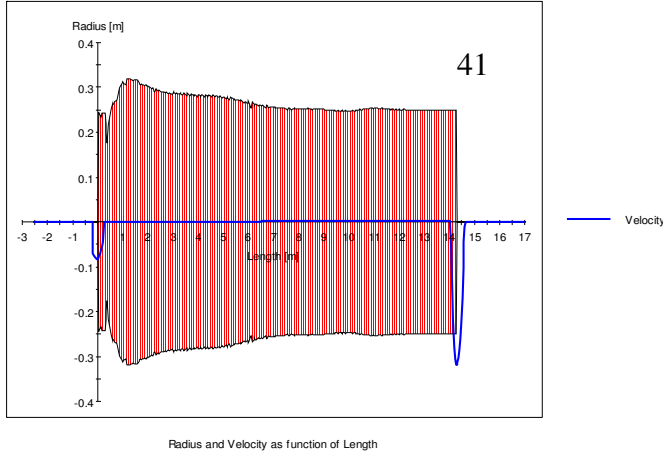


Radius and Velocity as function of Length

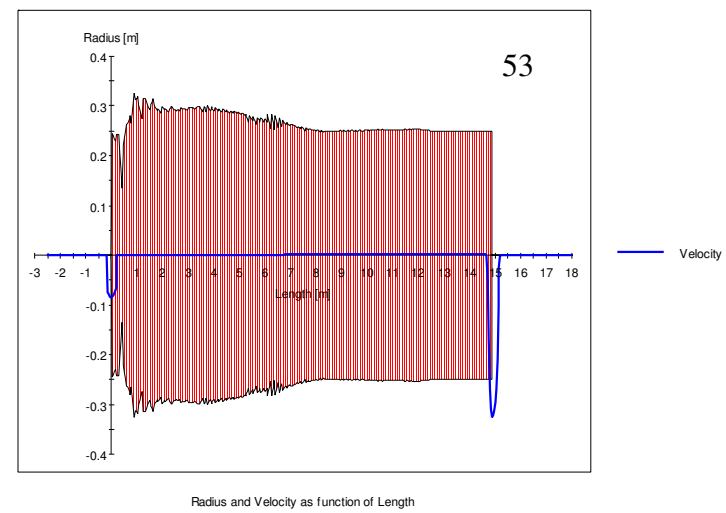
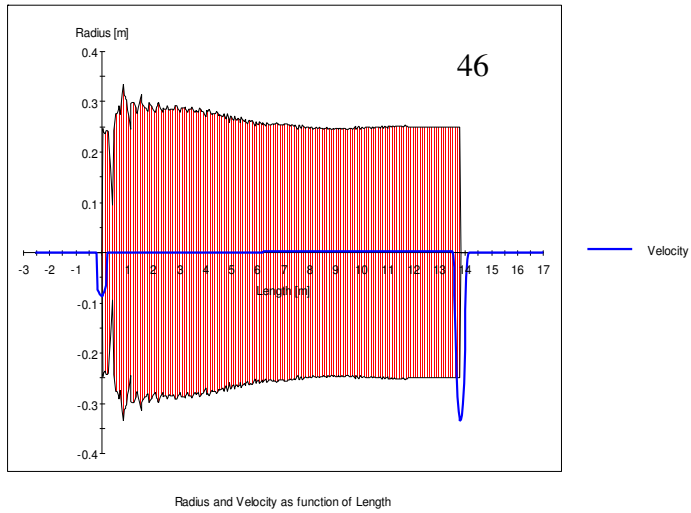


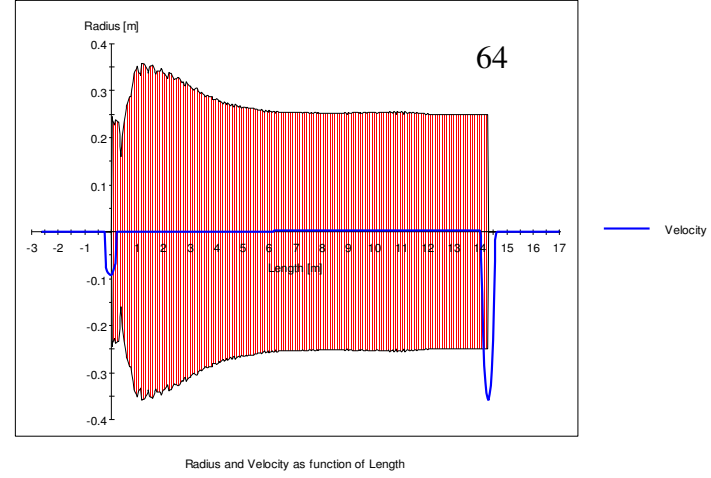
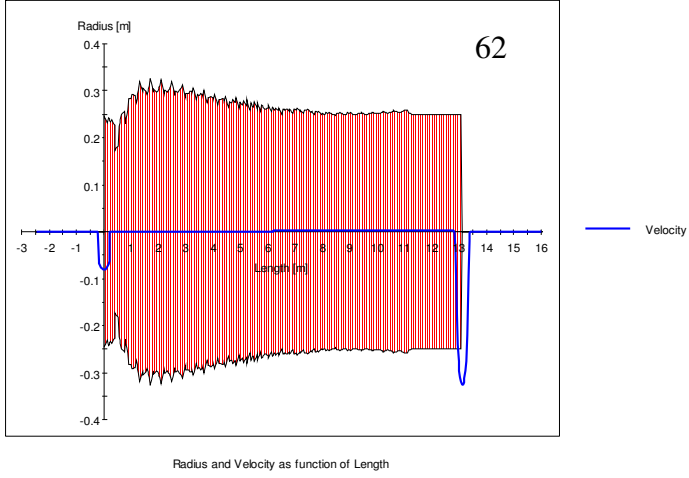
Şekil C39 : 153 nolu konuttaki 26,30,34,36 nolu kazıklar



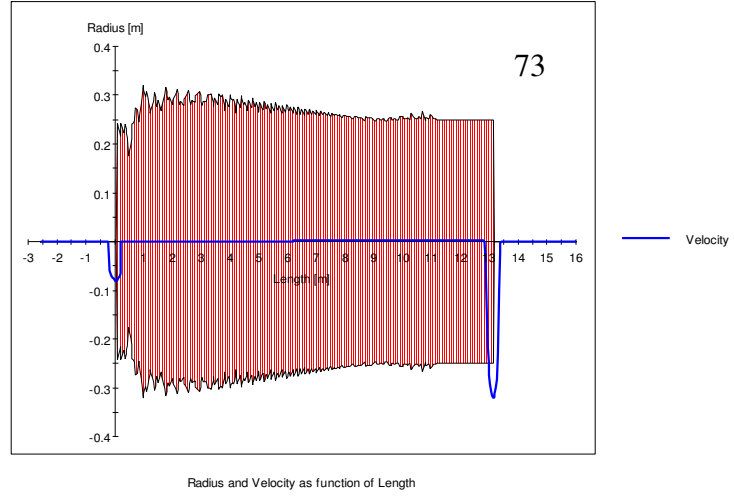
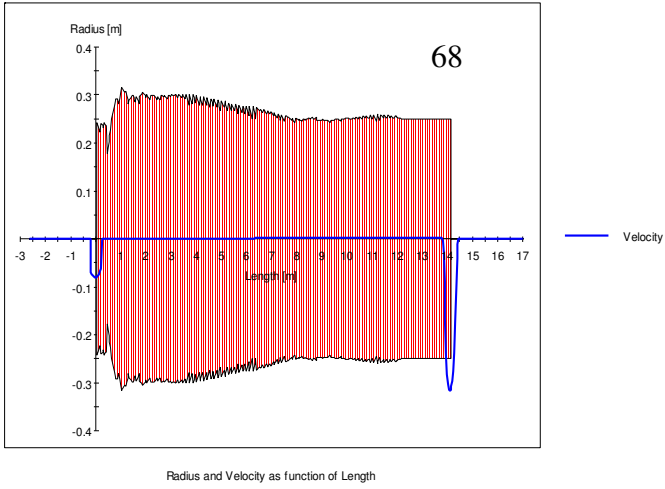


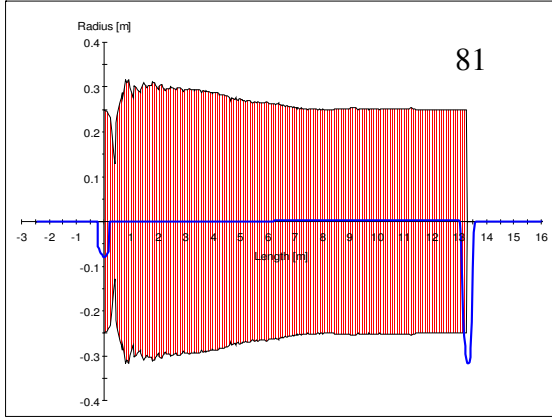
Şekil C40 : 153 nolu konuttaki 41,42,46,53 nolu kazıklar



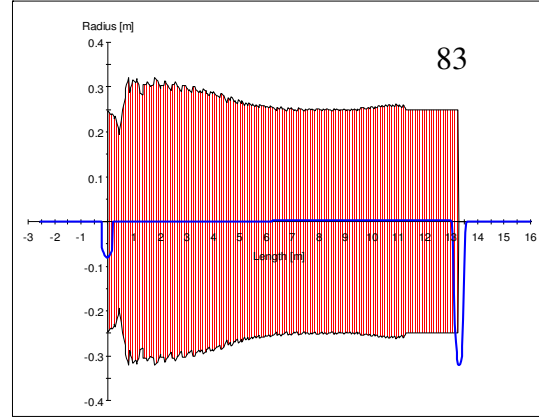


Şekil C41 : 153 nolu konuttaki 62,64,68,73 nolu kazıklar



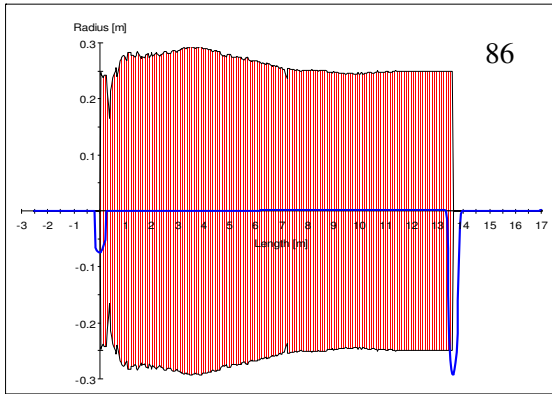


Radius and Velocity as function of Length

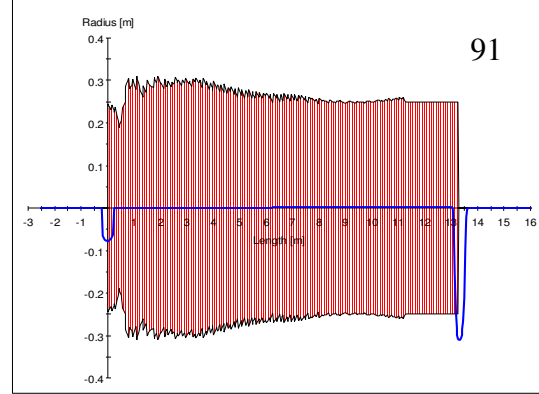


Radius and Velocity as function of Length

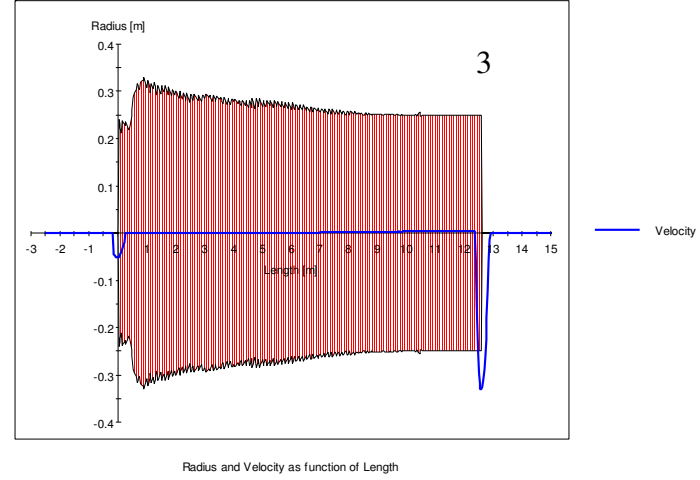
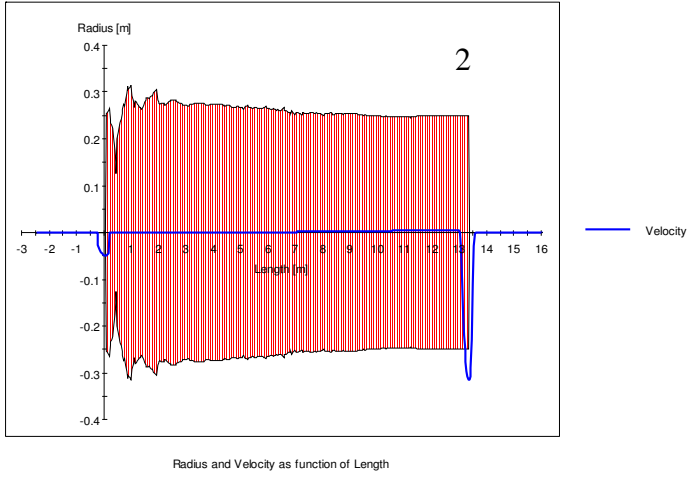
Şekil C42 : 153 nolu konuttaki 81,83,86,91 nolu kazıklar



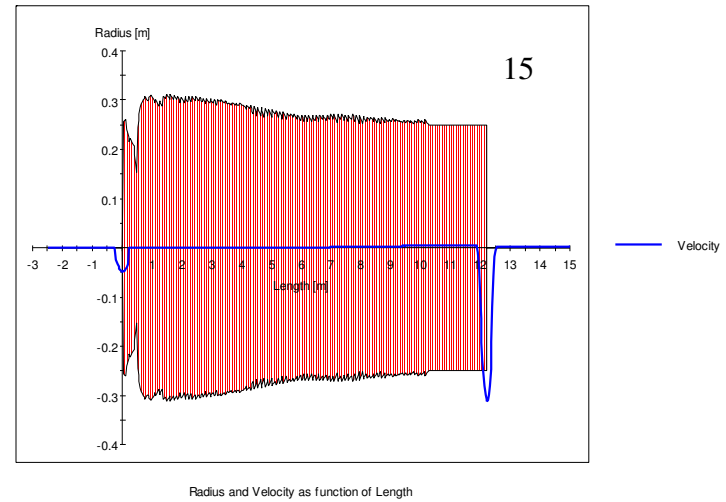
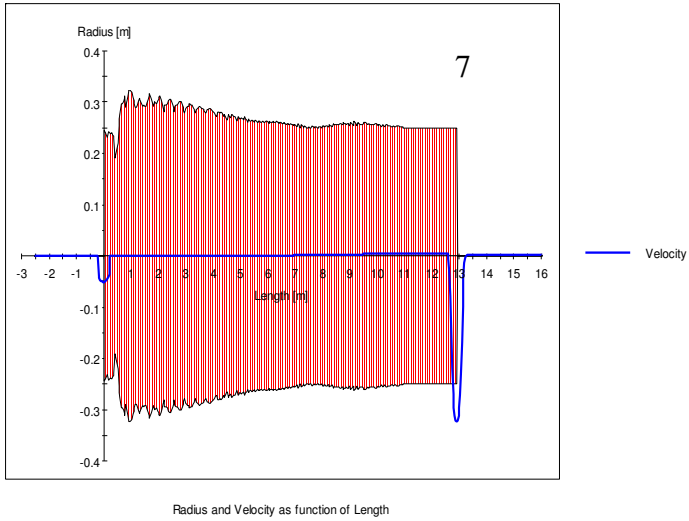
Radius and Velocity as function of Length

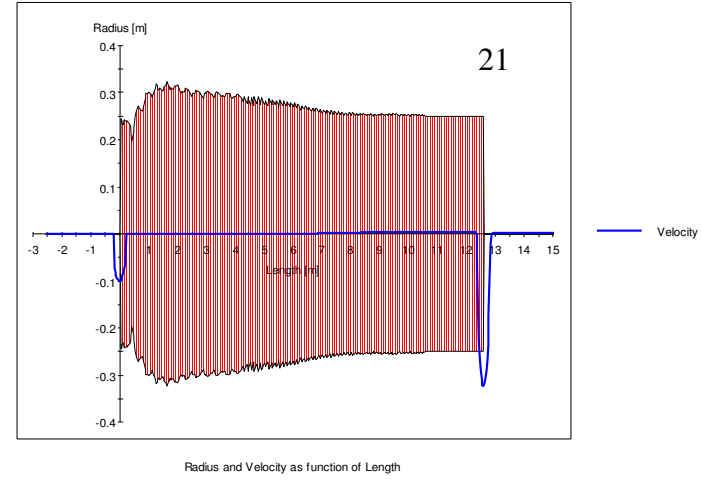
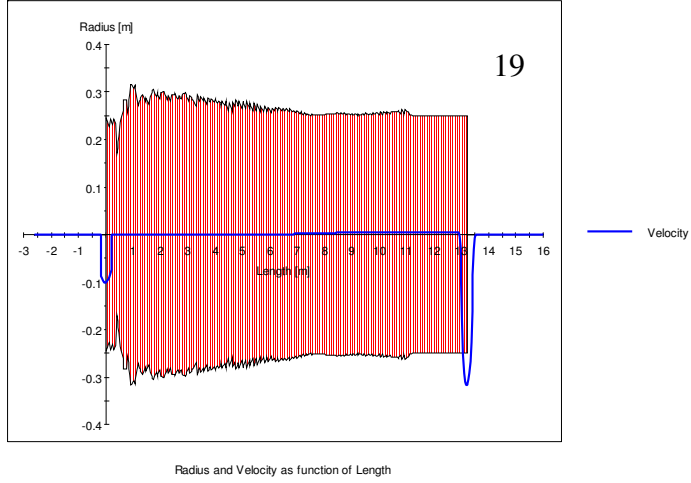


Radius and Velocity as function of Length

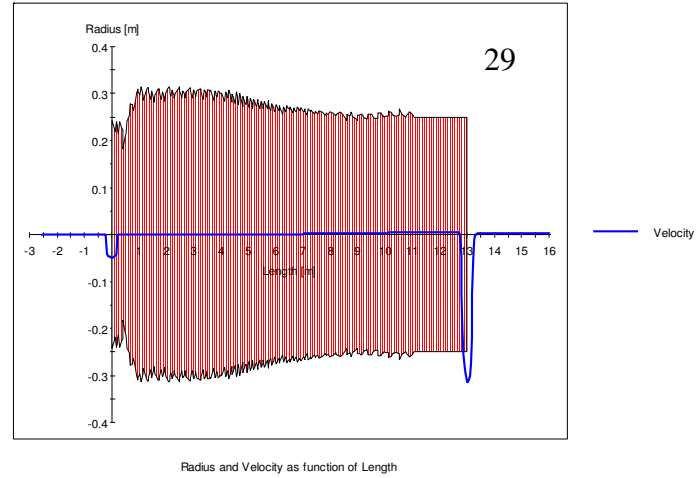
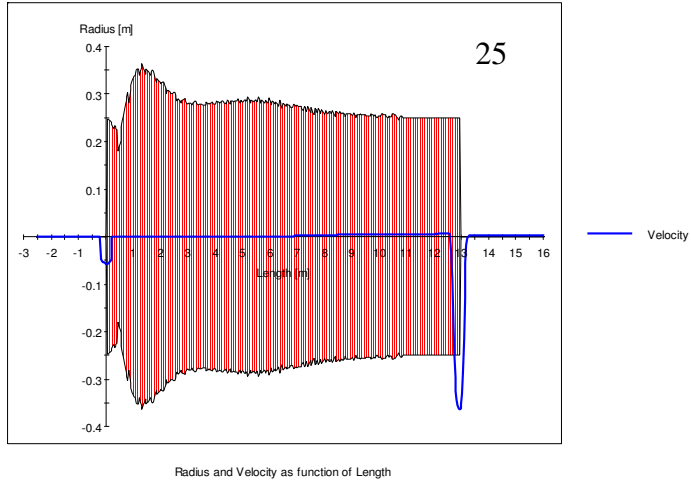


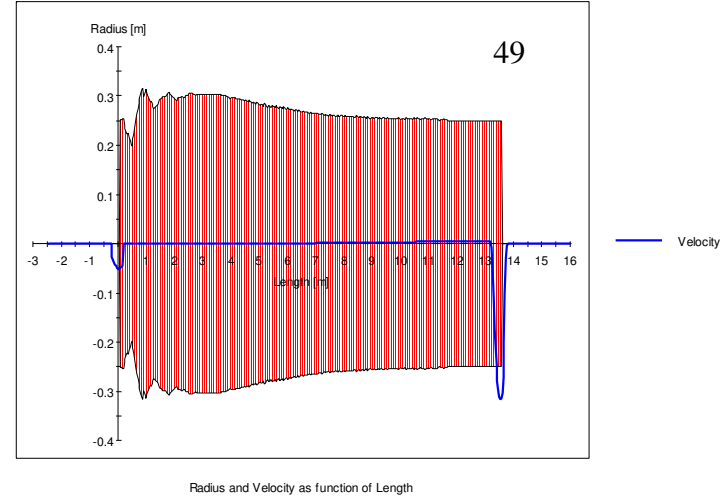
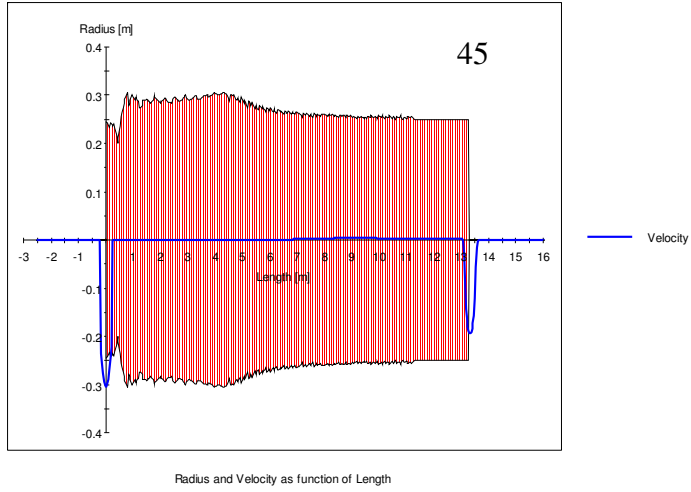
Şekil C43: 154 nolu konuttaki 2,3,7,15 nolu kazıklar



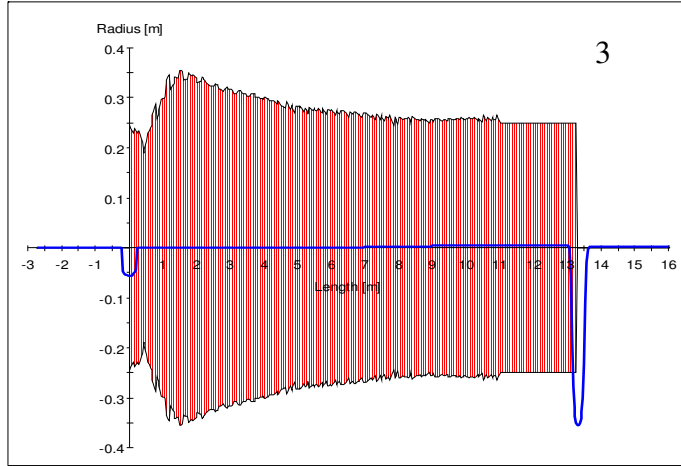


Şekil C44 : 154 nolu konuttaki 19,21,25,29 nolu kazıklar

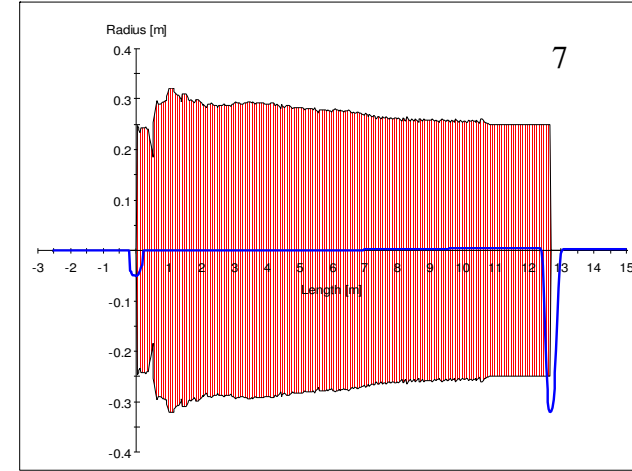




Şekil C45 : 154 nolu konuttaki 45,49 nolu kazıklar

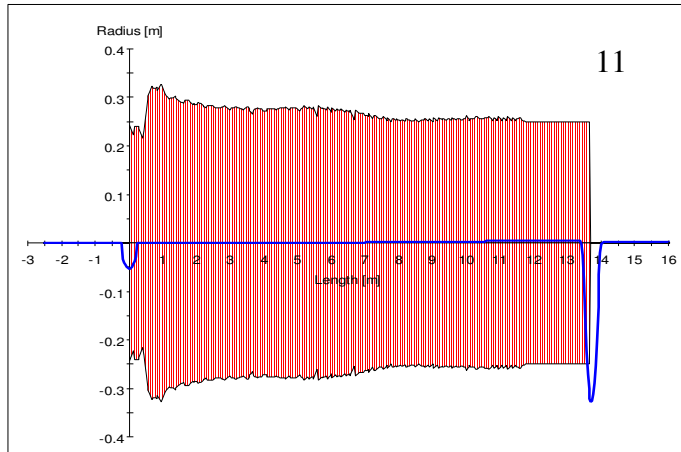


Radius and Velocity as function of Length

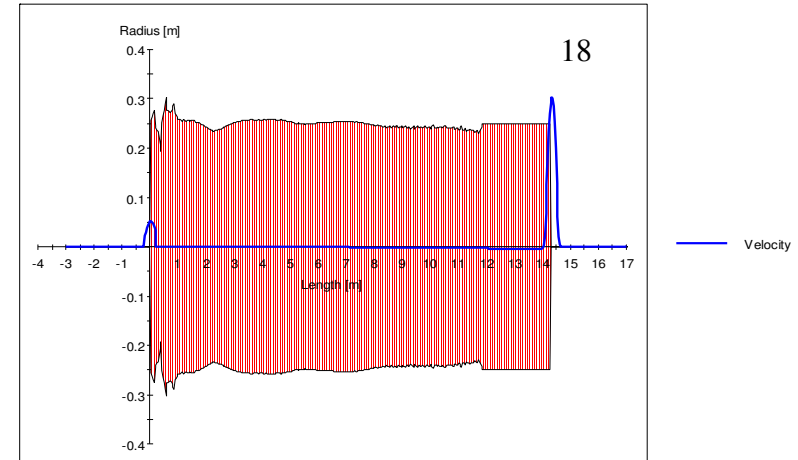


Radius and Velocity as function of Length

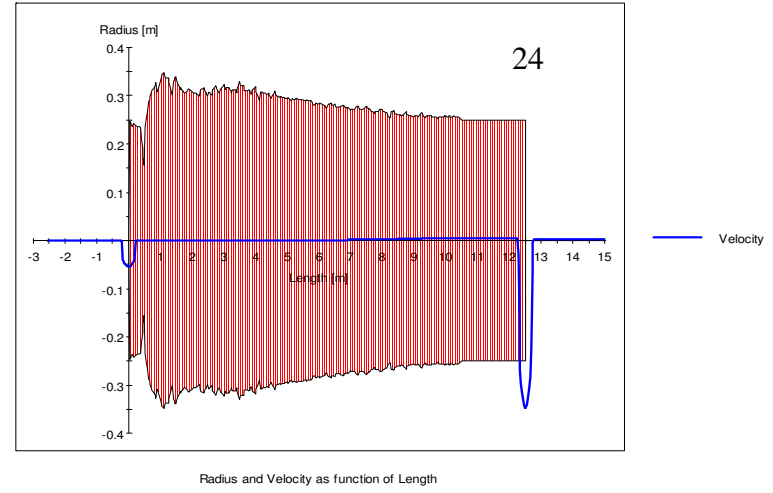
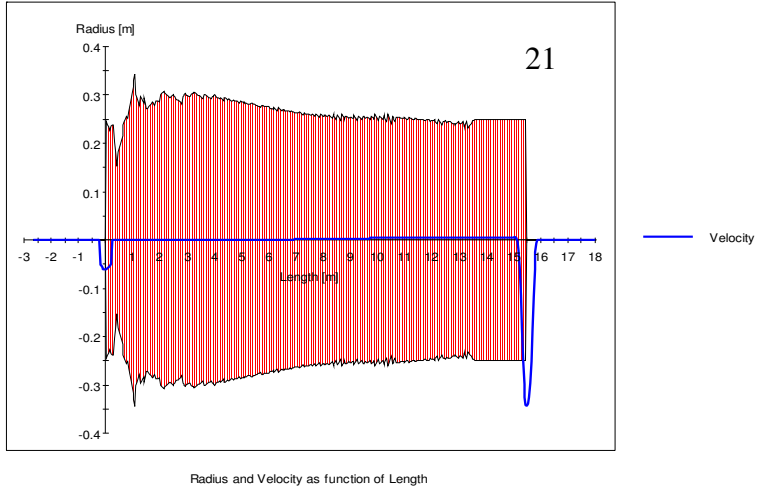
Şekil C46 : 155 nolu konuttaki 3,7,11,18 nolu kazıklar



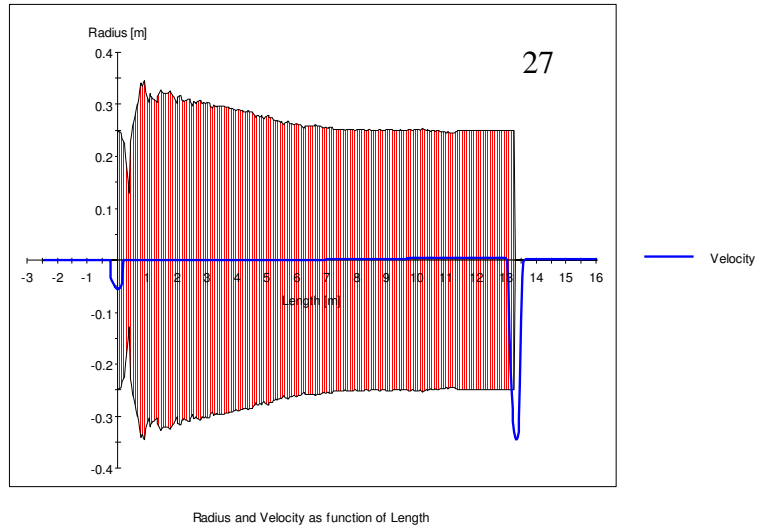
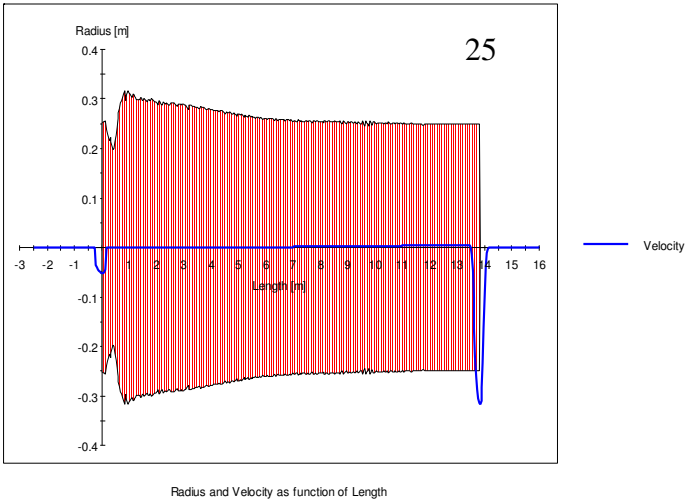
Radius and Velocity as function of Length

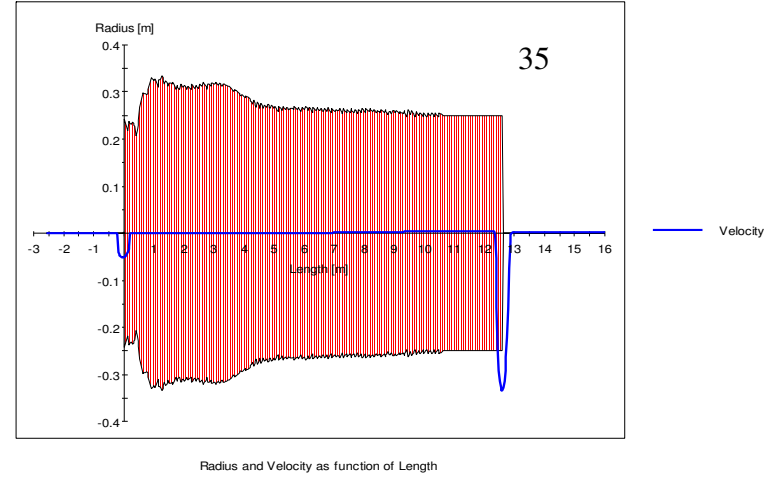
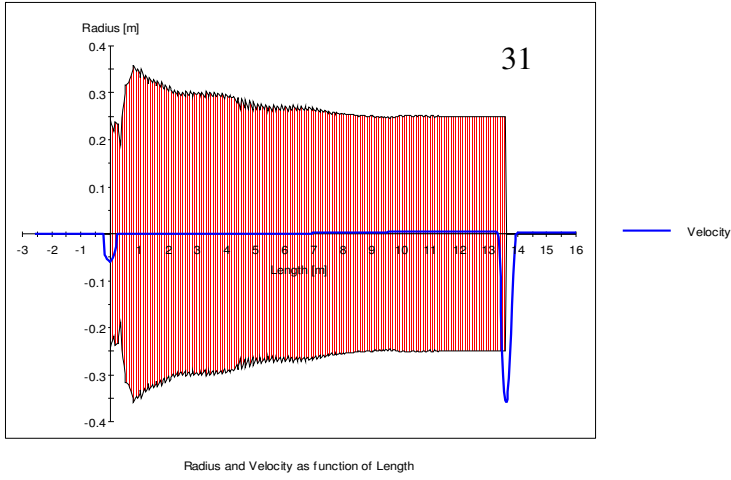


Radius and Velocity as function of Length

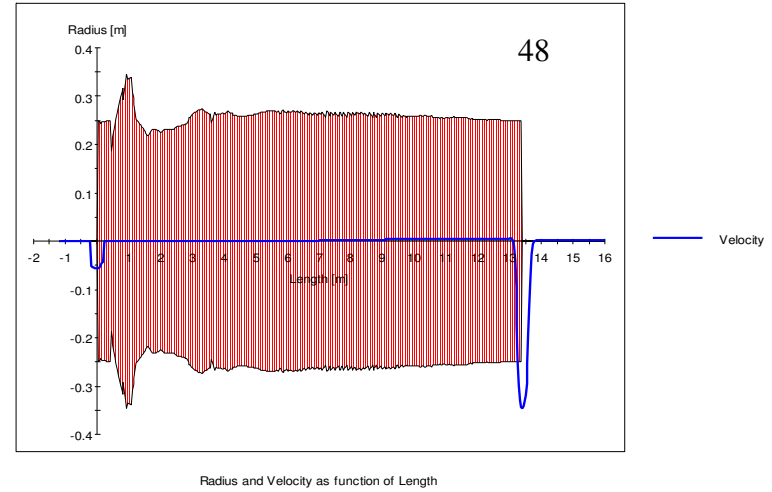
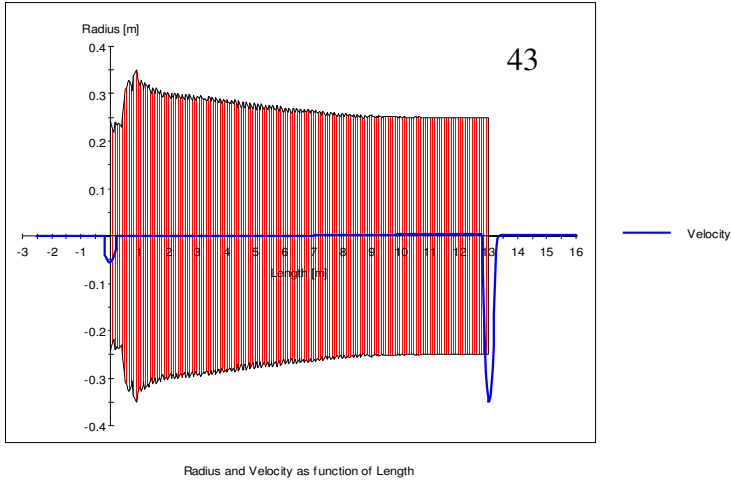


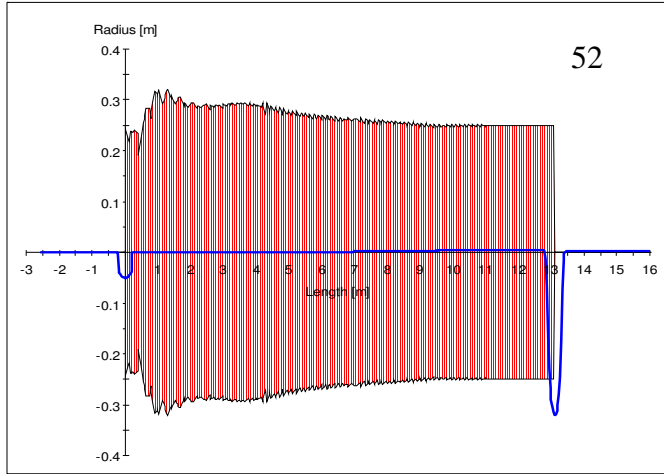
Şekil C47 : 155 nolu konuttaki 21,24,25,27 nolu kazıklar



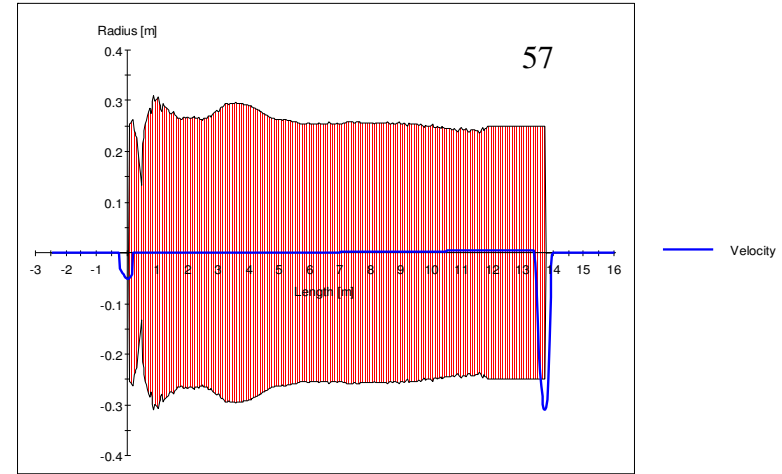


Şekil C48 : 155 nolu konuttaki 31,35,43,48 nolu kazıklar



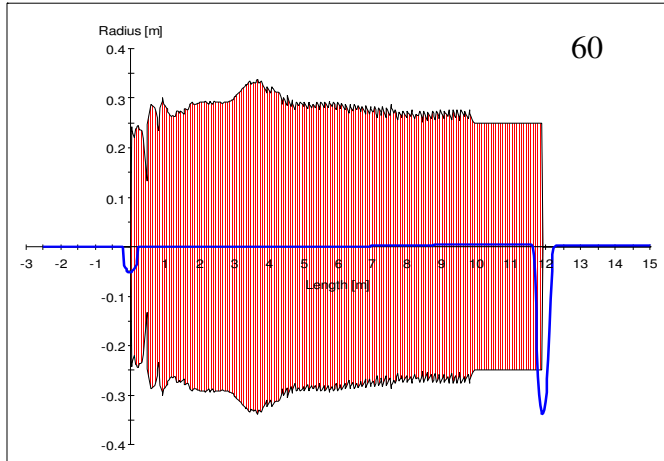


Radius and Velocity as function of Length

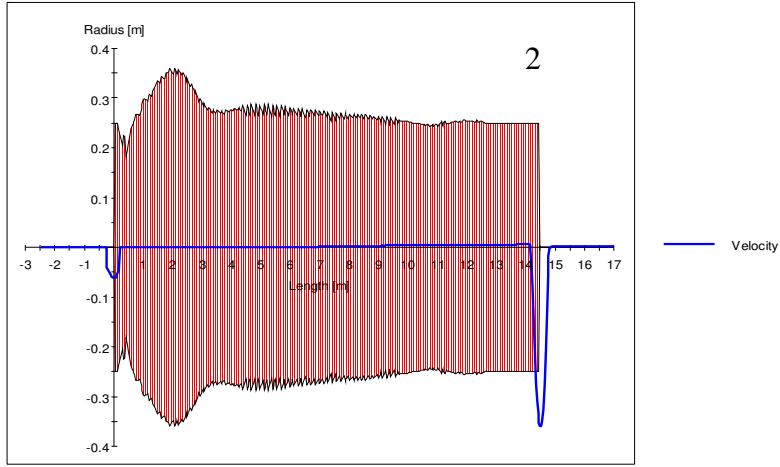


Radius and Velocity as function of Length

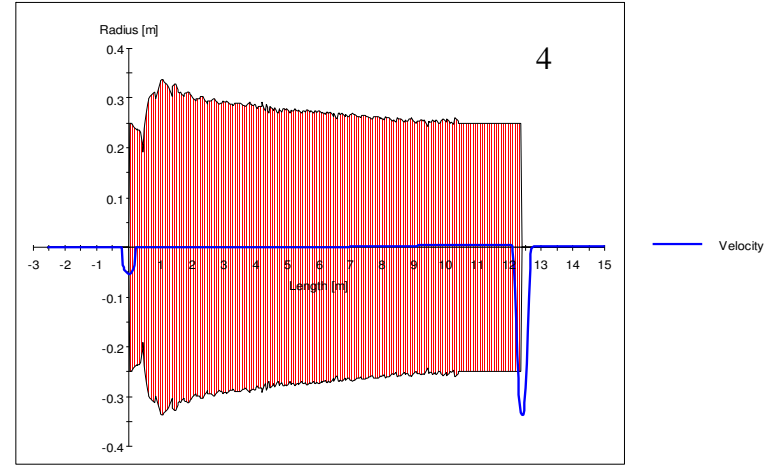
Şekil C49 : 155 nolu konuttaki 52,57,60 nolu kazıklar



Radius and Velocity as function of Length

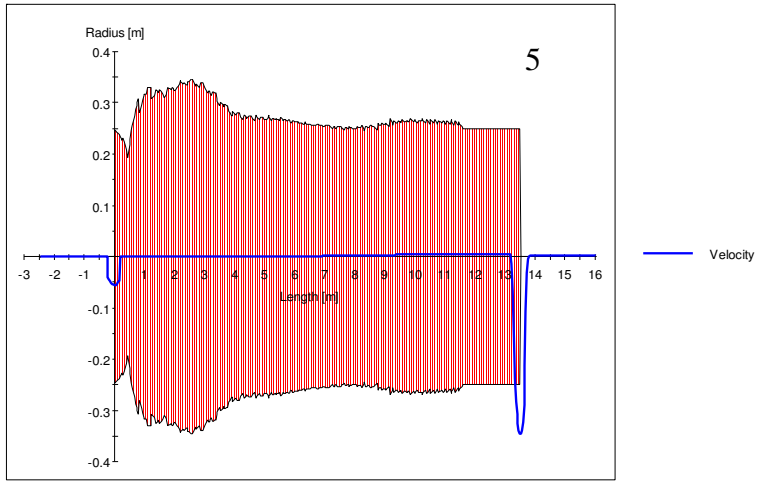


Radius and Velocity as function of Length

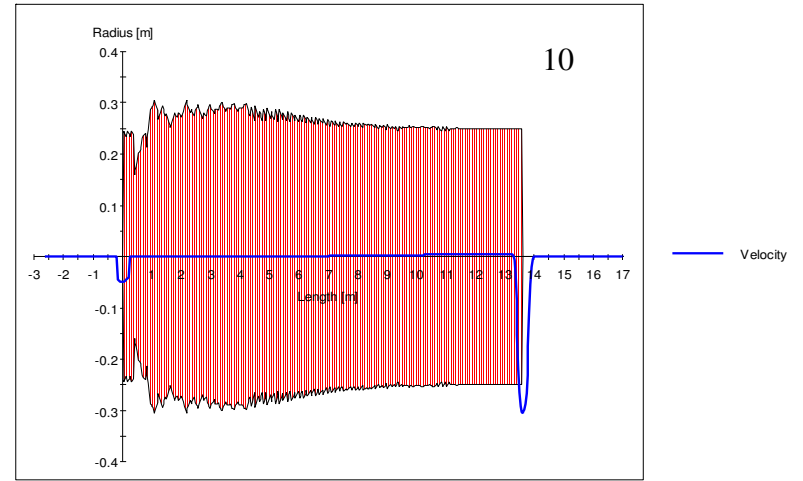


Radius and Velocity as function of Length

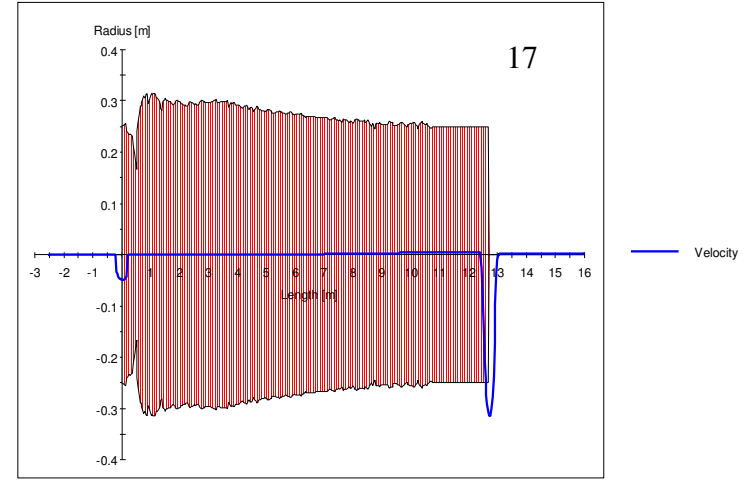
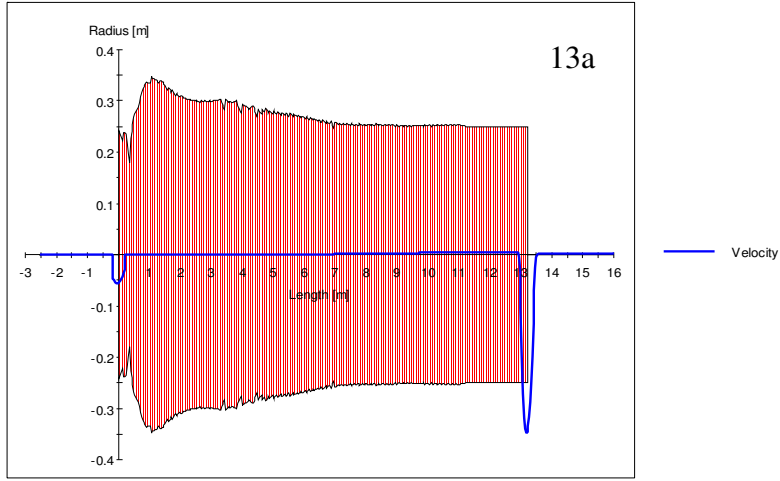
Şekil C50 : 156 nolu konuttaki 2,4,5,10 nolu kazıklar



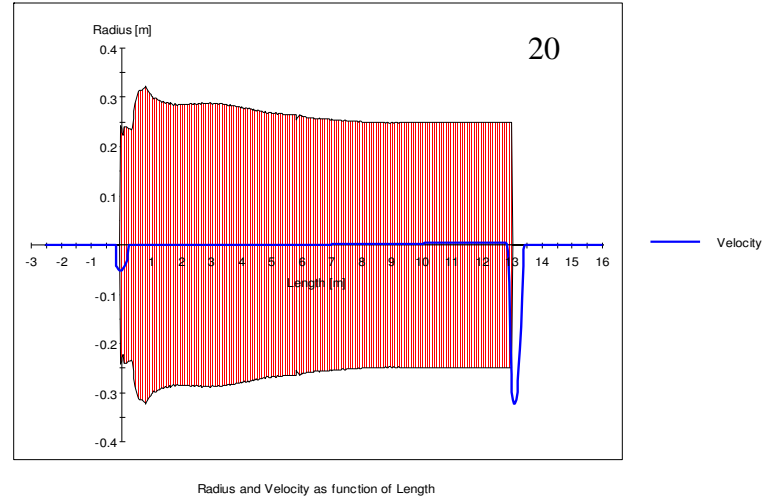
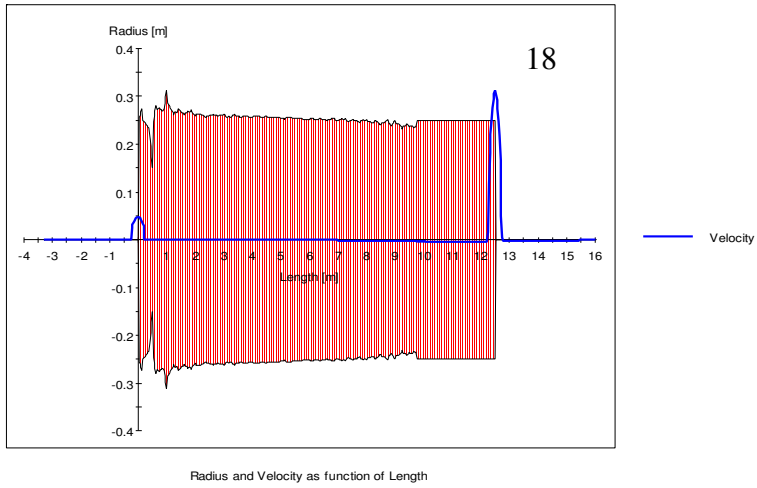
Radius and Velocity as function of Length

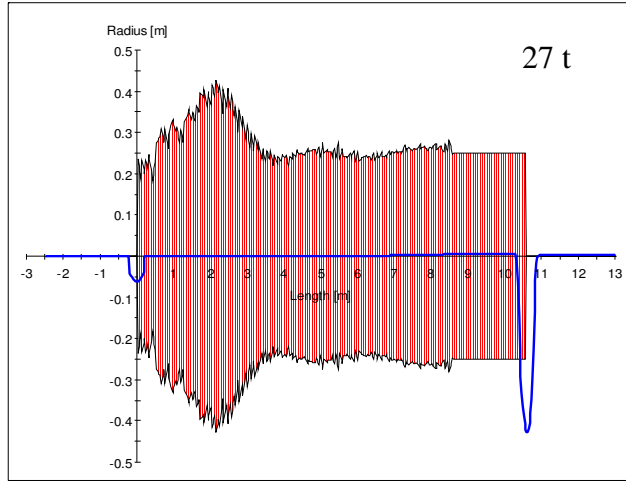


Radius and Velocity as function of Length

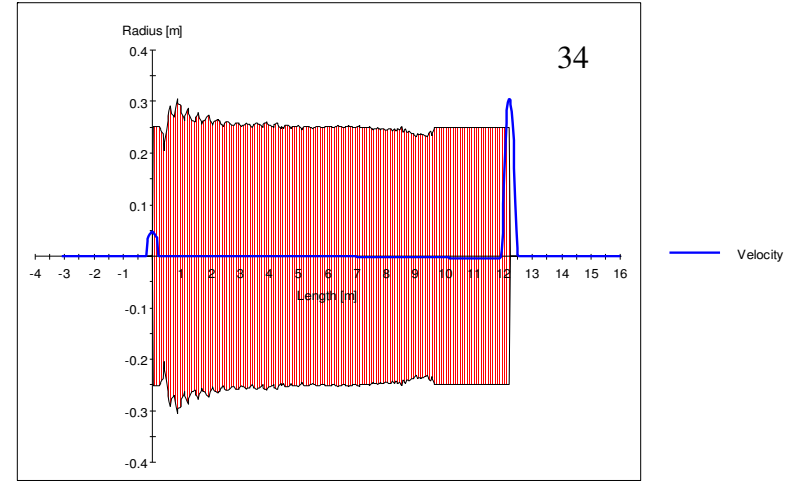


Şekil C51: 156 nolu konuttaki 13a,17,18,20 nolu kazıklar



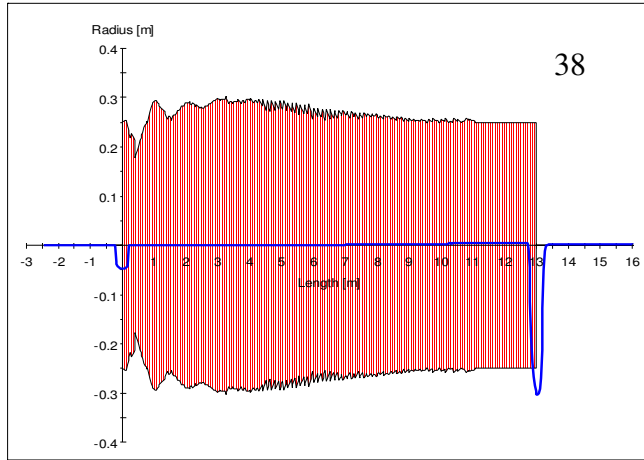


Radius and Velocity as function of Length

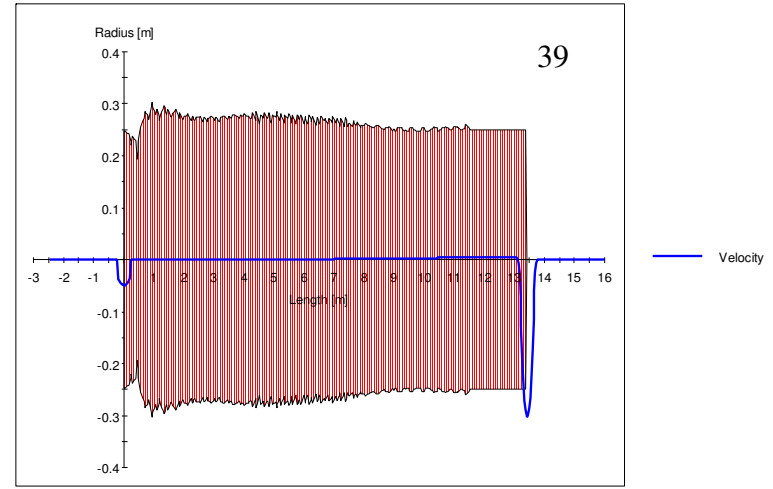


Radius and Velocity as function of Length

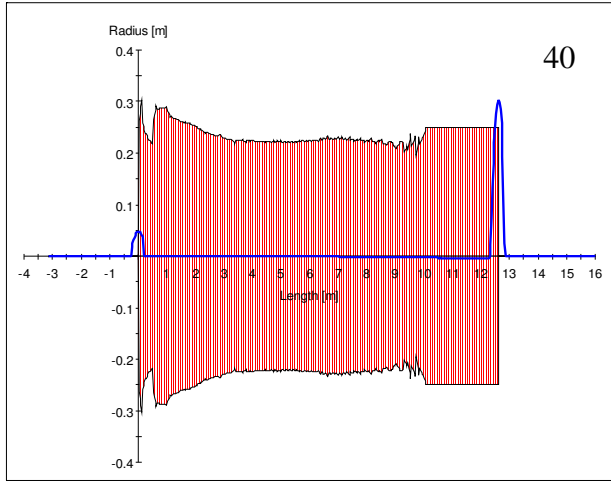
Şekil C52 : 156 nolu konuttaki 27t,34,38,39 nolu kazıklar



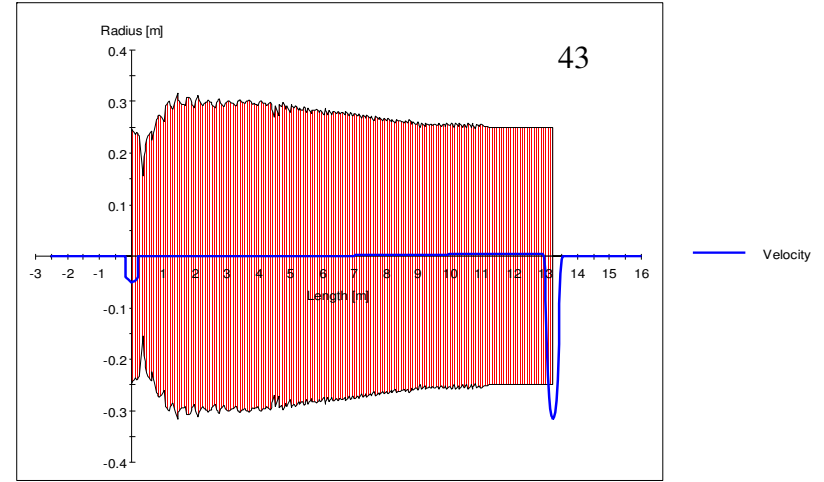
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

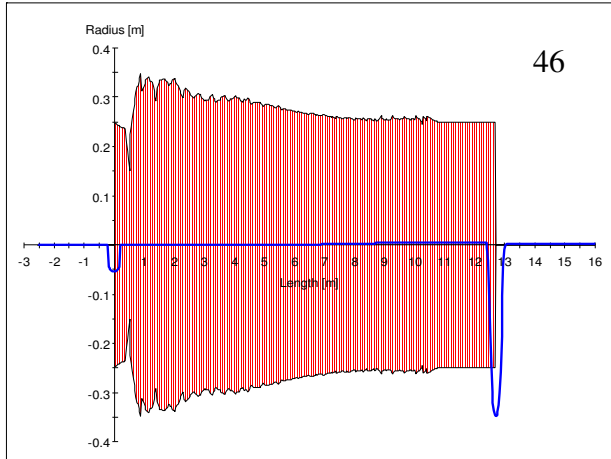


Radius and Velocity as function of Length

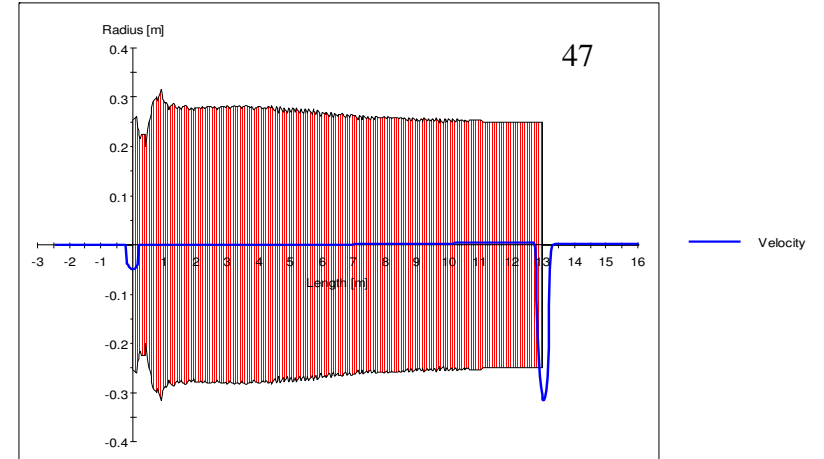


Radius and Velocity as function of Length

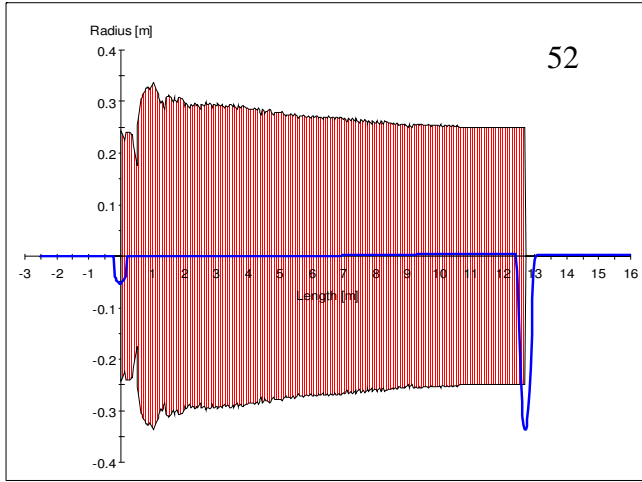
Şekil C53 : 156 nolu konuttaki 40,43,46,47 nolu kazıklar



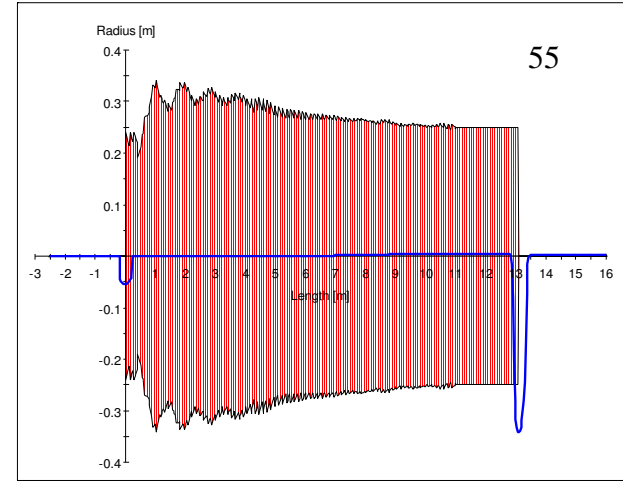
Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length

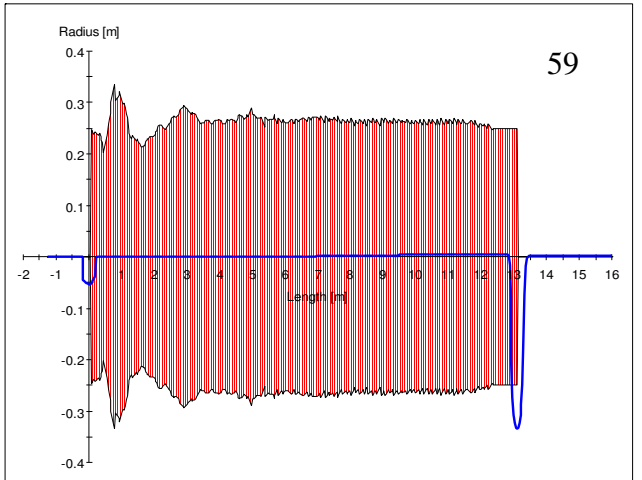


Radius and Velocity as function of Length

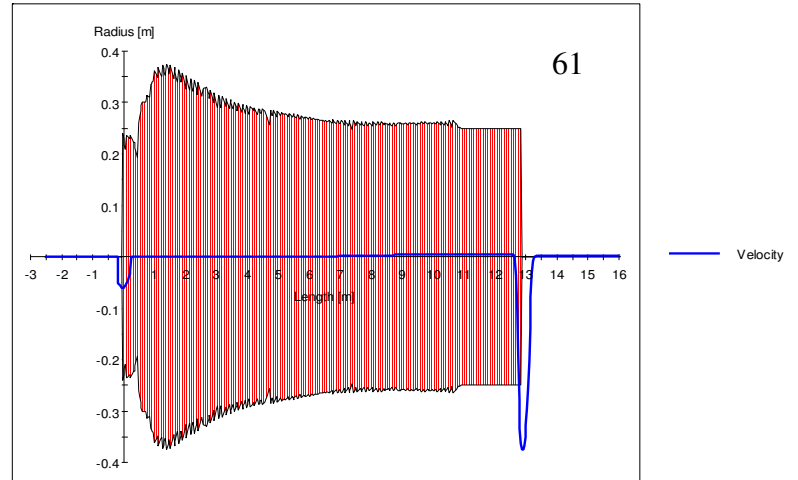


Radius and Velocity as function of Length

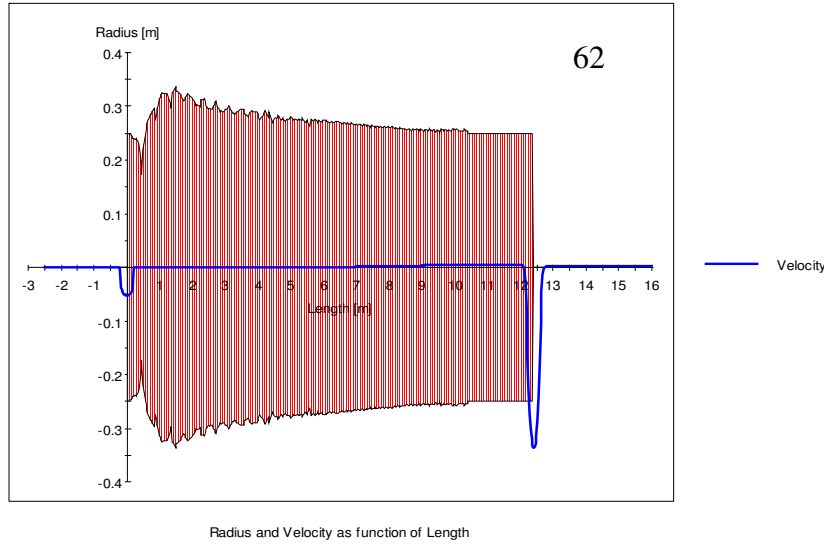
Şekil C54 : 156 nolu konuttaki 52,55,59,61 nolu kazıklar



Radius and Velocity as function of Length



Radius and Velocity as function of Length



Şekil C55 : 156 nolu konuttaki 62 nolu kazık

ÖZGEÇMİŞ

Güney Deneç, 1981 yılında İstanbul'da doğmuştur. İlköğretimini Kuvayi Milliye İlköğretim Okulu'nda, ortaokul ve lise eğitimini ise Özel Evrim Lisesi'nde tamamlamıştır. 1999 yılında liseden mezun olduktan sonra aynı sene Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazanmıştır. Kiptaş İkitelli Toplu Konut Alanı ve Karayolları Bölge Müdürlüğünde staj yaptıktan sonra 2003 yılında üniversiteden mezun olmuştur. 2004 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği programında yüksek lisans yapmaya hak kazanmıştır.