

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEPREM ETKİSİ ALTINDA YAPI-KAZIK-ZEMİN ETKİLEŞİMİ

MUHAMMED SELAHADDİN AKIN

KOCAELİ 2021

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEPREM ETKİSİ ALTINDA YAPI-KAZIK-ZEMİN ETKİLEŞİMİ

MUHAMMED SELAHADDİN AKIN

Doç.Dr. Utkan MUTMAN

Danışman, Kocaeli Üniv.

.....

Prof.Dr. Sami ARSOY

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

.....

Dr.Öğr.Üyesi Ayşe Bengü SÜNBÜL GÜNER

Jüri Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniv.

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 28.12.2021

Etik Beyan ve Araştırma Fonu Desteği

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez proje çalışmasında,

- Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakça verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

Bu tez çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Muhammed Selahaddin AKIN

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan "***Lisanüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge***" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

Muhammed Selahaddin AKIN

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez kapsamında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile uygulaması önem kazanan yapı-kazık-zemin etkileşimi konusu işlenmiştir.

Yüksek lisans yapma heves ve isteğimi görüp hayallerimin önünü açan, tüm çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen, yüksek lisans çalışmam sürecinde tüm fedakarlıkları gösteren kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Utkan MUTMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Akademik çalışmalarım boyunca ilgi ve bilgisiyle inşaat mühendisliği mesleğini sevmemi sağlayan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen manevi ablam İnşaat Yüksek Mühendisi Dr. Zülal AKBAY ARAMA'ya sonsuz şükranlarımı sunarım. Değerli bilgilerini benden esirgemeyen, tez çalışmam boyunca tüm bilgi birikimini benimle paylaşan meslek büyüğüm İnşaat Yüksek Mühendisi Barış ŞAHİN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca her koşul ve durumda, her türlü desteklerini hissettiğim, her zaman fedakârlıkla yanımda olan eşim Elif BAL AKIN'a; bir deniz feneri gibi yolumu aydınlatan ve tüm emekleri ile yanımda olan annem Nejla AKIN'a, babam Doç. Dr. Mehmet Ali AKIN'a ve canım kardeşlerime minnetlerimi sunarım.

Aralık – 2021

Muhammed Selahaddin AKIN

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ.....	i
YAYIMLANA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi İle İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar.....	3
2.2. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi.....	5
2.2.1. Direkt (doğrudan) Yöntem.....	5
2.2.2. Altsistem Yöntemi.....	6
2.2.2.1. Kinematik Etkileşim.....	8
2.2.2.2. Eylemsizlik Etkileşimi.....	8
2.3. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşiminde Doğrusal Olmayan Yaylar.....	9
2.3.1. Katı Killer İçin P-y Eğrileri.....	10
2.3.1.1. Yeraltı Su Seviyesi Altındaki Statik Yükleme Durumu İçin P-y Eğrileri.....	10
2.3.1.2. Yeraltı Su Seviyesi Altında Çevrimsel Yükleme Durumu İçin P-y Eğrileri.....	13
2.3.1.3. Yeraltı Su Seviyesi Üstündeki Statik Yükleme Durumu İçin P-y Eğrileri.....	14
2.3.1.4. Yeraltı Su Seviyesi Üstünde Çevrimsel Yükleme Durumu İçin P-y Eğrileri.....	15
2.3.2. Yumuşak Killer İçin P-y Eğrileri.....	16
2.3.2.1. Statik Yükleme Durumu İçin P-y Eğrileri.....	16
2.3.2.2. Çevrimsel Yükleme Durumu İçin P-y Eğrileri.....	17
2.3.3. Kumlar İçin P-y Eğrileri.....	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1. Yöntem I'e Göre Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi.....	23
3.2. Yöntem II'e Göre Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi.....	23
3.3. Yöntem III'e Göre Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi.....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	30
4.1. Yapı Bilgisi.....	30
4.2. Jeofizik, Jeolojik ve Geoteknik Bilgilerin Derlenmesi.....	32
4.3. Sahaya Özel Zemin Davranışı Analizi Adımları.....	34
4.4. Sahaya Özel Deprem Kayıtlarının Seçilmesi.....	38
4.5. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Hesap Metodolojisi.....	41
4.5.1. Genel Hususlar.....	42
4.5.1.1. Yöntem III (nonlinear itme analizi ile-1b zemin etkileşimi.....	42
4.5.1.2. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşiminde Grup Etkisi.....	43
4.5.1.3. Kazıkların Yerleşim Planı.....	43

4.6.	Birinci Deprem Takımı ile Ø120cm Çaplı Fore Kazıkların Yapı- Kazık-Zemin Etkileşimi Hesapları	44
4.6.1.	Kinematik Etkileşim Analizleri Sonuçları	45
4.6.2.	P-y Yaylarının Oluşturulması.....	48
4.6.3.	Doğrusal Olmayan İtme ile Kazık-1B Zemin Etkileşimi.....	51
	4.6.3.1. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Analiz Sonuçları	55
	4.6.3.2. Kazıkların Değerlendirilmesi	61
4.7.	İkinci Deprem Takımı ile Ø120cm Çaplı Fore Kazıkların Yapı- Kazık-Zemin Etkileşimi Hesapları	62
4.7.1.	Kinematik Etkileşim Analizleri Sonuçları	62
4.7.2.	Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Analizi Sonuçları	64
4.7.3.	Kazıkların Değerlendirilmesi	70
4.8.	Birinci Deprem Takımı ile Ø65cm Çaplı Fore Kazıkların Yapı- Kazık-Zemin Etkileşimi Hesapları	71
4.8.1.	P-y Yaylarının Oluşturulması.....	71
4.8.2.	Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Analizi Sonuçları	74
4.8.3.	Kazıkların Değerlendirilmesi	81
4.9.	İkinci Deprem Takımı ile Ø65cm Çaplı Fore Kazıkların Yapı- Kazık-Zemin Etkileşimi Hesapları	82
4.9.1.	Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Analiz Sonuçları	82
4.9.2.	Kazıkların Değerlendirilmesi	88
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	89
	KAYNAKLAR.....	90
	EKLER	92
	KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	135
	ÖZGEÇMİŞ.....	136

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Deprem etkisi altında zemin-yapı etkileşimi	5
Şekil 2.2.	Direkt (doğrudan) yöntem	6
Şekil 2.3.	Altsistem yöntemi	7
Şekil 2.4.	Kinematik etkileşim.....	8
Şekil 2.5.	Eylemsizlik etkileşimi	9
Şekil 2.6.	Tekil kazığın yatay yükler altında davranışı.....	10
Şekil 2.7.	A_s sabitinin değişimi.....	11
Şekil 2.8.	Yeraltı su seviyesi altında statik durumda P-y Eğrisi.....	12
Şekil 2.9.	Yeraltı su seviyesi altında çevrimsel durumda P-y eğrisi.....	14
Şekil 2.10.	Yeraltı su seviyesi üstünde statik durumda P-y eğrisi.....	15
Şekil 2.11.	Yeraltı su seviyesi üstünde çevrimsel durumda P-y eğrisi.....	16
Şekil 2.12.	Statik yükleme durumunda P-y eğrisi	17
Şekil 2.13.	Çevrimsel yükleme durumunda P-y eğrisi	18
Şekil 2.14.	Kum için A_s veya A_c değerleri	19
Şekil 2.15.	Kum için B_s veya B_c değerleri	20
Şekil 2.16.	Statik ve çevrimsel yükleme durumları için P-y eğrisi.....	21
Şekil 3.1.	Yapı-kazık-zemin etkileşimi yaklaşımları.....	22
Şekil 3.2.	Yöntem I'e göre kinematik etkileşim hesap adımları.....	24
Şekil 3.3.	Yöntem I'e göre eylemsizlik etkileşim hesap adımları	25
Şekil 3.4.	Yöntem II'ye göre kinematik etkileşim hesap adımları	26
Şekil 3.5.	Yöntem II'ye göre eylemsizlik etkileşim hesap adımları.....	27
Şekil 3.6.	Yöntem III'e göre kinematik etkileşim hesap adımları	28
Şekil 3.7.	Yöntem III'e göre eylemsizlik etkileşim hesap adımları.....	29
Şekil 4.1.	Proje alanı mimari görünümü	31
Şekil 4.2.	Çalışmada kullanılan bir boyutlu tabakalı zemin modeli	36
Şekil 4.3.	Kazıklara ait yerleşim planı	44
Şekil 4.4.	X yönünde toplam en büyük yer değiştirmeler.....	46
Şekil 4.5.	Y yönünde toplam en büyük yer değiştirmeler.....	47
Şekil 4.6.	Ø120cm'lik kazık zemin P-y yay grafikleri ($B_G=0,90$ için).....	50
Şekil 4.7.	Yapı-kazık-zemin etkileşimi hesap modeli (X yönü).....	51
Şekil 4.8.	Yapı-kazık-zemin etkileşimi hesap modeli (Y yönü).....	51
Şekil 4.9.	Hesap modeli	52
Şekil 4.10.	Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafiği)(X yönü)	55
Şekil 4.11.	Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(X yönü)	55
Şekil 4.12.	Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafiği)(Y yönü)	56
Şekil 4.13.	Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(Y yönü)	56
Şekil 4.14.	Eylemsizlik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafiği)(X yönü)	57
Şekil 4.15.	Eylemsizlik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(X yönü)	57
Şekil 4.16.	Eylemsizlik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafiği)(Y yönü).....	58

Şekil 4.17. Eylemsizlik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(Y yönü)	58
Şekil 4.18. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü).....	59
Şekil 4.19. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü).....	59
Şekil 4.20. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (Y yönü).....	60
Şekil 4.21. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü).....	61
Şekil 4.22. Betonarme kazık “Section Designer” modeli	61
Şekil 4.23. Mevcut Ø120cm’lik kazık moment kapasitesi	63
Şekil 4.24. X yönünde toplam en büyük yer değiştirmeler.....	63
Şekil 4.25. Y yönünde toplam en büyük yer değiştirmeler.....	64
Şekil 4.26. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(X yönü)	64
Şekil 4.27. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(X yönü)	65
Şekil 4.28. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(Y yönü)	65
Şekil 4.29. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(Y yönü)	66
Şekil 4.30. Eylemsizlik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(X yönü)	66
Şekil 4.31. Eylemsizlik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(X yönü)	67
Şekil 4.32. Eylemsizlik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(Y yönü).....	67
Şekil 4.33. Eylemsizlik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(Y yönü)	68
Şekil 4.34. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü).....	68
Şekil 4.35. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü).....	69
Şekil 4.36. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(Y yönü)	69
Şekil 4.37. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü).....	70
Şekil 4.38. Betonarme kazık “Section Designer” modeli	70
Şekil 4.39. Mevcut Ø120cm’lik kazık moment kapasitesi	71
Şekil 4.40. Ø65cm’lik kazık zemin P-y yay grafikleri (B _G =1,00 için).....	74
Şekil 4.41. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(X yönü)	75
Şekil 4.42. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(X yönü)	75
Şekil 4.43. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(Y yönü)	76

Şekil 4.44. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(Y yönü)	76
Şekil 4.45. Eylemsizlik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(X yönü)	77
Şekil 4.46. Eylemsizlik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(X yönü)	77
Şekil 4.47. Eylemsizlik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(Y yönü).....	78
Şekil 4.48. Eylemsizlik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(Y yönü)	78
Şekil 4.49. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü).....	79
Şekil 4.50. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü).....	79
Şekil 4.51. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(Y yönü)	80
Şekil 4.52. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü).....	80
Şekil 4.53. Betonarme kazık “Section Designer” modeli	81
Şekil 4.54. Mevcut Ø120cm’lik kazık moment kapasitesi	81
Şekil 4.55. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(X yönü)	82
Şekil 4.56. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(X yönü)	82
Şekil 4.57. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(Y yönü)	83
Şekil 4.58. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(Y yönü)	83
Şekil 4.59. Eylemsizlik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(X yönü)	84
Şekil 4.60. Eylemsizlik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(X yönü)	84
Şekil 4.61. Eylemsizlik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(Y yönü).....	85
Şekil 4.62. Eylemsizlik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm)(Y yönü)	85
Şekil 4.63. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü).....	86
Şekil 4.64. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü).....	86
Şekil 4.65. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı)(Y yönü)	87
Şekil 4.66. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü).....	87
Şekil 4.67. Betonarme kazık “Section Designer” modeli	88
Şekil 4.68. Mevcut Ø120cm’lik kazık moment kapasitesi	88
Şekil A.1. Birinci depreme ait grafikler.....	93
Şekil A.2. İkinci depreme ait grafikler	94

Şekil A.3. Üçüncü depreme ait grafikler	95
Şekil A.4. Dördüncü depreme ait grafikler.....	96
Şekil A.5. Beşinci depreme ait grafikler.....	97
Şekil A.6. Altıncı depreme ait grafikler.....	98
Şekil A.7. Yedinci depreme ait grafikler	99
Şekil A.8. Sekizinci depreme ait grafikler.....	100
Şekil A.9. Dokuzuncu depreme ait grafikler	101
Şekil A.10. Onuncu depreme ait grafikler	102
Şekil A.11. On birinci depreme ait grafikler	103
Şekil B.1. Birinci depreme ait grafikler.....	104
Şekil B.2. İkinci depreme ait grafikler	105
Şekil B.3. Üçüncü depreme ait grafikler	106
Şekil B.4. Dördüncü depreme ait grafikler.....	107
Şekil B.5. Beşinci depreme ait grafikler.....	108
Şekil B.6. Altıncı depreme ait grafikler.....	109
Şekil B.7. Yedinci depreme ait grafikler	110
Şekil B.8. Sekizinci depreme ait grafikler.....	111
Şekil B.9. Dokuzuncu depreme ait grafikler	112
Şekil B.10. Onuncu depreme ait grafikler	113
Şekil B.11. On birinci depreme ait grafikler	114

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Aşırı konsolide killer için k_{py} değerleri	11
Tablo 2.2. Tipik ε_{50} değerleri	11
Tablo 2.3. Kum için tipik k_{py} değerleri	20
Tablo 3.1. Yöntemlerin uygulama alanları	22
Tablo 4.1. Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Bina Önem Katsayıları (I).....	31
Tablo 4.2. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS).....	32
Tablo 4.3. Laboratuvar indeks deneyleri	33
Tablo 4.4. İdealize zemin profili.....	34
Tablo 4.5. Çalışmada kullanılan zemin modeli özellikleri	36
Tablo 4.6. Hesaplarda kullanılacak birinci deprem takımı	40
Tablo 4.7. Hesaplarda kullanılacak ikinci deprem takımı	41
Tablo 4.8. Deprem kayıtlarına ait toplam zemin yer değiştirme sonuçları (X yönü).....	45
Tablo 4.9. Deprem kayıtlarına ait toplam zemin yer değiştirme sonuçları (Y yönü).....	46
Tablo 4.10. X yönü için hesaplanan azaltma katsayıları-1	48
Tablo 4.11. X yönü için hesaplanan azaltma katsayıları-2	48
Tablo 4.12. Y yönü için hesaplanan azaltma katsayıları.....	48
Tablo 4.13. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,90$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	49
Tablo 4.14. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,90$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)	49
Tablo 4.15. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,90$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	50
Tablo 4.16. Yer değiştirme yüklemeleri (X yönü)	53
Tablo 4.17. Yer değiştirme yüklemeleri (Y yönü)	53
Tablo 4.18. Yük birleşimleri (X yönü)	54
Tablo 4.19. Yük birleşimleri (Y yönü)	54
Tablo 4.20. Deprem kayıtlarına ait toplam zemin yer değiştirme sonuçları (X yönü).....	62
Tablo 4.21. Deprem kayıtlarına ait toplam zemin yer değiştirme sonuçları (Y yönü).....	64
Tablo 4.22. X yönü için hesaplanan azaltma katsayıları-1	72
Tablo 4.23. X yönü için hesaplanan azaltma katsayıları-2	72
Tablo 4.24. Y yönü için hesaplanan azaltma katsayıları.....	72
Tablo 4.25. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,90$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	73
Tablo 4.26. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,90$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)	73
Tablo 4.27. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,90$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	74
Tablo C.1. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,80$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)	115
Tablo C.2. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,80$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	115
Tablo C.3. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,80$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	116
Tablo C.4. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,70$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	116
Tablo C.5. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,70$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	117
Tablo C.6. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,70$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	117
Tablo C.7. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,60$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	118
Tablo C.8. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,60$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	118
Tablo C.9. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,60$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	119
Tablo C.10. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,50$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	119
Tablo C.11. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,50$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	120

Tablo C.12. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,50$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	120
Tablo C.13. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,40$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	121
Tablo C.14. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,40$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	121
Tablo C.15. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,40$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	122
Tablo C.16. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,30$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	122
Tablo C.17. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,30$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	123
Tablo C.18. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,30$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	123
Tablo C.19. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,20$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	124
Tablo C.20. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,20$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	124
Tablo C.21. Ø120cm'lik kazık $B_G=0,20$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	125
Tablo D.1. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,80$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)	126
Tablo D.2. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,80$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	126
Tablo D.3. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,80$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	127
Tablo D.4. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,70$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	127
Tablo D.5. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,70$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	128
Tablo D.6. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,70$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	128
Tablo D.7. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,60$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	129
Tablo D.8. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,60$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	129
Tablo D.9. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,60$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	130
Tablo D.10. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,50$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	130
Tablo D.11. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,50$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	131
Tablo D.12. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,50$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	131
Tablo D.13. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,40$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	132
Tablo D.14. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,40$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	132
Tablo D.15. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,40$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	133
Tablo D.16. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,30$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)	133
Tablo D.17. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,30$ için P(kN)-y(m) yayları (5-10m)	134
Tablo D.18. Ø65cm'lik kazık $B_G=0,30$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)	134

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C_u	: Drenajsız kayma mukavemeti
g	: Yer çekimi ivmesi
I	: Bina önem katsayısı
L	: Kazık boyu
$P-y$: Kuvvet-yer değiştirme ilişkisi
S	: Kazık aralığı
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
T_p	: Bina hakim doğal titreşim periyodu
V_s	: Zeminin kayma dalgası hızı (m/s)
γ'	: Efektif birim hacim ağırlık (kN/m ³)
ϕ	: Kayma mukavemeti açısı (°)
\emptyset	: Kazık çapı (cm)
β_G	: Azaltma katsayısı

Kısaltmalar

1D	: Bir doğrultuda
3B	: Üç boyutlu
API	: Amerikan Petrol Enstitüsü
BS	: Beton sınıfı
BKS	: Bina kullanım sınıfı
BYS	: Bina yükseklik sınıfı
DD	: Deprem düzeyi
DTS	: Deprem tasarım sınıfı
FN	: Faya normal
FP	: Faya paralel
PI	: Plastisite indisi
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TBEC	: Turkish Building Earthquake Code

DERPEM ETKİSİ ALTINDA YAPI-KAZIK-ZEMİN ETKİLEŞİMİ

ÖZET

Ülkemiz Kuzey Anadolu Fay Hattı, Doğu Anadolu Fay Hattı ve Kuzey Anadolu Fay Hatları'nın çerçevelediği bir kara parçasında yer almaktadır. Günümüz bilim ışığında deprem etkisinde dayanıklı yapıların inşa edilebilmesi için ülkemizde 2018 yılında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) yürürlüğe girmiş, deprem yönetmeliği güncellenmiştir. Aynı zamanda nüfusun hızlı artışı arazi yetersizliği sorununu da beraberinde getirmekte ve yapılması planlanan yapılar için uygun arazi seçimini zorlaştırmaktadır. Bu sebeplerden dolayı üstyapı yüklerinin inşa sahasında mevcut bulunan zemin profillerine taşınması da bir geoteknik mühendisliği problemidir. Yüzeysel temellerin yetersiz kalmasıyla birlikte derin temellerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Yapılar altında kazıklı temellerin tercih edilmesi durumunda üstyapı-kazık ve zeminin birbirini karşılıklı olarak etkilemesi yapı-kazık-zemin etkileşimi analizi olarak tanımlanmıştır. TBDY-2018'de de yapı-kazık-zemin etkileşiminin irdelenmesi için üç adet yöntem önerilmiştir. Bu tez kapsamında, İstanbul İlinde güçlendirilmiş bir yapı altında bulunan kazıkların TBDY-2018'e göre yapı-kazık-zemin etkileşimi hesaplarına (Yöntem-III) yer verilmektedir. Tez kapsamında modellemelerde kullanılan depremler ve mevcut kazıkların yerine alternatif olarak kullanılacak kazık çapları göz önüne alınarak farklı değişkenlerin kullanımının Yöntem-III uygulamalarındaki etkisi incelenecektir. Analizlerin sonucunda Yöntem-III e göre mevcut temel altı kazıkların üstyapıdan gelen yükleri güvenlikle taşıma durumu ve kazık kapasitelerinin yeterliliğinin değerlendirilmesi yapılacaktır. Sonuç olarak bu tez çalışması ile ülkemizde yeni yürürlüğe girmiş olarak kabul edilebilecek ve hali hazırda kullanılmakta olan TBDY-2018 kapsamında incelenen bir vaka analizi ve göz önüne alınan değişkenler ile türetilen vaka analizleri derin temellerin tasarlanmasında Yöntem-III'ün kullanılması ile yapılan projelendirmelerde mühendis ve araştırmacılara yol gösterici olacaktır. TBDY-2018'in önceki yönetmeliklere kıyasla yeni yöntemler içermesi sebebiyle tez kapsamında incelenecek vaka analizlerinin güncel literatüre önemli bir katkı sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018), Vaka Analizi, Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi, Yöntem-III.

STRUCTURE-PILE-SOIL INTERACTION UNDER EARTHQUAKE EFFECT

ABSTRACT

Our country is located on a piece of land framed by the North Anatolian Fault Line, the East Anatolian Fault Line and the North Anatolian Fault Lines. Turkish Building Earthquake Code (TBEC-2018) entered into force in 2018 in our country in order to construct earthquake-resistant structures in the light of today's science, and the earthquake regulation was updated. At the same time, the rapid increase in the population brings along the problem of land insufficiency and complicates the selection of suitable land for the planned structures. For these reasons, transferring the superstructure loads to the existing soil profiles at the construction site is also a geotechnical engineering problem. The use of deep foundations has become widespread as the shallow foundations are insufficient. If pile foundations are preferred under the buildings, the mutual influence of the structure-pile-soil is defined as the structure-pile-soil interaction analysis. In TBEC-2018, three methods were proposed to examine the structure-pile-soil interaction. Within the scope of this thesis, structure-pile-soil interaction calculations (Method-III) of the piles under a reinforced structure in Istanbul province according to TBEC-2018 are given. Within the scope of the thesis, the effects of the use of different variables on Method-III applications will be examined by considering the earthquakes used in the modeling and the pile diameters that can be used as an alternative to the existing piles. As a result of the analyzes, according to Method-III, the condition of carrying the loads from the structure of the existing foundation piles safely and the adequacy of the pile capacities will be evaluated. As a result, with this thesis study, a case analysis examined within the scope of TBEC-2018, which can be considered as newly enacted in our country and which is currently being used, and case analyzes derived from the variables taken into consideration, provide engineers and researchers with the use of Method-III in designing deep foundations will show the way. Since TBEC-2018 includes new methods compared to previous regulations, it is thought that the case analyzes to be examined within the scope of the thesis will make an important contribution to the current literature.

Keywords: Earthquake, Turkish Building Code (TBEC-2018), Case Study, Structure-Soil-Pile Interaction, Method-III.

1. GİRİŞ

Günümüzde bilimsel araştırmaların ve teknolojik gelişmelerin artmasına bağlı olarak, özellikle büyük Őehirlerde yüksek binaların, sanayi ve liman bölgelerinde ise karmaşık ve ağır yapıların inşası hızla artmaya başlamıştır. Bu gelişmeyle beraber dünya nüfusu hızla artarken bir yandan da üstyapı teknolojisi bu artışa paralel olarak günden güne gelişmektedir. Bu artışlar ve gelişmeler üstyapıların giderek yükselmesine, köprü ve viyadüklerde geçilen açıklıkların artmasına, yeni yapılan barajların ve gövdelerinin hacimlerinin daha büyük olmasına neden olurken üstyapıdan gelen yüklerin artmasını da beraberinde getirmektedir. Nüfusun hızlı artışı aynı zamanda arazi yetersizliği sorununu da beraberinde getirmekte ve yapılması planlanan yapılar için uygun arazi seçimini zorlaştırmaktadır. Bu sebeplerden dolayı tasarlanan binaların, köprüler ve viyadüklerin, baraj gövdelerinin üstyapı yüklerinin inşa sahasında mevcut bulunan zemin profillerine taşıtılması genellikle bir geoteknik mühendisliği problemi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, söz konusu durumda hem taşıma gücü problemi hem de oturma sınırlarının aşılması geoteknik mühendisliğinin önemini ön plana çıkarmaktadır.

Yüzeysel temeller (mütemadi ve radye temel) günümüzde genellikle kullanılan temel sistemlerindedir. Ancak üstyapı yüklerinin artması ile yüzeysel temellerde taşıma gücü ve oturma problemlerinin meydana gelerek bu temellerin yetersiz kalması nedeniyle derin temellerin kullanımını gitgide yaygınlaştırmakta ve/veya zorunlu hale getirmektedir. Derin temeller, üstyapıdan aktarılan yüklerin temel zeminleri tarafından taşınamayacağı durumlarda tercih edilen ve genellikle üst yapı ile direk etkileşimli inşa edilen yapısal sistemlerdir. Derin temellerin deprem etkisi altında tasarımı halen geoteknik mühendisliği araştırma ve uygulamalarında önemli bir yer tutmaktadır. Derin temeller, tipik olarak derinliği plandan bakıldığında plan görüntüsünün plan genişliğinin yaklaşık iki katından daha fazla olan temel tipini ifade eder. Derin temeller içinde yaygın olarak kullanılan temel tipi ise kazıklı temellerdir.

Bilindiği gibi ölkemiz fay hatlarının çerçevelediği bir kara parçasında yer almakta olup sık sık depremlerle yüzleşmektedir. Günümüz bilim ışığında deprem etkisinde dayanıklı yapıların inşa edilebilmesi için birçok yönetmelik mevcuttur. Ölkemizde de depreme dayanıklı binaların inşa edilebilmesi için 2007 yılında yürürlüğe girmiş olan Deprem

Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik kaldırılmış yerine 2018 yılında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) yürürlüğe girmiştir. Derin temellerin yaygınlaşması ile birlikte bu temellerin deprem performansı da ayrı bir araştırma konusu olarak ortaya çıkmaktadır. Kazıkların zemin ortamında yapı ile etkileşimi yapı-kazık-zemin etkileşimi olarak adlandırılmaktadır. Binalar altında yapılacak kazıkların deprem performansı ve üstyapı ile olan etkileşimlerini incelemek için TBDY-2018’de üç yöntem önerilmiştir. Yöntem-I olarak adlandırılan ilk yöntemde üstyapı, kazıklar ve zemin tek bir analiz modeli oluşturularak çözümlenmektedir (üstyapı, kazık ve zemin aynı analiz modelinde). Yöntem-II ve Yöntem-III’te ise üstyapı ve alt yapı için ayrı analiz modelleri geliştirilmekte ve analizler sonrasında birleştirilmektedir.

Bu tez kapsamında, İstanbul ilinde güçlendirilmiş bir yapı altında bulunan kazıkların TBDY-2018’e göre yapı-kazık-zemin etkileşimi hesaplarına (Yöntem-III) yer verilmektedir. Bu analizler, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nde verildiği şekilde birleştirilecek ve yapı-kazık-zemin etkileşimi analizleri tamamlanmış olacaktır. Tez kapsamında modellemelerde kullanılan depremler ve mevcut kazıkların yerine alternatif olarak kullanılacak kazık çapları göz önüne alınarak farklı değişkenlerin kullanımının Yöntem-III uygulamalarındaki etkisi incelenecektir. Analizlerin sonucunda Yöntem-III e göre mevcut temel altı kazıkların üstyapıdan gelen yükleri güvenlikle taşıma durumu ve kazık kapasitelerinin yeterliliğinin değerlendirilmesi yapılacaktır. Sonuç olarak bu tez çalışması ile ülkemizde yeni yürürlüğe girmiş olarak kabul edilebilecek ve hali hazırda kullanılmakta olan TBDY-2018 kapsamında incelenen bir vaka analizi ve göz önüne alınan değişkenler ile türetilen vaka analizleri derin temellerin tasarlanmasında Yöntem-III’ün kullanılması ile yapılan projelendirmelerde mühendis ve araştırmacılara yol gösterici olacaktır. TBDY-2018’in ülkemizde yeni yürürlüğe girmiş olması ve önceki yönetmeliklere kıyasla yeni yöntemler içermesi sebebiyle tez kapsamında incelenecek vaka analizlerinin güncel literatüre önemli bir katkı sunacağı düşünülmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

Tez çalışması kapsamında öncelikle yapı-kazık-zemin etkileşimi kapsamında yapılan araştırmalar derlenmiştir. Bu bölümde literatür araştırmalarına yer verilecektir. Daha sonra yapı-kazık-zemin etkileşimi anlatılacak ve bu etkileşim için kazık ile zemin ortamı arasındaki göreceli kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisini anlatan P-y yaylarına yer verilecektir.

2.1. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi İle İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar

(Yiğit, 2019), bu çalışmasında, TBDY-208'de yapı-kazık-zemin etkileşiminin ilk adımı olan kinematik etkileşim hesabını Yöntem III'te incelemiştir. Çalışması ve analizleri neticesinde, deprem kayıtlarının bölge şartlarına göre seçilmesini, kazıklı temellerin boyutlandırılırken taşıma güçlerine ek olarak oturma miktarlarının da göz önünde bulundurulmasını, kazıkların statik yükler altındaki davranışlarının dinamik durumdakinden çok farklı olduğunu ve kazıkların dinamik etkileşim analizlerinin yapılması gerektiğini önermiştir.

(Kurt, 2019), çalışmasında TBDY-2018 kapsamında İzmir ilinde konut projesi için yapılan geoteknik çalışmaları derlemiştir. Bu çalışmalarda bina altına yapılacak kazıkların yapı-kazık-zemin etkileşimlerini araştırmak için iki adet sonlu elemanlar modeli kurmuştur. İki boyutlu olarak kurmuş olduğu bu ortak sistem modelinde dinamik analizler gerçekleştirmiştir. Yaptığı dinamik analizler neticesinde; statik ve dinamik durumda kazıklarda oluşan iç kuvvet talepleri, kinematik etkileşimde bina yükünün ivme ve kazık kuvvetlerine etkisini incelemiştir.

(Keskin, 2018), çalışmasında betonarme bir yapıda kazık tasarımını yapı-kazık-zemin etkileşimini dikkate alarak gerçekleştirmiştir. Bu çalışmasında itme analizi ile kazık-1D etkileşim analizleri gerçekleştirmiştir. TBDY-2018'e göre Yöntem III kullanmıştır. Bu yöntemle göre doğrusal olmayan zemin yaylarını kullanarak zemin ortamı ile kazık arasındaki etkileşimi modellemiştir. Çalışmaları neticesinde zemin içerisinde yayılan deprem sonucunda kuvvetli yer hareketinin zemin içerisindeki kazıkları etkilediğini ve buna bağlı olarak yapı temelindeki etkin yer hareketinin frekans ve genlik bakımından etkileneceğini saptamıştır.

(Rahmani ve diğ., 2018), çalışmalarında yanal yükleme altında doğrusal olmayan statik ve sismik zemin-kazık etkileşimi için P-y yaylarının değerlendirilmesini yapmışlardır. Amerikan Petrol Enstitüsü'nün (API) yönergeleri genellikle yan yaylar için omurga eğrileri geliştirmek için benimsenmiştir. Makalenin amacı, bu uygulamanın güvenilirliğini değerlendirmektir. Yayların performansını değerlendirmek için yirmi yedi statik alan ve laboratuvar testi ve iki dinamik santrifüj testi simüle edilmiştir. Yayın sonucunda, API'de verilen yay örneklerinin zemin-kazık etkileşiminde yer alan ana mekanizmaları yakalayamadığı ve bu da kazık sapmalarının hatalı sonuçlar vereceğini göstermektedir. Gözlenen hataların yalnızca yay özelliklerinin yetersiz özelliklerinden değil, aynı zamanda zemin ortamının üç boyutlu konfigürasyonunun 1D zemin ortamı ile temsil edildiği ve yetersiz simülasyon yönteminden de kaynaklandığı gösterilmiştir.

(Bildik ve diğ., 2017), çalışmalarında bit vaka analizi ile kazıkların davranışlarını kinematik etkileşim ile incelemişlerdir. Vaka analizi çerçevesinde yapının altında bulunan kazık sistemi kinematik etkileşim yöntemi ile analiz edilmiştir. Söz konusu yapı altındaki zemin ortamını zayıf kil teşkil etmektedir. Kazıklar API yöntemi ile statik olarak analiz edilmiştir. Zemin ortamından gelen etkiler DeepSoil yazılımı ile modellenmiş olup analiz sonucunda zayıf kilden sonra gelen zayıf kaya ile kil birimi arasındaki geçiş bölgesinde zorlanmalar gözlemlenmiştir.

(Öztürk ve Işık, 2015), çalışmalarında sıvılaştıran zeminlerde kazık davranışını P-y yöntemi ile incelemişlerdir. Çalışmalarında 1964 yılında Niigata depreminde hasar görmüş bir adliye sarayının temelinde hasar alan bir adet kazık incelenmiştir. Bu vakada zemin ortamını teşkil edecek profil P-y eğrileri ile modellenmiştir. P-y eğrileri neticesinde kazıktaki iç kuvvet talepleri belirlenmiştir.

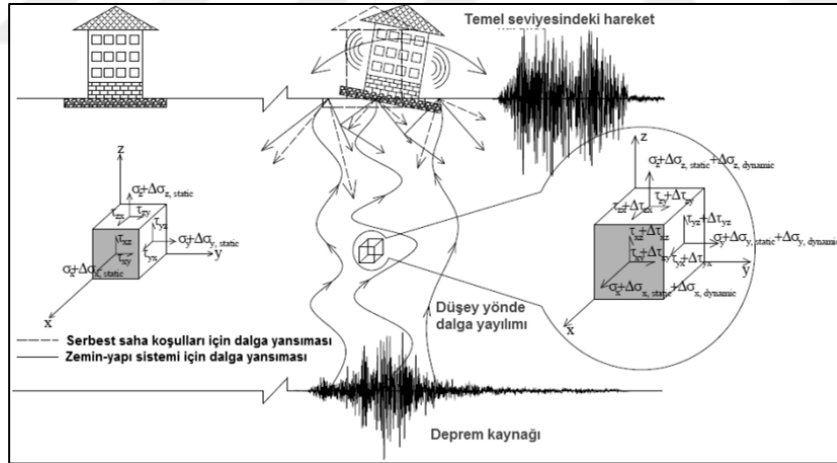
(Tahghighi ve Konagai, 2006), çalışmalarında yanal yüklemeye maruz kalan bir kazık grubu temel davranışını basitçe modelleyebilen doğrusal olmayan bir P-y elemanı sağlamışlardır. Elasto-plastik yan toprağı, Winkler tipi dağıtılmış bir model olarak ifade etmişlerdir. Böyle karmaşık bir durumun modellenmesinde yer alan basitleştirmeye rağmen, önerilen doğrusal olmayan zemin modeli, daha titiz 3B sonlu elemanlar yöntemleriyle hesaplandığı gibi sistem davranışını yeniden üretebilir. Benzetimlerinin yığın gruplarının davranışını iyi bir doğrulukla tahmin edebildiğini doğrulamak için

sayısal sonuçlar ayrıca mevcut fiziksel model verilerinden elde edilenlerle karşılaştırmışlardır.

(Özden ve Sütçüoğlu, 2004), çalışmalarında İzmir ili Aliğa ilçesi sınırlarında içinde yer alacak olan bir sanayi tesisi temel sistemi analizi ortaya koymuşlardır. Kazıklı temellerde ölçülmüş olan kinematik etkilere örnekler vermişlerdir. Kinematik etkiler kazık çapının küpüyle doğru orantılı olduğu için kazık çapının büyütülmesinin her zaman en güvenilir ve ekonomik çözüm anlamına gelmeyeceği belirtilmiştir.

2.2. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi

Yapı-zemin etkileşimi en genel anlamıyla yapının ve zemin ortamının birbirini karşılıklı olarak etkilemesi olarak tanımlanabilir. Yapı temelleri altında kazık bulunması durumunda ise bu etkileşime yapı-kazık-zemin etkileşimi adı verilir. Yapı-kazık-zemin etkileşimi deprem yükleri altında üstyapının, kazığın ve zemin ortamının birbirlerini karşılıklı olarak etkilemeleri olarak tanımlanır. Depremlerinde zemin ortamı ve yapının birbirini karşılıklı olarak etkilemesi Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



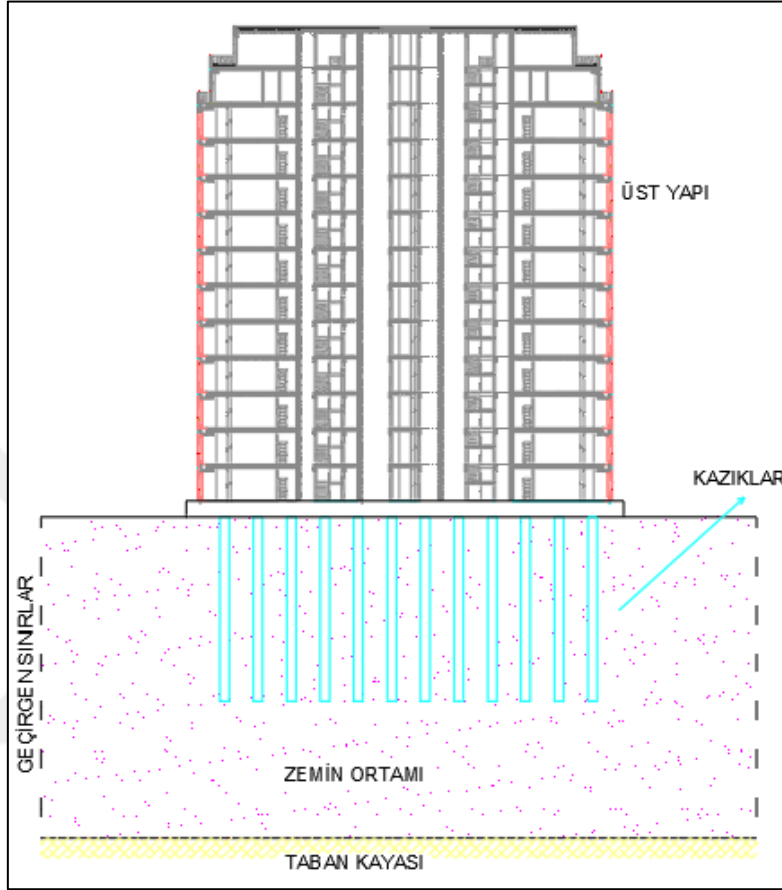
Şekil 2.1. Deprem etkisi altında zemin-yapı etkileşimi (Çetin vd., 2013)

Deprem etkisi altında yapı-kazık-zemin etkileşimi genel olarak iki alt başlık altında incelenir. Bunlar direkt (doğrudan) yöntem ve altsistem yöntemidir (Aydınöğlu 2011).

2.2.1. Direkt (doğrudan) Yöntem

Bu yöntemde deprem etkisi altında zemin ortamı, kazıklar ile üstyapı tek bir analiz modelinde modellenir (Şekil 2.2). Genellikle sonlu farklar analiz yönteminin

kullanıldığı bu analiz modelinde üstyapı ve altyapının tüm geometrik ve mekanik özellikleri nonlineer davranışı göz önüne alınarak modellenir. Kazıkların gömülü olduğu zemin ortamının sonsuzluğu geçirgen sınırlar konularak temsil edilir.

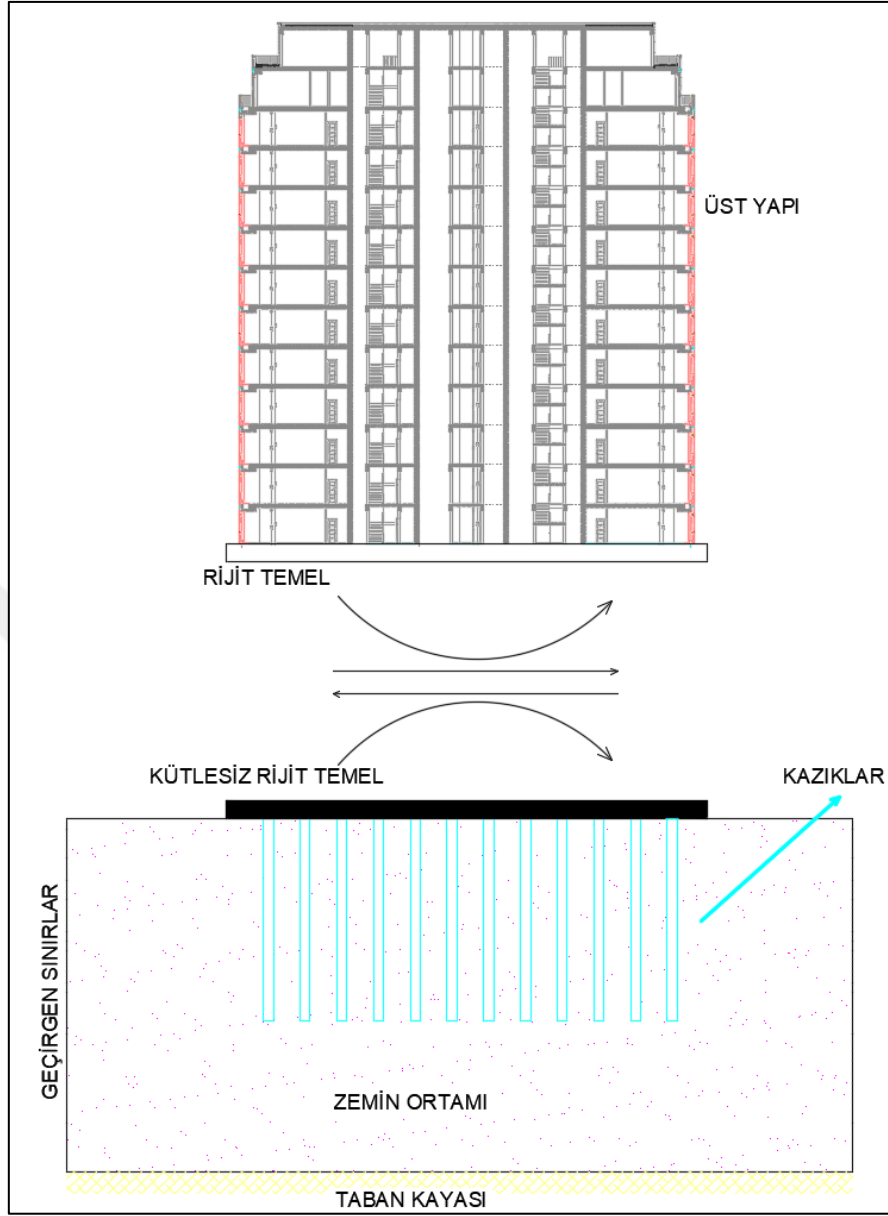


Şekil 2.2. Direkt (doğrudan) yöntem

Bu yöntemde deprem etkisi altında hem altyapıda hem de üstyapıda meydana gelebilecek nonlineer şekildeğişikliklerin tek bir analiz modelinde modellenebilmesi teorik olarak mevcut olsa da uygulamada pek pratik olmamaktadır. Bu yöntem yerine üstyapı ve altyapı gruplarının ayrı ayrı çalıştığı yapı-zemin nonlineer etkileşiminin pratik olarak analiz edilebilmesi için altsistem yönteminin kullanılması önerilmektedir (Aydınoglu, 2011).

2.2.2. Altsistem Yöntemi

Bu yöntemde deprem etkisi altında zemin ortamı, kazıklar ile üstyapı ayrı birer analiz modelinde modellenir (Şekil 2.3). Bu analiz modellerinde üstyapı ve altyapı ayrı birer altsistemlerdir.



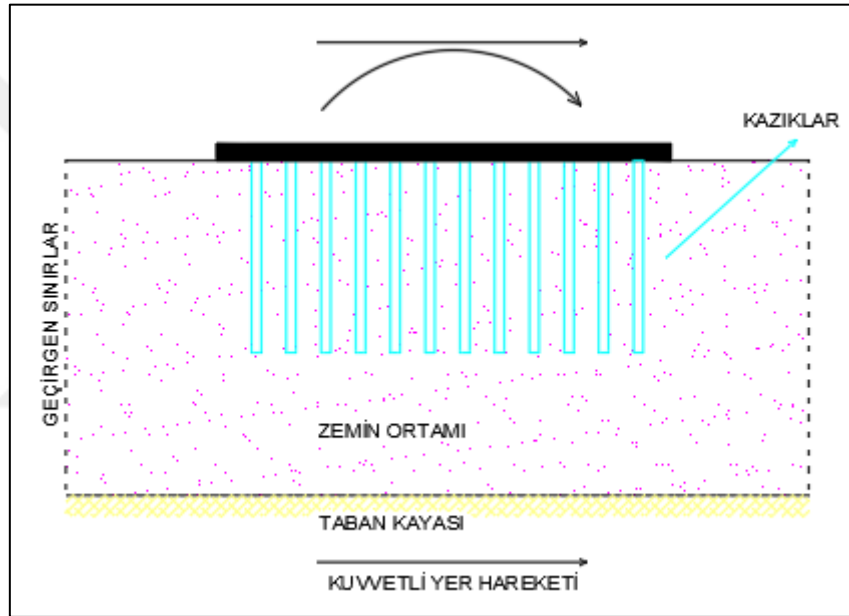
Şekil 2.3. Altsistem yöntemi

Altsistem yöntemi çerçevesinde göz önüne alınan zemin-kazık alt sisteminde, eğer varsa zemin iyileştirmeleri de göz önüne alınarak, zeminin tabakalar halinde nonlinear dinamik durumları, temel boyutları ve sınır koşulları dikkate alınır. Temel altında kazık olması durumunda kazıkların da nonlinear özellikleri dikkate alınır. Bu yöntem kinematik etkileşim ve eylemsizlik etkileşimi olarak ikiye ayrılır. Bu ayrım ilk kez Whitman (Whitman ve Bielak, 1980) tarafından üç adım yöntemi adı verilen bir yöntem ile önerilmiştir. Daha sonra Aydınoğlu (Aydınoğlu, 2011) tarafından bu yöntem günümüz koşullarında kullanılan kinematik etkileşim ve eylemsizlik etkileşimine

çevirilmiştir. Altsistem yönteminin pratikte yaygın olarak kullanılmasının sebebi her adımının birbirinden bağımsız olmasıdır.

2.2.2.1. Kinematik Etkileşim

Kinematik etkileşimde oluşturulan temel-kazık-zemin analiz modeline mühendislik ana kayasından ($V_s > 700$) tanımlanan kuvvetli yer hareketi etkililir (Şekil 2.4). Kuvvetli yer hareketinin etkisi altında zaman tanım alanında nonlineer analizler gerçekleştirilir. Kinematik etkileşim analizlerinde hesap modellerindeki zemin ortamı sonlu farklar, sonlu elemanlar ve doğrusal olmayan yaylar ile modellenebilir.

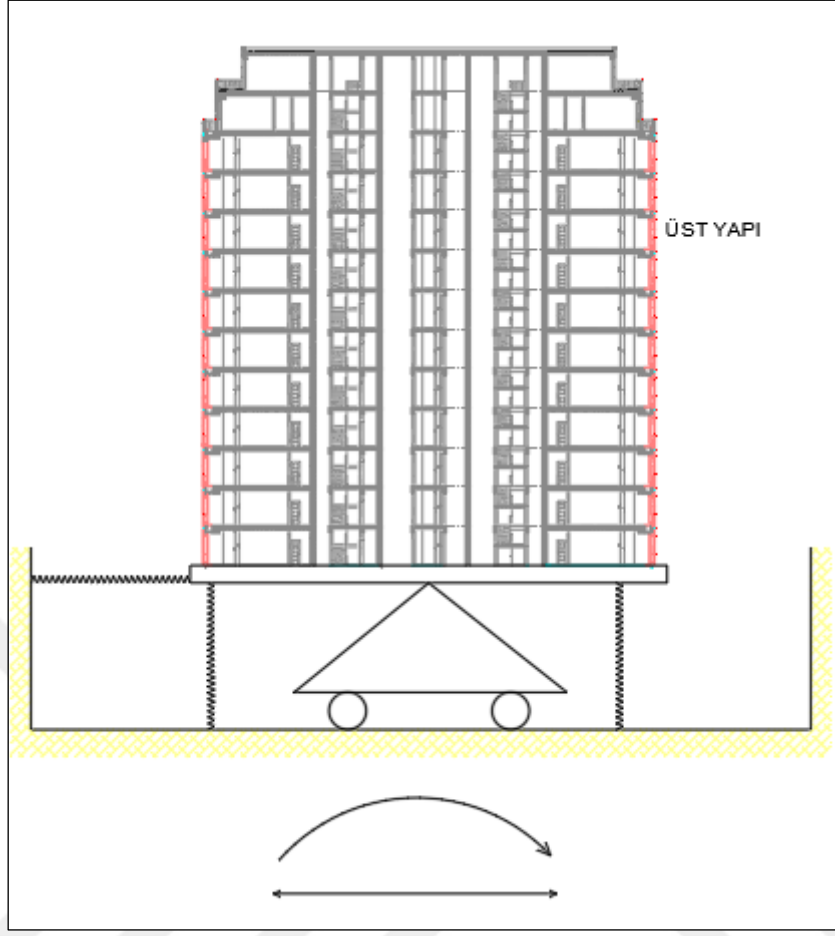


Şekil 2.4. Kinematik etkileşim

Kinematik etkileşimde mühendislik ana kayasından tanımlanan yeterli sayıda kuvvetli yer hareketi kaydı tasarım spektrumu ile uyumlu olacak şekilde ölçeklendirilir. Seçilen deprem kayıtları her iki yatay bileşen için zemin-kazık altsistemine etkililir (Aydınöğlü, 2011).

2.2.2.2. Eylemsizlik Etkileşimi

Altsistem yönteminin ikinci aşaması olan eylemsizlik etkileşiminde kinematik etkileşimde elde edilen “etkin temel hareketi” bileşimler binaya (üstyapıya) temel alt seviyesinde etkittirilir (Aydınöğlü, 2011) (Şekil 2.5).

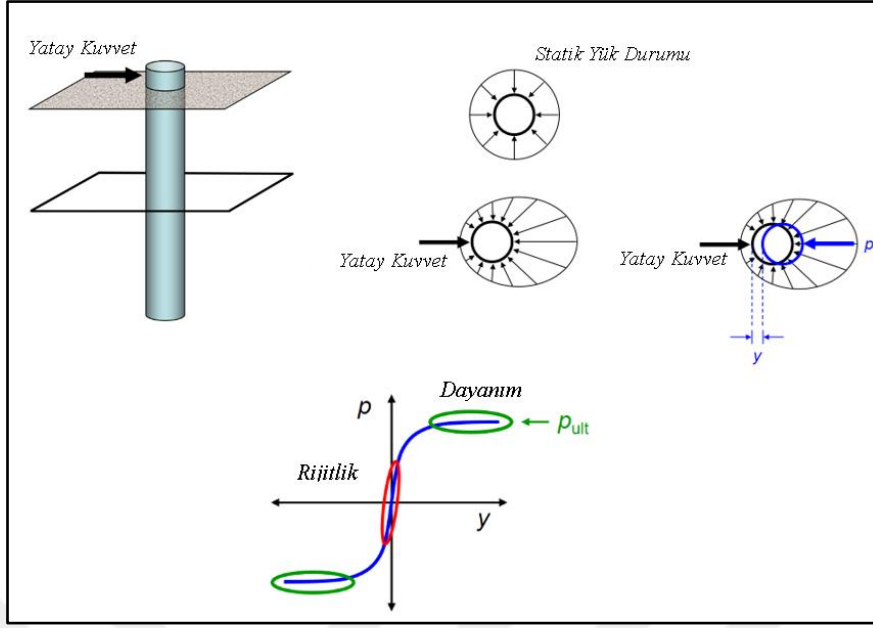


Şekil 2.5. Eylemsizlik etkileşimi

2.3. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşiminde Doğrusal Olmayan Yaylar

Yapı-kazık-zemin etkileşimi gerçekleştirilirken zemin ortamı ile kazık arasındaki göreceli kuvvet-yerdeğiştirme ilişkileri doğrusal olmayan yaylar ile modellenir. Zemin, derinlik ve zemin türüne göre değişen bir dizi doğrusal olmayan P-y yayları ile temsil edilir. P-y yaylarının oluşturulmasında, farklı zemin türleri için literatürde önerilen ampirik P-y formülasyonlarından yararlanılmaktadır.

P-y modeli, önceden belirlenmiş doğrusal olmayan yaylar olarak zeminin direncini tarif eden sayısal bir modeldir. Burada görülen “P” ve “y” parametreleri şu anlama gelmektedir; “y” kazığın yan yatay yüklenmesiyle yatay yönde oluşan yan yatay yer değiştirme, “P” kazığın yan yatay yer değiştirmesi sonucu zeminde ortaya çıkan ve kazık birim uzunluğuna etkileyen reaksiyon kuvvetidir (Şekil 2.6). Tezin ilerleyen aşamalarında incelenen vaka analizinde de bu ilişki P-y yayları ile modellenmiştir. Tezin bu bölümünde literatürde genel kabul görmüş doğrusal olmayan yatay P-y yayları irdelenecektir.



Şekil 2.6. Tekil kazığın yatay yükler altında davranışı

2.3.1. Katı Killer İçin P-y Eğrileri

Katı killer için literatürde kabul görmüş birçok araştırma mevcuttur. P-y eğrileri statik ve çevrimsel yükleme koşullarında ayrı ayrı verilmiştir.

2.3.1.1. Yeraltı Su Seviyesi Altında Statik Yükleme Durumu İçin P-y Eğrileri

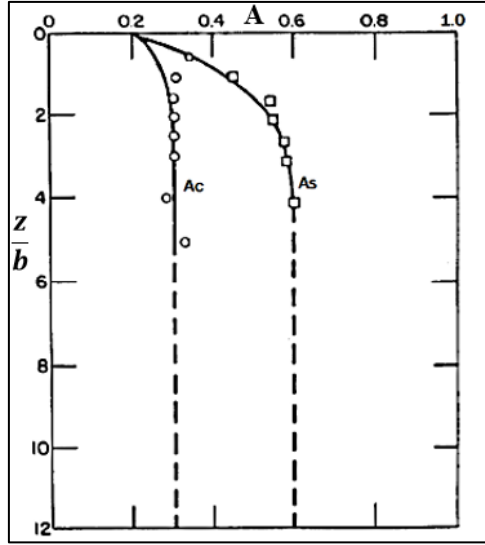
Yeraltı su seviyesi altındaki katı killerin statik yükleme durumunda P-y eğrileri Reese vd., tarafından aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanır (Reese vd., 1975).

- Zemin parametrelerinden kayma mukavemeti C_u , efektif birim hacim ağırlığı γ' , P-y eğrisinin elde edilmek istendiği derinlik z ve kazık çapı b belirlenir.
- Seçilen derinliğin üstündeki zeminin ortalama drenajsız kayma mukavemeti C_a hesaplanır.
- Denklem (2.1) ve Denklem (2.2) ile zeminin nihai direnci hesaplanır ve küçük olan alınır.

$$P_{ct} = 2 * C_a * \gamma' * b * z + 2,83 * C_a * z \quad (2.1)$$

$$P_{cd} = 11 * C_u * b \quad (2.2)$$

- Statik durum için A_s değeri Şekil 2.7'den seçilir.



Şekil 2.7. A_s sabitinin değişimi (Reese vd., 2011)

- Eğrinin ilk kısmı olan düz Denklem (2.3) kullanılarak oluşturulur. Denklemdaki k sabiti Tablo 2.1'den seçilir.

$$P = k_s * z * y \quad (2.3)$$

Tablo 2.1. Aşırı konsolide killer için k_{py} değerleri

	Ortalama Drenajsız Kayma Mulavemeti (kPa)		
	50-100	100-200	300-400
k_{pys} (statik), MN/m ³	135	270	540
k_{pyc} (çevrimsel), MN/m ³	55	110	540

- y_{50} değeri Denklem (2.4) yardımıyla hesaplanır. Denklemdaki ϵ_{50} sabiti Tablo 2.2 yardımıyla seçilir.

$$y_{50} = \epsilon_{50} * b \quad (2.4)$$

Tablo 2.2. Tipik ϵ_{50} değerleri

Kil Kıvamı	Ortalama Drenajsız Kayma Mukavemeti (kPa)	ϵ_{50}
Yumuşak	≤ 24	0,02
Orta	24 - 48	0,01
Katı	48 - 96	0,007
Orta Katı	96 - 200	0,005
Çok Katı	≥ 200	0,005

- Denklem (2.5) yardımıyla P-y eğrisinin ilk parabolik kısmı hesaplanır.

$$P = 0,5 * P_c * \left(\frac{y}{y_{50}}\right)^{0,5} \quad (2.5)$$

- Denklem (2.6) yardımıyla P-y eğrisinin ikinci parabolik kısmı hesaplanır. İkinci parabolik kısım şekilde $A_s * y_{50}$ değerinden $6 * A_s * y_{50}$ değerine kadar olan kısımdır (Şekil 1.8).

$$P = 0,5 * P_c * \left(\frac{y}{y_{50}}\right)^{0,5} - 0,055 * P_c * \left(\frac{y - A_s * y_{50}}{A_s * y_{50}}\right)^{1,25} \quad (2.6)$$

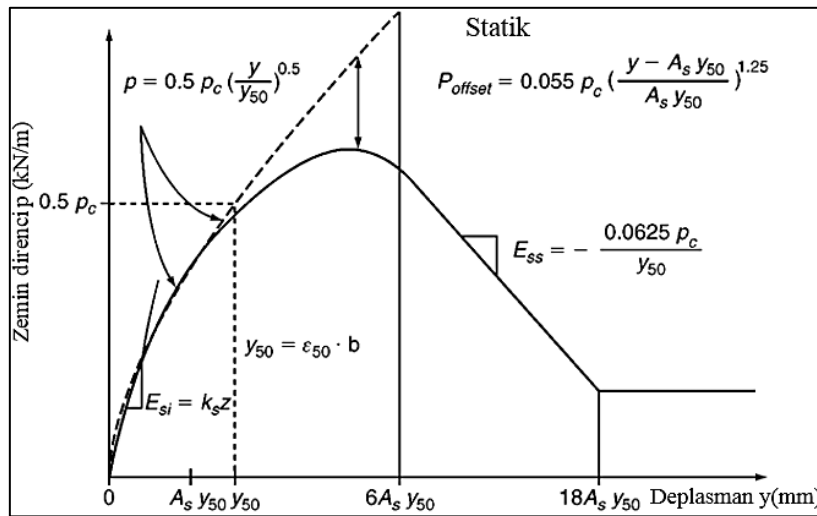
- Denklem (2.7) yardımıyla P-y eğrisinin ikinci düz kısmı oluşturulur. İkinci düz kısım şekilde $6 * A_s * y_{50}$ değerinden $18 * A_s * y_{50}$ değerine kadar olan kısımdır (Şekil 2.8).

$$P = 0,5 * P_c * (6 * A_s)^{0,5} - 0,411 * P_c - \left(\frac{0,0625}{y_{50}}\right) * P_c * (y - 6 * A_s * y_{50}) \quad (2.7)$$

- Denklem (2.8) veya Denklem (2.9) kullanılarak P-y eğrisinin son düz kısmı oluşturulur.

$$P = 0,5 * P_c * (6 * A_s)^{0,5} - 0,411 * P_c - 0,75 * P_c * A_s \quad (2.8)$$

$$P = P_c * (1,225 * \sqrt{A_s} - 0,75 * A_s - 0,411) \quad (2.9)$$



Şekil 2.8. Yeraltı su seviyesi altında statik durumda P-y eğrisi (Reese vd., 2011)

2.3.1.2. Yeraltı Su Seviyesi Altında Çevrimsel Yükleme Durumu İçin P-y Eğrileri

Yeraltı su seviyesi altındaki katı killerin çevrimsel yükleme durumunda P-y eğrileri Reese vd., tarafından aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanır (Reese vd., 1975).

- Zemin parametrelerinden kayma mukavemeti C_u , efektif birim hacim ağırlığı γ' , P-y eğrisinin elde edilmek istendiği derinlik z ve kazık çapı b belirlenir.
- Seçilen derinliğin üstündeki zeminin ortalama drenajsız kayma mukavemeti C_a hesaplanır.
- Denklem (2.10) ve Denklem (2.11) ile zeminin nihai direnci hesaplanır ve küçük olan alınır.

$$P_{ct} = 2 * C_a * \gamma' * b * z + 2,83 * C_a * z \quad (2.10)$$

$$P_{cd} = 11 * C_u * b \quad (2.11)$$

- Dinamik durum için A_c değeri Şekil 1.6'dan seçilir.

$$y_p = 4,1 * A_c * y_{50} \quad (2.12)$$

- Eğrinin ilk kısmı olan düz Denklem (2.13) kullanılarak oluşturulur. Denklemdaki k sabiti Tablo 1.1'den seçilir.

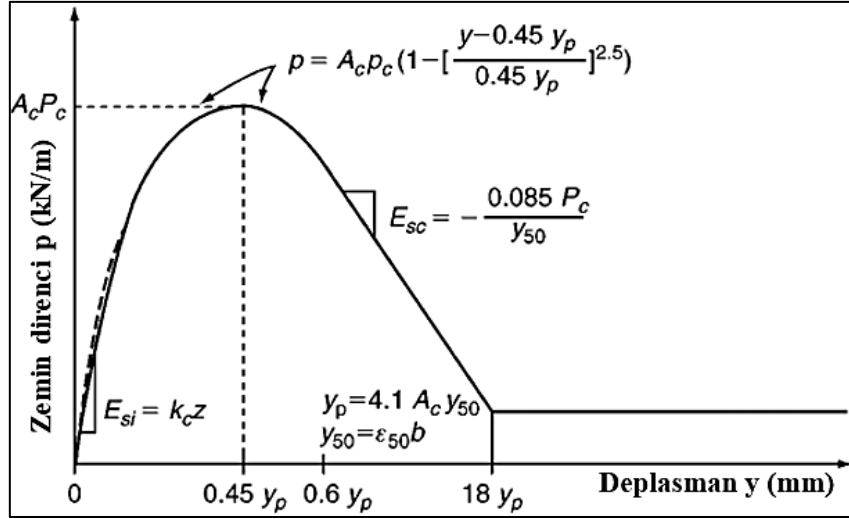
$$P = k_s * z * y \quad (2.13)$$

- y_{50} değeri Denklem (2.14) yardımıyla hesaplanır. Denklemdaki ϵ_{50} sabiti Tablo 2.2 yardımıyla seçilir.

$$y_{50} = \epsilon_{50} * b \quad (2.14)$$

- Denklem (2.15) yardımıyla P-y eğrisinin ilk parabolik kısmı hesaplanır. İlk parabolik kısım şekilde $0,45*y_p$ değerinden $0,6*y_p$ değerine kadar olan kısımdır (Şekil 2.9).

$$P = A_c * P_c * \left[1 - \left| \frac{y - 0,45*y_p}{0,45*y_p} \right|^{0,25} \right] \quad (2.15)$$



Şekil 2.9. Yeraltı su seviyesi altında çevrimsel durumda P-y eğrisi (Reese vd., 2011)

- Denklem (1.16) yardımıyla P-y eğrisinin ikinci düz kısmı hesaplanır. İkinci düz kısım şekilde $0.6 \cdot y_p$ değerinden $1.8 \cdot y_p$ değerine kadar olan kısımdır (Şekil 2.9).

$$P = 0,936 \cdot A_c \cdot P_c \cdot - \left(\frac{0,085}{y_{50}} \right) \cdot P_c \cdot (y - 0,6 \cdot y_p) \quad (2.16)$$

- P-y eğrisinin son düz kısmı hesaplanır. Denklem (2.16) şekilde $1,8 \cdot y_p$ değerine kadar hesaplanır (Şekil 2.9).

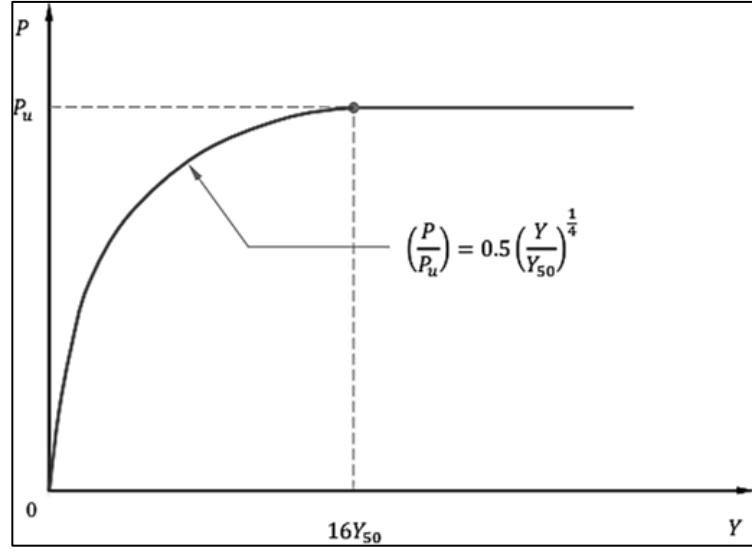
2.3.1.3. Yeraltı Su Seviyesi Üstünde Statik Yükleme Durumu İçin P-y Eğrileri

Yeraltı su seviyesi üstündeki katı killerin statik yükleme durumunda P-y eğrileri Welch ve Reese tarafından aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (Welch ve Reese, 1972)

- Zemin parametrelerinden kayma mukavemeti C_u , efektif birim hacim ağırlığı γ' ve kazık çapı b belirlenir. Hesaplarda kullanılacak ϵ_{50} sabiti Tablo 2.2 yardımıyla seçilir.
- Zeminin nihai direncini belirlemek amacıyla Denklem (2.17) ve Denklem (2.18) hesaplanır ve bu denklem sonuçlarından küçük olanı seçilir. J sabiti 0.5 olarak alınır.

$$P_{ult} = \left[3 + \left(\frac{\gamma'}{C_u} \right) \cdot z + \left(\frac{J}{b} \right) \cdot z \right] \cdot C_u \cdot b \quad (2.16)$$

$$P_{ult} = 9 \cdot C_u \cdot b \quad (2.17)$$



Şekil 2.10. Yeraltı su seviyesi üstünde statik durumda P-y eğrisi

- Zeminin nihai direncinin yarısındaki sapma (y_{50}) Denklem (2.18) ile hesaplanır ve bu denklem sonuçlarından küçük olanı seçilir. J sabiti 0.5 olarak alınır.

$$y_{50} = 2,5 * \epsilon_{50} * b \quad (2.18)$$

- Denklem (2.19) yardımıyla P-y eğrisi oluşturulur.

$$p = p_{ult} * 0,5 * \left(\frac{y}{y_{50}}\right)^{0,25} \quad (2.19)$$

- Şekil 2.10'da $16*y_{50}$ 'den sonraki değerler için zeminin nihai direnci sabittir.

2.3.1.4. Yeraltı Su Seviyesi Üstünde Çevrimsel Yükleme Durumu İçin P-y Eğrileri

Yeraltı su seviyesi üstündeki katı killerin çevrimsel yükleme durumunda P-y eğrileri Welch ve Reese tarafından aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (Welch ve Reese, 1972)

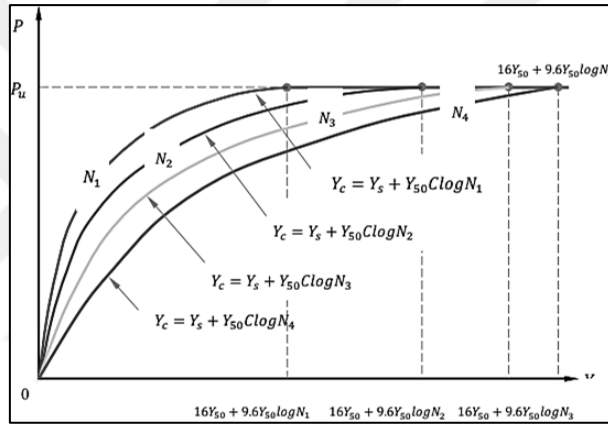
- Bölüm 2.3.1.3'te verilen hesaplar ile statik durumdaki P-y eğrisi çizilir.
- Tasarımda kullanılacak yanal yükün tasarlanacak kazığa ne kadar uygulanacağı belirlenir.
- Birkaç P/P_{ult} değeri için tekrarlanacak çevrimsel yükün deformasyona olan etkisini tanımlayan parametre Denklem (2.20) yardımıyla hesaplanır.

$$C = * 9,6 * \left(\frac{P}{P_{ult}} \right)^4 \quad (2.20)$$

- Bir önceki adımda seçilen birkaç P/P_{ult} değerlerine karşılık gelen P değerleri için Denklem (2.21) yardımıyla çevrimsel yükleme için yeni y değerleri hesaplanır. Bu denklemde y_s statik yükleme durumundaki sapmayı, y_{50} zemin direncinin yarısındaki sapmayı, y_c ise N yükü çevrimindeki sapmayı göstermektedir.

$$y_c = y_s + y_{50} * C \log N \quad (2.21)$$

En son adımda N -yük çevrimlerinden sonra zeminin tepkisi P - y eğrisi olarak tanımlanır.



Şekil 2.11. Yeraltı su seviyesi üstünde çevrimsel durumda P - y eğrisi

2.3.2. Yumuşak Killer İçin P - y Eğrileri

Yumuşak killer için literatürde kabul görmüş birçok araştırma mevcuttur. P - y eğrileri statik ve çevrimsel yükleme koşullarında ayrı ayrı olarak verilmiştir.

2.3.2.1. Statik Yükleme Durumu İçin P - y Eğrileri

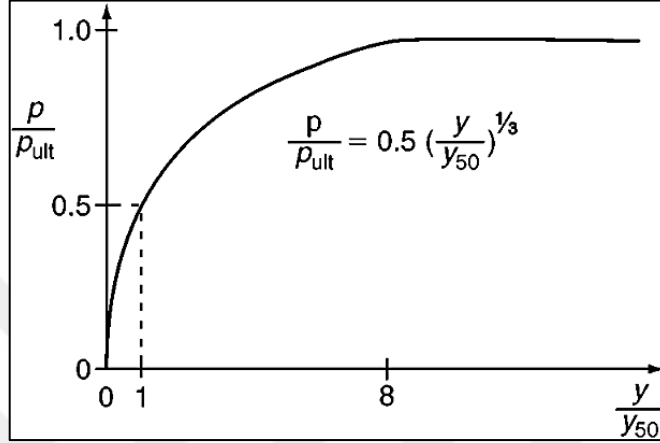
Yumuşak killerin statik yükleme durumunda P - y eğrileri Matlock tarafından aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanır (Matlock, 1970). Statik yükleme durumu için tipik P - y eğrisi Şekil 2.12’de verilmiştir.

- Nihai zemin direnci Denklem (2.22) ve Denklem (2.23)’ten küçük olan hesaplanarak bulunur. Zemin parametrelerinden kayma mukavemeti C_u , efektif

birim hacim ağırlığı γ' , P-y eğrisinin elde edilmek istendiği derinlik z, kazık çapı b ve J ampirik sabit (orta katı killer için 0.25, yumuşak killer için 0.50) belirlenir.

$$P_{ult} = \left[3 + \left(\frac{\gamma'}{C_u} \right) * z + \left(\frac{J}{b} \right) * z \right] * C_u * b \quad (2.22)$$

$$P_{ult} = 9 * C_u * b \quad (2.23)$$



Şekil 2.12. Statik yükleme durumunda P-y eğrisi

- Nihai zemin direncindeki sapma Denklem (2.24) yardımıyla hesaplanır. E50'nin tipik değerleri için Tablo 2.2'den faydalanılabilir.

$$y_{50} = 2,5 * \varepsilon_{50} * b \quad (2.24)$$

- Yer değiştirme (y) nihai zemin direncindeki sapma yardımıyla Denklem (1.25) ile elde edilir.

$$y = 8 * y_{50} \quad (2.25)$$

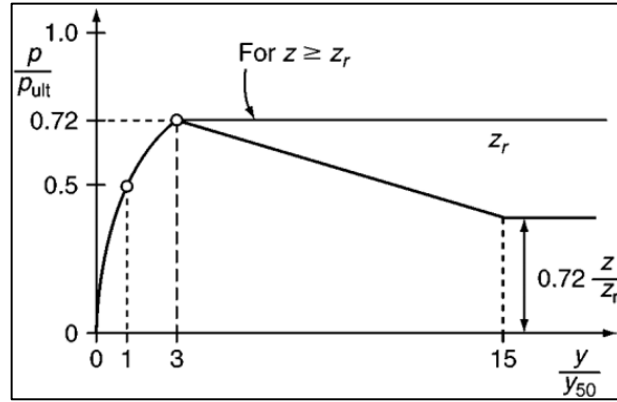
- Yanal zemin direnci yer değiştirme yardımıyla Denklem (2.26) ile elde edilir.

$$p = p_{ult} * 0,5 * \left(\frac{y}{y_{50}} \right)^{1/3} \quad (2.26)$$

2.3.2.2. Çevrimsel Yükleme Durumu İçin P-y Eğrileri

Yumuşak killerin çevrimsel yükleme durumunda P-y eğrileri Matlock tarafından aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanır (Matlock, 1970). Statik yükleme durumu için tipik P-y eğrisi Şekil 2.13'de verilmiştir.

- Dinamik durumda çevrimsel yükleme için $0,72 \cdot P_{ult}$ 'tan daha ufak P değerleri için P-y eğrileri statik durumdaki gibi oluşturulur.



Şekil 2.13. Çevrimsel yükleme durumunda P-y eğrisi

- Zeminin birim hacim ağırlığı ve drenajsız kayma mukavemeti derinliğe göre değişkenlik gösterebilir. Bu durumda z_r değeri Denklem (2.27) yardımıyla oluşturulmalıdır. Eğer P-y eğrisinin derinliği z_r 'den büyük veya eşitse P değeri $3 \cdot y_{50}$ 'den büyük tüm y değerleri için $0,72 \cdot P_{ult}$ değerine eşit kabul edilir. Eğer bu derinlik z_r değerinden az ise P değeri $0,72 \cdot P_{ult}$ değerinden $3 \cdot y_{50}$ değerine düşer ve bu değerden sonra sabit kalır.

$$z_r = \frac{(6 * c_u * b)}{(\gamma' * b + J * c_u)} \quad (2.27)$$

2.3.3. Kumlar İçin P-y Eğrileri

Kumların statik ve çevrimsel yükleme durumunda yeraltı suyu seviyesi altında ve üstünde P-y eğrileri Reese vd., tarafından aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanır (Reese vd., 1974).

- Zemin parametrelerinden kayma mukavemeti açısı ϕ , birim hacim ağırlığı γ , ve kazık çapı b belirlenir (Birim hacim ağırlık su seviyesine göre değişiklik gösterir).
- Denklem (2.28) yardımıyla α , Denklem (2.29) yardımıyla β ve Denklem (2.30) yardımıyla da K_a değerleri hesaplanır.

$$\alpha = \frac{\phi}{2} \quad (2.28)$$

$$\beta = 45 + \frac{\phi}{2} \quad (2.29)$$

$$K_a = \left(\tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \right)^2 ; K_0 = 0,4 \quad (2.30)$$

- Denklem (2.31) ve Denklem (2.32) ile zeminin nihai direnci hesaplanır ve küçük olan alınır.

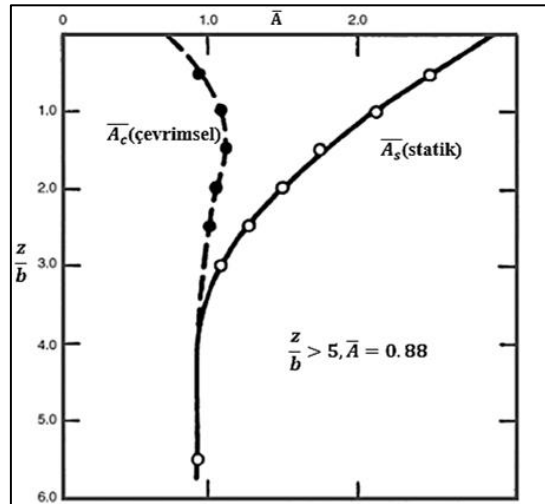
$$p_{st} = \gamma \cdot z \cdot \left(\frac{K_0 \cdot z \cdot \tan \phi \cdot \sin \beta}{\tan(\beta - \phi) \cdot \cos \alpha} + \frac{\tan \beta}{\tan(\beta - \phi)} \cdot (b + z \cdot \tan \beta \cdot \tan \alpha) \right) \quad (2.31)$$

$$p_{sd} = K_a \cdot b \cdot \gamma \cdot z \cdot ((\tan \beta)^8 - 1) + K_0 \cdot b \cdot \gamma \cdot z \cdot \tan \phi \cdot (\tan \beta)^4 \quad (2.32)$$

- Denklem (2.31) ve Denklem (2.32) çözülür. Bu denklem değerlerinin birbirlerine eşit olduğu derinlik z_t bulunur. Eğer $z < z_t$ ise Denklem (2.31) eğer $z > z_t$ ise Denklem (2.32) kullanılır.
- P-y eğrisinin oluşturulmak istendiği derinlik belirlenir.
- Denklem (2.33) veya Denklem (2.34) yardımıyla P_{ult} değeri hesaplanır. Bu değer sapmada $Y_u = 3 \cdot b / 80$ ortaya çıkar. Denklemlerde kullanılacak \bar{A}_s ve \bar{A}_c değerleri derinliğin çapa olan oranına göre Şekil 2.14'ten seçilir.

$$p_{ult} = \bar{A}_s \cdot p_s \quad (2.33)$$

$$p_{ult} = \bar{A}_c \cdot p_s \quad (2.34)$$

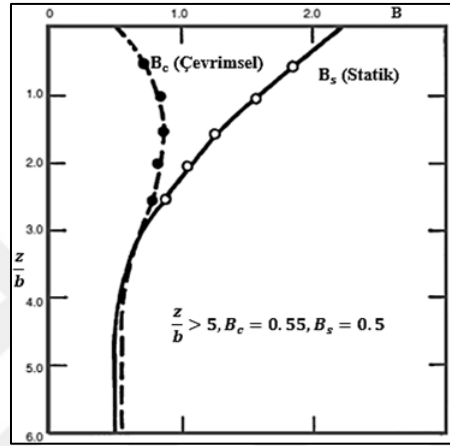


Şekil 2.14. Kum için \bar{A}_s veya \bar{A}_c değerleri

- Denklem (2.35) veya Denklem (2.36) yardımıyla P_m değeri hesaplanır. Bu değer sapmada $Y_m=b/60$ ortaya çıkar. Denklemlerde kullanılacak \overline{B}_s ve \overline{B}_c değerleri derinliğin çapa olan oranına göre Şekil 2.15'ten seçilir. Denklemlerdeki P_s ise için ise uygun denklem kullanılır.

$$p_m = \overline{B}_s * p_s \quad (2.35)$$

$$p_m = \overline{B}_c * p_s \quad (2.36)$$



Şekil 2.15. Kum için \overline{B}_s veya \overline{B}_c değerleri

- Denklem (2.37) yardımıyla P-y eğrisinin düz kısmı oluşturulur. Denklemdeki k_{py} değeri Tablo 2.3 yarımıyla seçilebilir.

$$P = k_{py} * z * y \quad (2.37)$$

Tablo 2.3. Kum için tipik k_{py} değerleri

Rölatif Sıklık	Gevşek Kum	Orta Sıkı Kum	Sıkı Kum
$k_{py}, MN/m^3$ (YASS Altında)	5.4	16.3	34
$k_{py}, MN/m^3$ (YASS Üstünde)	6.8	24.4	61

- Denklem (2.38) yardımıyla P-y eğrisinin parabolik kısmı oluşturulur. Şekil 1.15'te k ve m noktaları arasının çizimi yapılır. Demklemdeki n ve \bar{C} değerleri ise Denklem (2.39) ve Denklem (2.40) yardımıyla hesaplanır.

$$p = \bar{C} * y^{1/n} \quad (2.38)$$

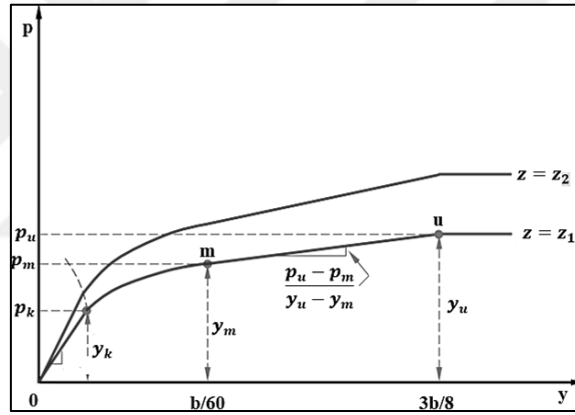
$$n = \left(\frac{P_m}{m} * y_m \right) \quad (2.39)$$

$$\bar{C} = \left(\frac{P_m}{y_m^{1/n}} \right) \quad (2.40)$$

- Şekil 2.16 eğrisinde m değeri ise Denklem (2.41), y_k mesafesi ise Denklem (2.42) yardımıyla hesaplanır.

$$m = \left(\frac{P_u - P_m}{y_u - y_m} \right) \quad (2.41)$$

$$y_k = \left(\frac{\bar{C}}{k_{py}} * x \right)^{n/n-1} \quad (2.42)$$



Şekil 2.16. Statik ve çevrimsel yükleme durumları için P-y eğrisi

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Ülkemizde heniz yürürlüğe girmiş olarak sayılabilecek Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde (TBDY-2018) Bölüm 16.10'da kazıklı temellerin deprem hesabı detaylı olarak verilmiştir. Tez kapsamında bu bölümde yönetmeliğin ilgili kısımlarına değinilecektir. Tez çalışmasında sunulacak vaka analizinde mevcut kazıklı temellerin deprem hesabı TBDY-2018'e göre gerçekleştirilecektir. TBDY-2018 Madde 16.10.1.2'ye göre kazıklı derin temellerin deprem hesabında yapı-kazık-zemin etkileşimi hesapları yapılmalıdır. Bu etkileşim yöntemi ortak sistem yaklaşımı ve alt sistem yaklaşımı olarak iki aşamada ele alınmıştır. Bu yaklaşımlar Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yapı-kazık-zemin etkileşimi yaklaşımları

Altsistem yaklaşımı TBDY-2018'de de iki aşamada ele alınmaktadır. Bunlar kinematik etkileşim ve eylemsizlik etkileşimidir. Bu aşamaların hesap yöntemleri ileride tek tek açıklanmıştır. Aynı zamanda yönetmelikte yapı-kazık-zemin etkileşimi üç ayrı yönetime ayrılmıştır. Bunlar Yöntem I, Yöntem II ve Yöntem III'tür. Bu yöntemlerin uygulanması *Deprem Tasarım Sınıfı*'na, *Yerel Zemin Sınıfı*'na ve *Bina Yükseklik Sınıfı*'na bağlı olarak TBDY-2018 Tablo 16.5'te tanımlanmıştır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Yöntemlerin uygulama alanları

Analiz Yöntemi	Deprem Tasarım Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfı	Yerel Zemin Sınıfı
Yöntem I	DTS = 1, 1a, 2, 2a	BYS = 1	ZD, ZE, ZF
Yöntem II	DTS = 1a, 2a	BYS = 2, 3	ZD, ZE, ZF
	DTS = 3, 3a, 4, 4a	BYS = 1	
Yöntem III	DTS = 1a, 2a	BYS \geq 4	ZD, ZE, ZF
	DTS = 1, 2, 3, 3a	BYS \geq 2	

TBDY-2018 Madde 16C.1.3e göre özellikle görelî yumuşak zeminlerde yapı temelinin derin kazıklı temel olarak inşa edildiği durumlarda kazıkların deprem davranışı önem arz etmeye başlar. Bu nedenle yapı-kazık-zemin etkileşimini irdelemek gerekmektedir. Mühendislik ana kayasından tanımlanan deprem dalgası zemin ortamı içerisinde yayılarak kazıklara ulaşır ve kazılarda önemli zorlanmalara ve şekildeğiştirmelere neden olur. Aynı zamanda kazıklar da üstyapıyı frekans ve genlik bakımından değişikliğe uğratabilirler.

3.1. Yöntem I'e Göre Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi

Yöntem-I'e göre yapı-kazık-zemin etkileşimi gerçekleştirmek için aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir. TBDY-2018'e göre Yöntem I kinematik etkileşim detayları şekil 3.2'de eylemsizlik etkileşimi detayları ise şekil 3.3'te verilmiştir.

- Yerel zemin sınıfı ZD, ZE veya ZF olmalıdır.
- Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 1, 1a, 2, 2a olmalıdır.
- Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) 1 olmalıdır.

3.2. Yöntem II'ye Göre Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi

Yöntem-II'ye göre yapı-kazık-zemin etkileşimi gerçekleştirmek için aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir. TBDY-2018'e göre Yöntem II kinematik etkileşim detayları şekil 3.4'te eylemsizlik etkileşimi detayları ise şekil 3.5'te verilmiştir.

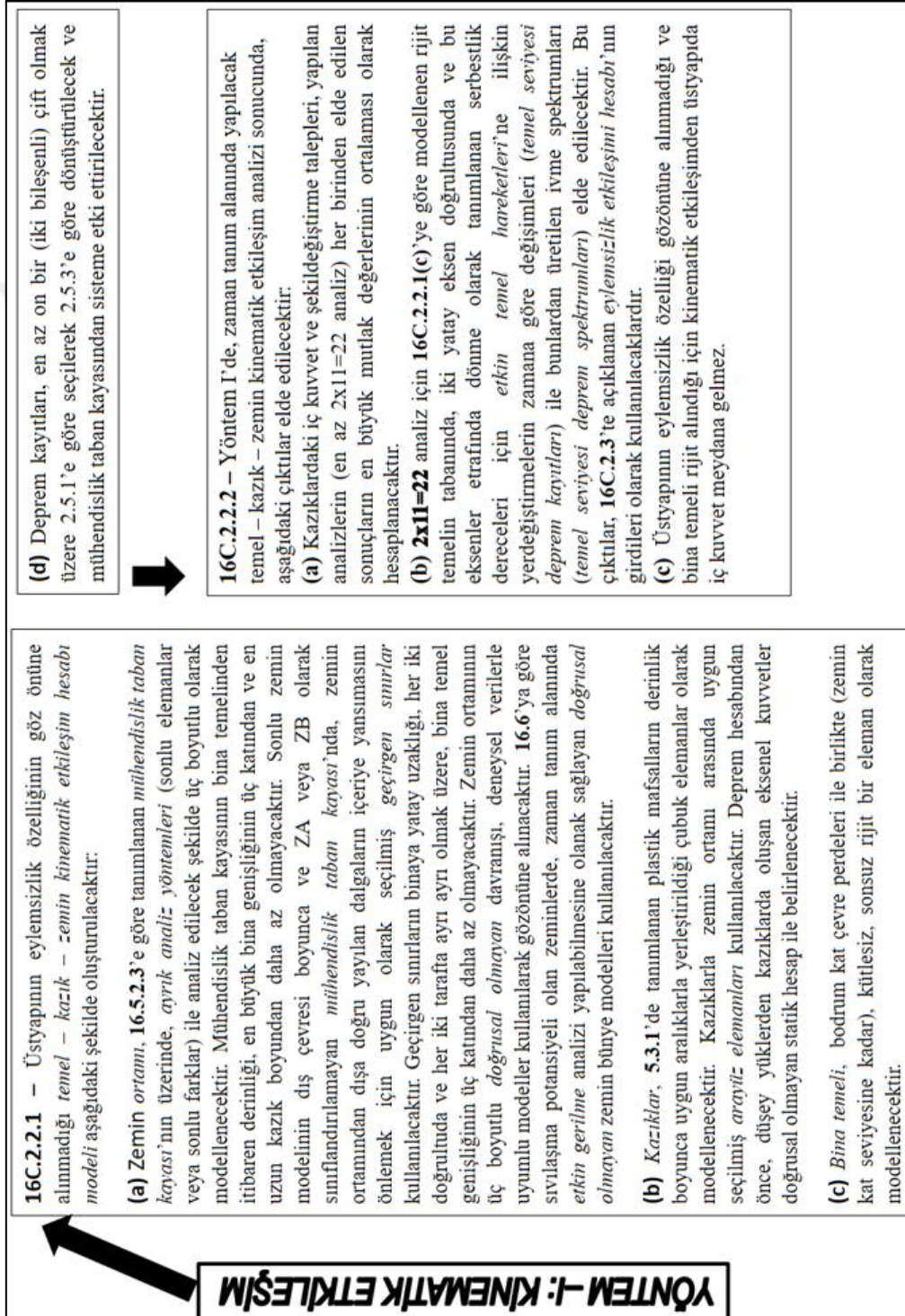
- Yerel zemin sınıfı ZD, ZE veya ZF olmalıdır.
- Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 3, 3a, 4, 4a ve Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) 1 olmalıdır. Bu koşul yerine aşağıdaki koşul da sağlanabilir.
- Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 1a, 2a ve Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) 2, 3 olmalıdır.

3.3. Yöntem III'e Göre Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi

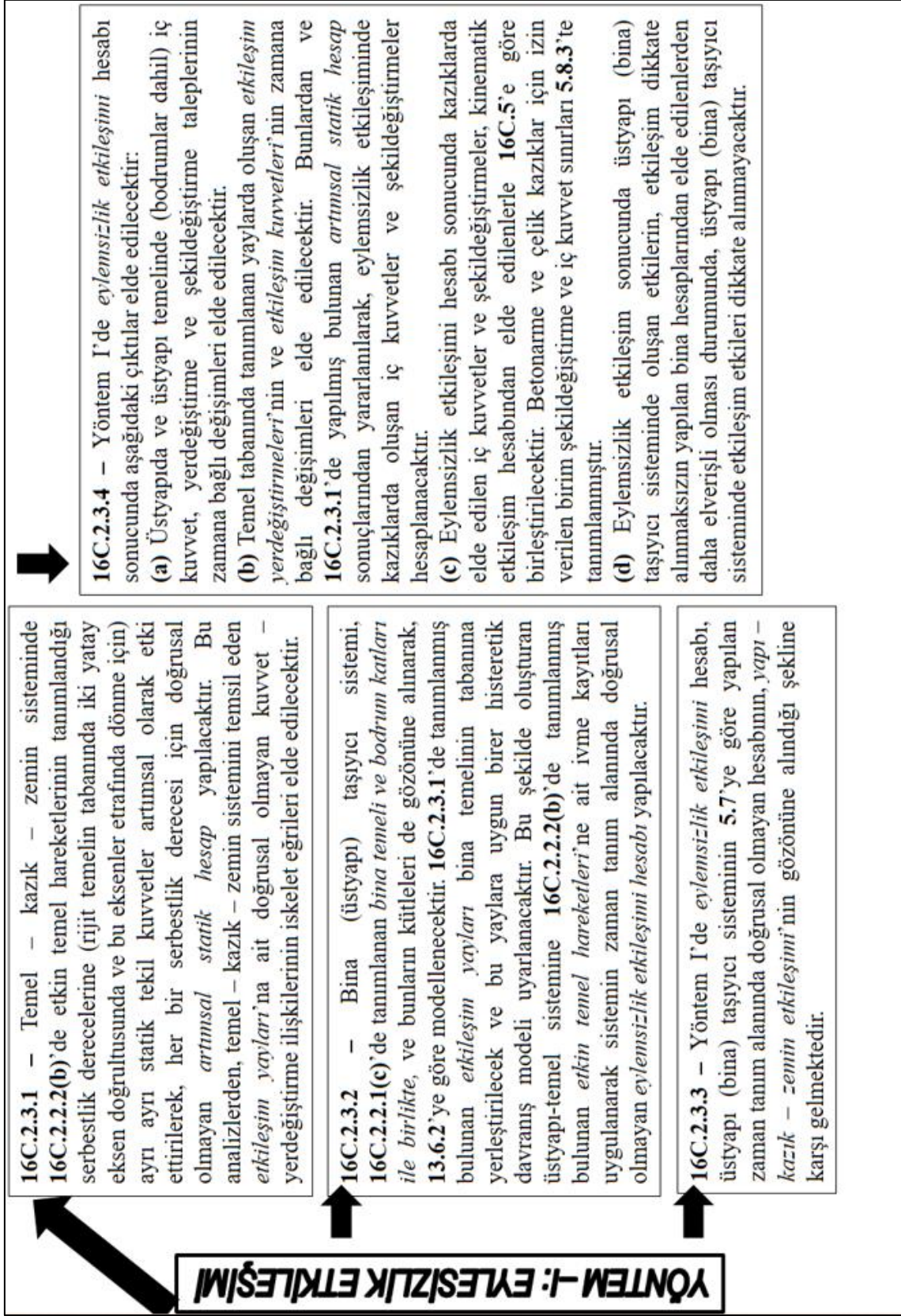
Yöntem-III'e göre yapı-kazık-zemin etkileşimi gerçekleştirmek için aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir. TBDY-2018'e göre Yöntem III kinematik etkileşim detayları şekil 3.6'da eylemsizlik etkileşimi detayları ise şekil 3.7'de verilmiştir.

- Yerel zemin sınıfı ZD, ZE veya ZF olmalıdır.

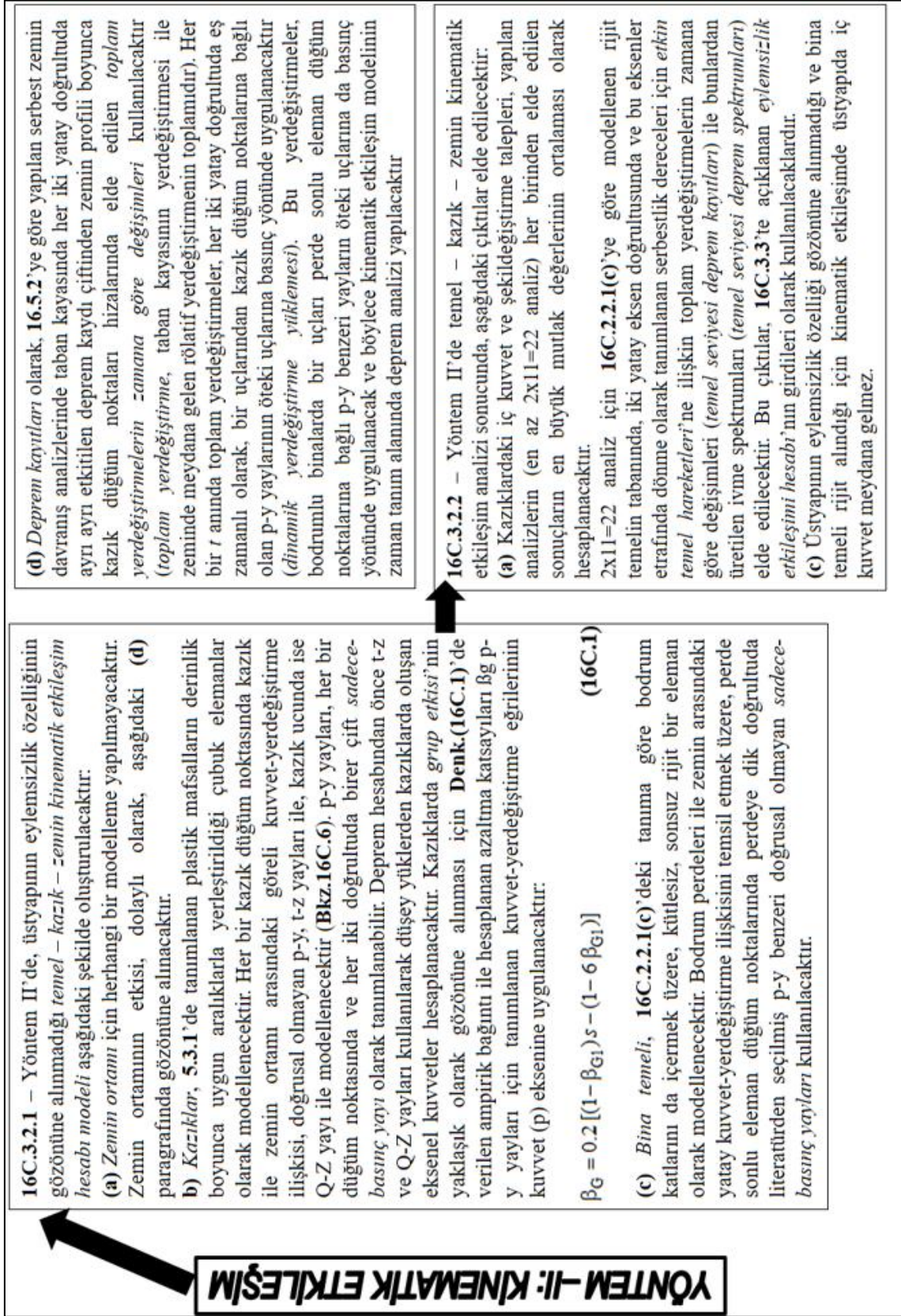
- Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 3, 3a, 4, 4a ve Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) 1 olmalıdır. Bu koşul yerine aşağıdaki koşul da sağlanabilir.
- Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 1a, 2a ve Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) 2, 3 olmalıdır. Bu koşul yerine aşağıdaki koşul da sağlanabilir.



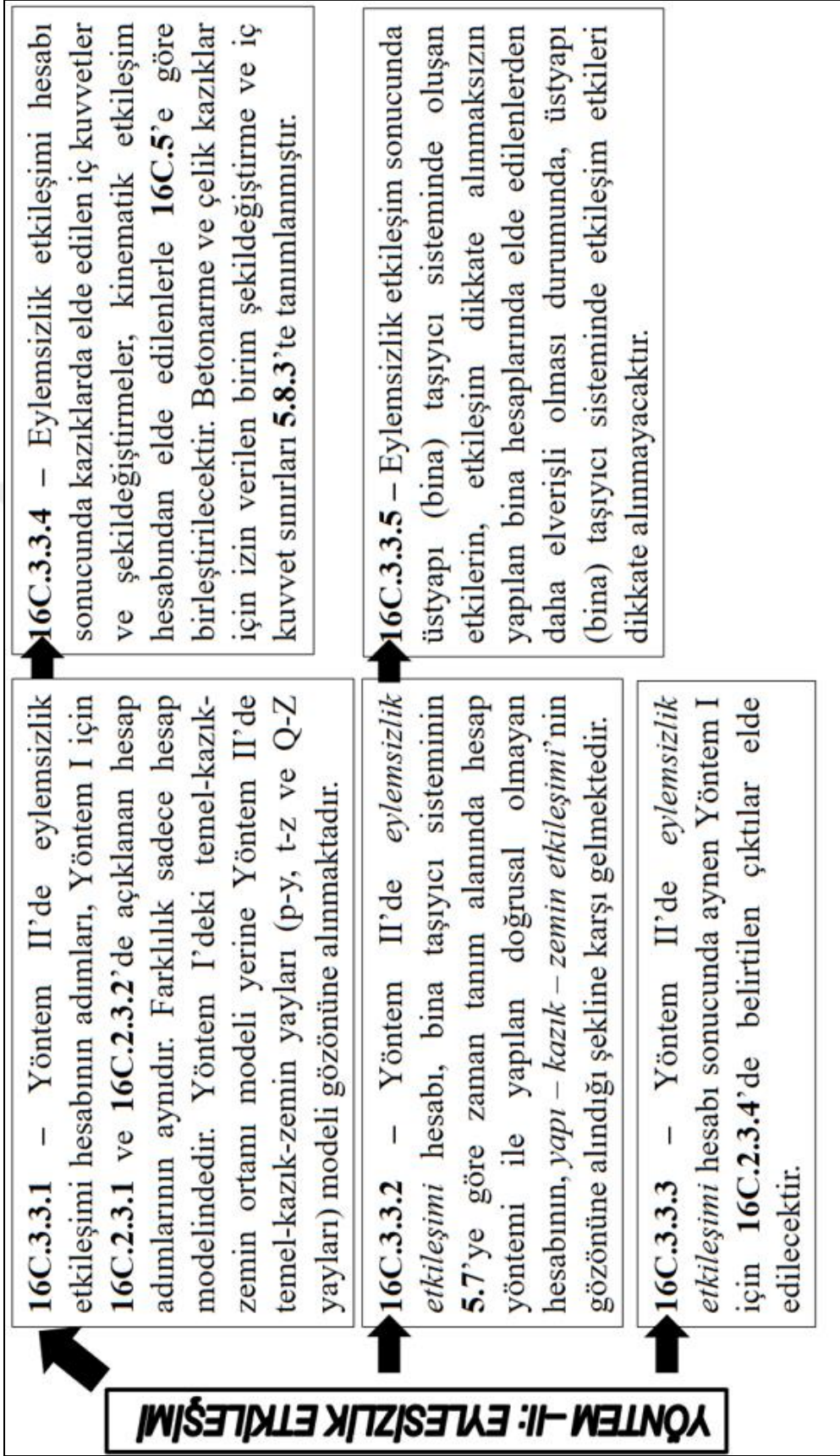
Şekil 3.2. Yöntem I'e göre kinematik etkileşim hesap adımları



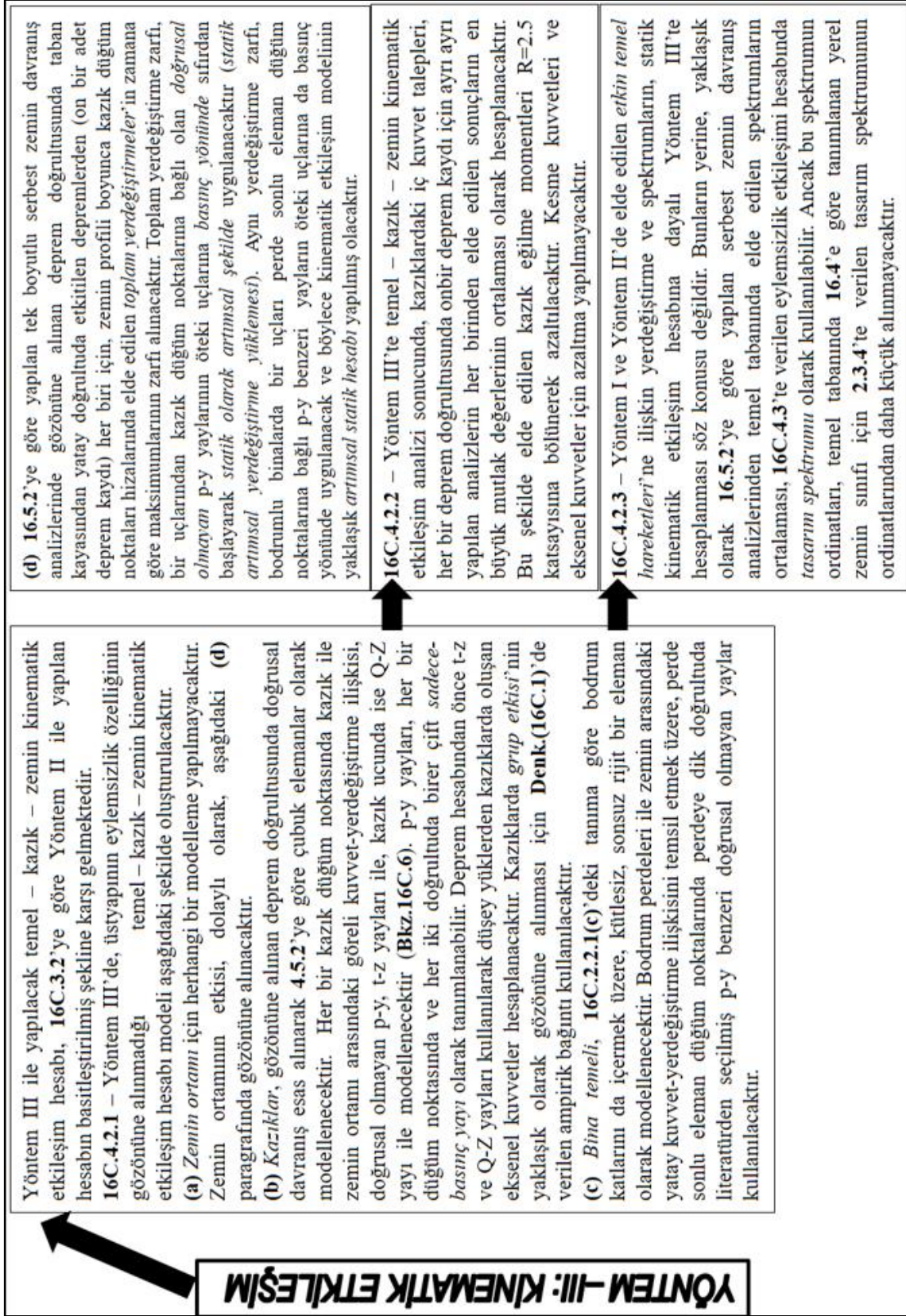
Şekil 3.3. Yöntem I'e göre eylemsizlik etkileşimi hesap adımları



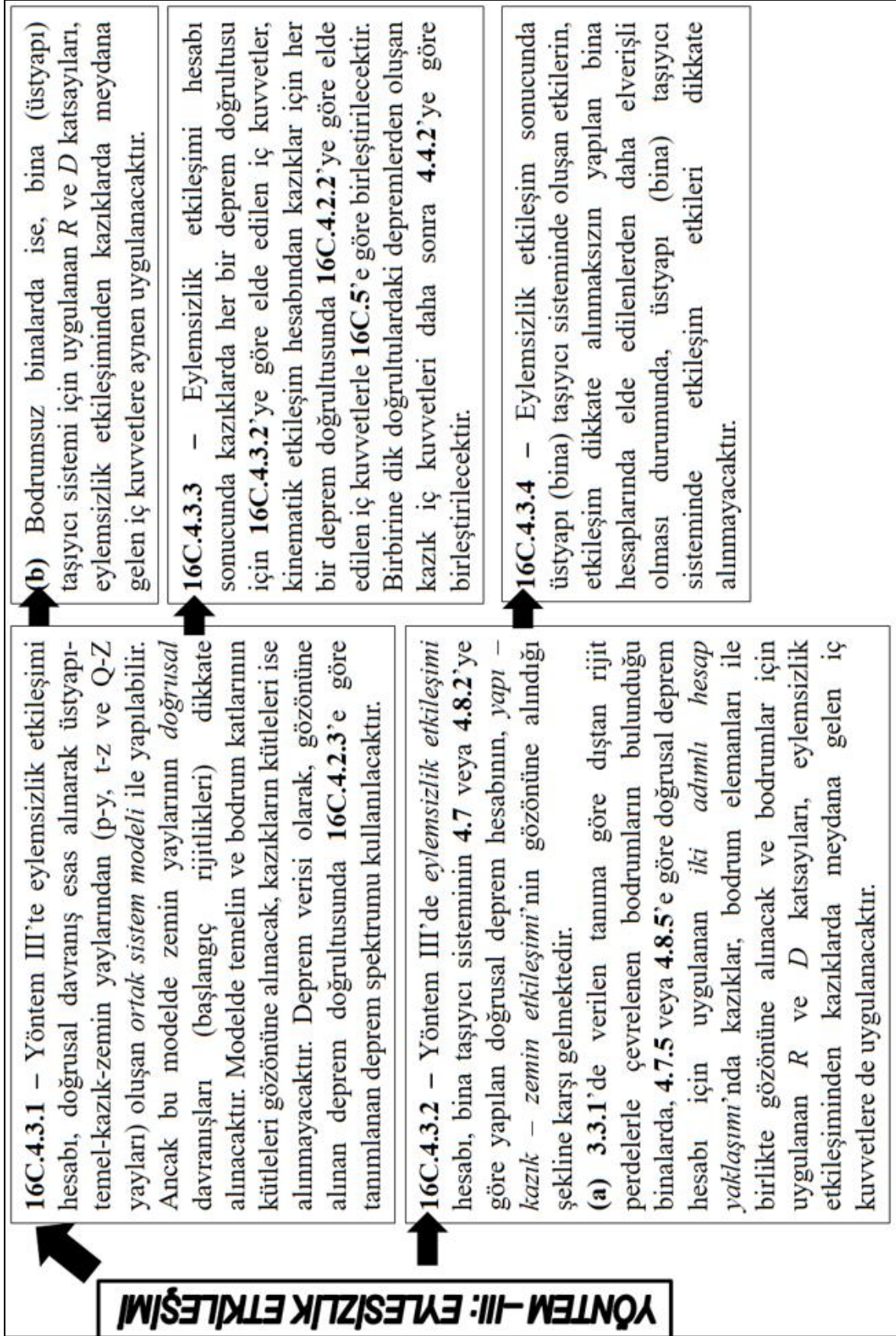
Şekil 3.4. Yöntem II’ye göre kinematik etkileşim hesap adımları



Şekil 3.5. Yöntem II’ye göre eylemsizlik etkileşimi hesap adımları



Şekil 3.6. Yöntem III'e göre kinematik etkileşim hesap adımları



YÖNTEM -III: EYLEMSİZLİK ETKİLEŞİMİ

Şekil 3.7. Yöntem III'e göre eylemsizlik etkileşimi hesap adımları

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bölüm 3’de ele alınan yöntemlerden Yöntem III ile bu bölümde İstanbul ilinde mevcut bir yapının temel altında bulunan kazıkların deprem performansı irdelenecektir. Bu bölümde öncelikle yapı altında bulunan Ø120 cm çapındaki kazıkların deprem etkisi altında etkileşim analizleri gerçekleştirilecektir. Daha sonra değişken olarak öncelikle seçilen 11 adet deprem takımı değiştirilerek kazıklardaki değişimler irdelenecektir. Sonrasında kazık çapı değiştirilecek ve yeni kazıkların yapı-kazık-zemin etkileşimi incelenecektir.

Yukarıda verilen amaçları gerçekleştirebilmek için sırasıyla aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

- TBDY-2018’e göre proje sahasına ait Deprem Düzeyi DD-2 tasarım spektrumları oluşturulmuştur.
- Proje sahası depremselliği ve TBDY-2018 ölçütleri göz önüne alınarak 2x11 adet deprem yer hareketi takımı seçilmiş ve DD-2 spektrumu ile uyumlu hale getirilmiştir.
- Proje sahasında yapılan geoteknik, jeofizik etütü ve inceleme raporları sonuçları kullanılarak proje sahası için tabakalı zemin modeli oluşturulmuş, proje sahası için seçilen ve DD-2spektrumu ile uyumlu hale getirilen deprem yer hareketleri altında zemin davranış analizi yapılmıştır.
- TBDY Madde 16.5.2.5’e göre yerel zemin etki katsayıları hesaplanmış ve temel altı düzeyin için sahaya özel deprem spektrumu elde edilmiştir.
- Tek boyutlu serbest zemin davranış analizlerinde gözönüne alınan deprem doğrultusundaki her biri için, zemin profili boyunca kazık düğüm noktalarının hizalarında elde edilen toplam yerdeğiştirmeler hesaplanmıştır.
- TBDY-2018 EK16C.2’ye göre Yöntem III (Doğrusal Olmayan İtme Analizi İle Kazık – 1B Zemin Etkileşimi) analizleri yapılmış ve sonuçları yorumlanmıştır.

4.1. Yapı Bilgisi

Bina 8 adet normal kat ve iki adet bodrum kattan oluşan betonarme bir binadır (Şekil 4.1). Toplam yapı yüksekliği 36.5 m olarak verilmiştir. Yapı temel sistemi kazıklı temel

(derin temel) olarak tasarlanmıştır. Temel altında L=16.0 metre boyunda Ø120 cm çaplı fore kazıklar tasarlanmıştır. Kazık aralıkları s=3.0 metre ile s=6.0 metre arasında değişmektedir. Üstyapıya ait hakim periyot 0.86 olarak verilmiştir. Bina kullanım amacına göre Bina Önem Katsayısı 1.0, Bina Kullanım Sınıfı BKS=3 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1).



Şekil 4.1. Proje alanı mimari plan görünümü

Tablo 4.1. Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Bina Önem Katsayıları (I)

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS=1	<p>Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</p> <p>a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p>b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.</p> <p>c) Müzeler</p> <p>d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar</p>	1.5
BKS=2	<p>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</p> <p>Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.</p>	1.2

Tablo 4.1. (Devam) Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ve Bina Önem Katsayıları (I)

BKS=3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0
-------	--	-----

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi için Yatay Elastik Spektrum'un elde edilmesi için gerekli olan, kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_s ve 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S_1 değerlerine <https://tdth.afad.gov.tr/> adresli internet sitesinden erişilmiştir. $S_s=1,362$ ve $S_1=0,364$; tasarım spektral ivme katsayıları ise $S_{DS}=1,635$ ve $S_{D1}=0,547$ olarak bulunmuştur.

Binada BKS=3 ve $S_{DS}=1.635$ olduğundan TBDY Tablo 4.2'ye göre Deprem Tasarım Sınıfı DTS=1 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.2. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketleri Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0,33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0,50 \leq S_{DS} < 0,75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0,75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

4.2. Jeofizik, Jeolojik ve Geoteknik Bilgilerin Derlenmesi

Çalışma kapsamında beş adet zemin sondajı gerçekleştirilmiştir. Bunlar SK-1=25,00 m, SK-2=30,00 m, SK-3=25,00 m, SK-4=30,00 m ve SK-5=25,00 m olarak gerçekleştirilmiştir.

Yapılan arazi çalışmaları kapsamında Standart Penetrasyon Testi, Presiyometre Testi; laboratuvar çalışmaları kapsamında elek analizi, su içeriği, birim hacim ağırlık, Attarberg limit deneyleri, direk kesme ve ödometre deneyleri; jeofizik çalışmalar kapsamında ise sismik kırılma ve çok kanallı yüzey dalgalarının analizi (MASW) çalışmaları yapılmıştır. Yapılan sondajlar sırasında ölçülen yeraltı su seviyesi (YASS) yüzeyden itibaren dört metrede gözlemlenmiştir. Yapılan laboratuvar deneyleri Tablo 4.3'te sunulmuştur.

Tablo 4.3. Laboratuvar indeks deneyleri

Çukur / Sondaj No.	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı
					No. 4 Kalan (%)	No. 200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS
SK-1	UD	4,50-5,00	27,7	19,01	13,72	86,28	64,3	28,3	36,1	CH
SK-1	SPT	6,00-6,45	23,00		37,96	62,04	40,1	21,1	19,00	CI
SK-1	UD	7,50-8,00	25,5	18,73	20,18	79,82	51,1	25,8	25,3	CH
SK-1	SPT	10,50-10,95	20,4		47,52	52,48	44,2	21,4	22,8	CI
SK-1	UD	20,00-20,50	27,4	19,17	24,7	75,3	54,6	25,3	29,3	CH
SK-2	SPT	3,00-3,45	21,9		38,36	61,64	42,6	23,4	19,2	CI
SK-2	UD	4,50-5,00	23,00	19,05	27,7	72,3	55,00	26,2	28,8	CH
SK-2	UD	7,50-8,00	25,5	18,81	29,02	70,98	50,9	27,00	23,9	CH
SK-2	SPT	9,00-9,45	20,4		29,42	70,58	42,00	21,8	20,2	CI
SK-2	UD	20,00-20,50	27,4	18,7	6,9	93,1	54,1	25,6	28,5	CH
SK-3	UD	7,50-8,00	20,4	18,31	36,8	63,2	31,2	15,8	15,4	CL
SK-3	UD	20,00-20,50	22,1	18,55	25,38	74,62	42,9	23,6	19,3	CI
SK-4	UD	4,50-4,95	25,7	18,36	37,04	62,96	44,4	22,2	22,2	CI
SK-4	SPT	6,00-6,45	18,2		40,68	59,32	37,4	16,8	20,6	CI
SK-4	UD	7,50-8,00	24,2	18,53	36,02	63,98	38,5	17,7	20,8	CI
SK-4	KAROT	20,00-20,50	23,8	18,7	42,48	57,52	43,5	19,5	24,00	CI
SK-5	SPT	4,00-4,45	17,1		59,98	40,02	33,00	15,7	17,3	SC
SK-5	KAROT	4,50-5,00	22,7	18,41	55,17	44,83	30,8	15,1	15,7	SC
SK-5	UD	7,50-8,00	18,1	18,6	32,18	67,82	39,2	18,9	20,3	CI
SK-5	SPT	9,00-9,45	21,5		41,98	58,02	44,4	22,1	22,3	CI
SK-5	KAROT	21,00-21,50	17,8	18,78	39,46	62,54	40,6	18,2	22,4	CI
SK-6	UD	4,50-5,00	18,7	18,65	35,68	64,32	42,9	21,5	21,4	CI
SK-6	SPT	6,00-6,45	21,9		37,86	62,14	38,2	19,4	18,8	CI
SK-6	UD	7,50-8,00	20,00	18,53	36,8	63,2	40,3	17,3	23,00	CI
SK-6	KAROT	20,50-21,00	23,00	18,31	36,68	63,32	40,6	20,5	20,1	CI

MASW-1 lokasyonunda yaklaşık yüzeyden 2,9 m derinliğe kadar bulunan birimlerin kayma modülü değerleri 2360 kg/cm² aralığında olmasından bu birimlerin Yatay Kuvvetlere Karşı Direnci; Orta, yaklaşık 2,9 m derinlikten 6,3 m derinliğe kadar bulunan birimlerin kayma modülü değerleri 4669 kg/cm² olmasından dolayı Yatay Kuvvetlere Karşı Direnci; Sağlam, 6,3 m derinlikten 30 m derinliğe kadar bulunan birimlerin kayma modülü değerleri 12296 kg/cm² olmasından bu derinlikten itibaren bulunan birimlerin Yatay Kuvvetlere Karşı Direnci; Çok Sağlam sınıfına girmektedir.

MASW-2 lokasyonunda yaklaşık yüzeyden 3,5 m derinliğe kadar bulunan birimlerin kayma modülü değerleri 1401 kg/cm² aralığında olmasından bu birimlerin Yatay Kuvvetlere Karşı Direnci; Zayıf, yaklaşık 3,5 m derinlikten 6,1 m derinliğe kadar bulunan birimlerin kayma modülü değerleri 1807 kg/cm² olmasından dolayı Yatay Kuvvetlere Karşı Direnci; Orta Sağlam, 6,1 m derinlikten 30 m derinliğe kadar bulunan

birimlerin kayma modülü değerleri 7225 kg/cm^2 olmasından bu derinlikten itibaren bulunan birimlerin Yatay Kuvvetlere Karşı Direnci; Sağlam sınıfına girmektedir.

Yapılan sismik çalışma sonucunda elde edilen kayma dalgası hızı değerlerinin 30 m derinlik için ortalama değerleri ($V_{s,30}$); sahanın bütün alanında hesaplanan V_{s30} değerleri 595 m/sn değer almasından TBDY-2018'e göre ZC zemin sınıfına girmektedir.

Yapılan sondajlarda karşılaşılan birimlere göre, inceleme alanının üst kısımlarında güncel dolgu gözlenmektedir. Kalınlığı ortalama 2,00-6,00 m mertebesindedir. Dolgu birimin altında yeşilimsi bej renkli, karbonat içeriği yüksek, orta plastisiteli, yer yer kireçtaşı-marn ara seviyeli kil birimleri yer almaktadır. Yaklaşık 6 m derinliklerde killer katı kile dönüşmektedir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. İdealize zemin profili

İDEALİZE ZEMİN PROFİLİ	Derinlik (m)
Dolgu	1,00-4,00
Sarımsı kahve renkli, çok katı kil "CI-CH"	4,00-6,00
Açık yeşil, yer yer kahve renkli çok katı sert kil "CH"	6,00-50,000

Çalışmalar değerlendirildiğinde mevcut bina temelini açık yeşil, yer yer kahve renkli çok katı sert kil (CI-CH) birimine oturmakta olduğu belirlenmiştir.

4.3. Sahaya Özel Zemin Davranış Analizi Adımları

TBDY-2018 16.5.1.2'ye göre bina temeli ve yakın çevresinde zemin ortamının yaklaşık olarak yatay tabakalardan oluştuğu durumlarda, sahaya özel zemin davranış analizleri için tek boyutlu yatay tabakalı serbest zemin modeli kullanılabilir.

TBDY-2018 16.5.2.1'e göre sahaya özel zemin davranış modelinin oluşturulması amacı ile, yatay zemin tabakalarında kayma birim şekil-değiştirmesi'ne bağlı olarak kayma modülleri'nin ve eşdeğer histeretik sönüm katsayıları'nın doğrusal olmayan değişimlerinin tanımlanması gereklidir. Bu parametreler, arazi ve laboratuvar deneylerine ve benzer zemin koşulları için literatürde yer alan ve genel kabul gören bilgilere göre tanımlanacaktır.

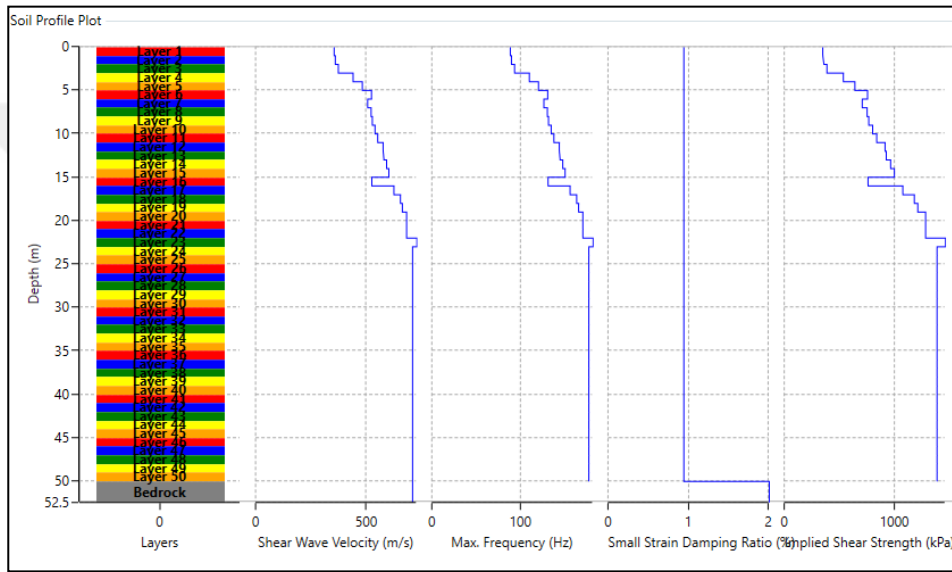
16.5.2.2'ye göre zemin davranış analizleri, yatay tabakalı serbest zemin modeli çerçevesinde taban kayasında tanımlanan deprem yer hareketi altında 16.5.2.1'de tanımlanan doğrusal olmayan dinamik zemin parametreleri esas alınarak aşağıdaki iki farklı analiz yöntemlerinden biri ile yapılacaktır:

- i. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz.
- ii. Kayma birim şekil-değiştirmesinin %1'i aşmaması koşulu ile, frekans tanım alanında eşdeğer doğrusal hesap modeli kullanılarak ardışık yaklaşımla doğrusal olmayan analiz.

TBDY-2018 16.5.2.3'e göre serbest zemin modeli aşağıdaki şekilde oluşturulacaktır:

- a) Tablo 16.1'e göre yerel zemin sınıfı ZA veya ZB olarak tanımlanan zemin tabakası, depremin zemin profiline etki ettirileceği mühendislik taban kayası olarak alınacaktır. Bu şekilde tanımlanan mühendislik taban kayasının bina temelinden itibaren derinliği, en büyük bina genişliğinin üç katından ve kazıklı sistemlerde en uzun kazık boyundan daha az olmayacaktır. Bu durumda 2.3.4'e veya 2.4.1'e göre tasarım deprem yer hareketini tanımlayan spektral büyüklükler, Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de ZA veya ZB yerel sınıfı için verilen yerel zemin etki katsayıları göz önüne alınarak küçültülecektir.
- b) Taban kayasının yukarıda verilen alt sınıra oranla çok daha derinlerde olması durumunda tabakalı zemin modeli, Tablo 16.1'e göre yerel zemin sınıfı ZC veya ZD olan zemin tabakası ile sonlandırılabilir. Bu durumda deprem etkisi, taban kayası yerine bu tabakanın üstünde tanımlanacak ve 2.3.4'e veya 2.4.1'e göre tasarım deprem yer hareketini tanımlayan spektral büyüklükler Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de ZC veya ZD yerel sınıfı için verilen yerel zemin etki katsayıları göz önüne alınarak büyütülecektir. Bu tabaka ve altındaki zemin ortamı, tek boyutlu zemin profili modelinde uygun geçirgen sınır koşulu kullanılarak idealleştirilecektir.
- c) Analizin hassasiyeti bakımından zemin tabakaları, yeteri kadar ince alt tabakalara ayrılacaktır. Zemin modelinin toplam derinliğine ilişkin belirsizlikler yanında, dinamik zemin parametrelerindeki belirsizlikler de uygun duyarlılık analizleri ile dikkate alınacaktır.

Mevcut bina için arazi çalışmaları kapsamında 2 profilde kırılma yöntemi ve yüzey dalgasının çoklu analizi (MASW) gerçekleştirilmiştir. Zemin davranış analizleri için kullanılacak zemin modellerinde bu iki sismik serimin ortalaması alınarak zemin profili elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında, TBDY 2018, 16.5.2.3 (a) ve (b)'ye göre tabakalı zemin modeli 50 m derinlikte ZC zemin tabakası ile sonlandırılmıştır. TBDY-2018 16.5.2.3 (c) göz önüne alınarak tabakalı zemin modeli 1.0 m kalınlıkta 50 tabakadan oluşturulmuştur (Şekil 4.2). Çalışmada Kullanılan Zemin Modeli Özellikleri (V_s , PI, G_{max}/G_{min}) Tablo 3.5 ile sunulmuştur.



Şekil 4.2. Çalışmada kullanılan bir boyutlu tabakalı zemin modeli

Tablo 4.5. Çalışmada kullanılan zemin modeli özellikleri

Derinlik	Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	V_s (m/s)	Dmin (%)	Ref, Strain (%)	Ref, Stress (MPa)	Stress-strain Curve Parameter (β)	Stress-strain Curve Parameter (s)	Stress-strain Curve Parameter (P1)	Stress-strain Curve Parameter (P2)	Stress-strain Curve Parameter (P3)
1	18,64	350	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
2	18,64	355,16	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
3	18,64	369,13	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
4	18,64	435,87	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
5	18,64	477,38	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
6	18,64	518,89	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
7	18,64	501,69	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4

Tablo 4.5. (Devam) Çalışmada kullanılan zemin modeli özellikleri

Derinlik	Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	V _s (m/s)	D _{min} (%)	Ref, Strain (%)	Ref, Stress (MPa)	Stress-strain Curve Parameter (β)	Stress-strain Curve Parameter (s)	Stress-strain Curve Parameter (P1)	Stress-strain Curve Parameter (P2)	Stress-strain Curve Parameter (P3)
8	18,64	517,45	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
9	18,64	522,69	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
10	18,64	534,83	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
11	18,64	547,09	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
12	18,64	571,47	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
13	18,64	574,97	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
14	18,64	587,17	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
15	18,64	597,63	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
16	18,64	520,52	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
17	18,64	620,29	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
18	18,64	649,92	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
19	18,64	658,65	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
20	18,64	677,8	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
21	18,64	677,8	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
22	18,64	677,8	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
23	18,64	724,32	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
24	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
25	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
26	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
27	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
28	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
29	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
30	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
31	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
32	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
33	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
34	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
35	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
36	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
37	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
38	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
39	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
40	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
41	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
42	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4

Tablo 4.5. (Devam) Çalışmada kullanılan zemin modeli özellikleri

Derinlik	Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	V _s (m/s)	D _{min} (%)	Ref, Strain (%)	Ref, Stress (MPa)	Stress-strain Curve Parameter (β)	Stress-strain Curve Parameter (s)	Stress-strain Curve Parameter (P1)	Stress-strain Curve Parameter (P2)	Stress-strain Curve Parameter (P3)
43	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
44	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
45	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
46	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
47	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
48	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
49	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4
50	18,64	704,82	0,933	0,104	0,18	1,455	0,84	0,874	0,4	1,4

4.4. Sahaya Özel Deprem Kayıtlarının Seçilmesi

Bu çalışma kapsamında TBDY 2018 DD2 deprem düzeyi ve yakın fay etkileri dikkate alınarak iki adet deprem takımı olacak şekilde 2x11 adet yer hareketi takımının seçilmesinde aşağıdaki maddeler dikkate alınmıştır:

- Her bir deprem yer hareketi takımı için bölge depremselliği ile uyumlu gerçek deprem ivme kayıtları kullanılacaktır.
- Spektrum uyumlu olarak üretilmiş yapay deprem yer hareketlerinin faz spektrumunun senaryo depremi parametreleri ile uyumlu gerçek deprem ivme kayıtlarının faz spektrumuna benzemesi gereklidir.
- Her bir deprem yer hareketi takımından hesaplanan 0s periyodundaki %5 sönüm oranlı spektral genliklerin ortalaması tasarım spektrumunun 0s periyodundaki spektral genliğinden (0,4S_{DS}) daha düşük olmamalıdır.
- Her bir deprem yer hareketi kaydı ivme genliğinin ±0,05g'yi ilk ve son olarak aştığı iki nokta arasında kalan süre, binanın doğal titreşim periyodunun 5 katından veya 15 saniyeden daha kısa olmamalıdır.
- e) Her bir deprem yer hareketi takımının iki bileşenine ait %5 sönüm oranlı spektrumların kareleri toplamının karekökü alınarak bileşke spektrum elde edilecektir.

- f) Bileşke spektrumun $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ (T_p =binanın hakim doğal titreşim periyodu) periyotları arasındaki genliklerinin, deprem tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinin 1.3 katından daha az olmaması kuralına göre, deprem yer hareketleri bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir. Her iki bileşenin ölçeklendirilmesi aynı oranlarda yapılacaktır.

Çalışma kapsamında TBDY-2018 spektrumu ile uyumlu deprem yer hareketlerinin seçilmesinde yukarıda belirtilen kurallar aşağıdaki gibi uygulanmıştır:

- i. Deprem yer hareketlerinin seçilmesinde PEER NGA Veri Bankası (PEER, 2013, <https://ngawest2.berkeley.edu/>) (4096 adet yer hareketi) kullanılmıştır.
- ii. Deprem moment büyüklüğü, $M_w=6,2-7,5$ Aralığında ve Zemin V_s hızı 508-726 m/s aralığında deprem yer hareketleri seçilmiştir.
- iii. Seçilen deprem yer hareketlerinin fay hattına en yakın mesafesi 2~21 km arasında değişmektedir.
- iv. Marmara bölgesi içerisinde fay tipi açısından doğrultu atımlı fay tipi (strike-slip) baskındır ve normal birleşen (presen island tarafı) görülmektedir. Deprem kayıtlarının seçilmesinde bölgenin fay mekanizmasına dikkat edilmiştir. Ancak hedef spektruma tam uyum sağlaması bakımından ters (reverse) ve reverse oblique fay mekanizmasına sahip kayıtlar seçilmek durumunda kalmıştır.
- v. Proje sahasında seçilen deprem yer hareketlerinden elde edilen bileşke spektrumun DD-2 deprem düzeyi için 0,15s – 3,0 s periyotları arasındaki genlikleri TBDY-2018'e uygun olarak ölçeklendirilmiştir.
- vi. Ölçeklendirilen deprem hareketleri içerisinde Deprem Tasarım Spektrumları'na en uygun olan 11 kayıt seçilmiştir. Deprem Tasarım Spektrumu ile zaman tanım alanında ölçeklendirilmiş deprem yer hareketlerinin spektrumları tam uyumlu olmadığından ölçeklendirme frekans alanında yapılmıştır.
- vii. Tüm tasarım spektrumları ve bileşke spektrumlar, %5 sönüm oranı için elde edilmiştir.
- viii. Bileşke spektrum, deprem yer hareketinin iki bileşenine ait spektrumların karelerinin toplamının karekökü alınarak elde edilmiştir.
- ix. Yinelenme periyodu 475 yıl olan TBDY-2018 (0-3sn) periyot aralığı ile uyumlu, ölçeklendirilmiş 11 adet iki yönlü (FN-Faya normal doğrultuda olan bileşen; FP-

Faya paralel doğrultuda olan bileşen) deprem yer hareketi kayıtları SeismoMatch2018 programı kullanılarak üretilmiştir.

SeismoMatch yazılımı Al-Atik ve Abrahamson, (2010) tarafından zaman tanım aralığı için önerilen yöntem kullanılarak geliştirilmiştir. Bu yöntemde spektrum uyumlu yer hareketinin elde edilmesi için sonlu süreli dalgacık (wavelet) eklenmesi veya çıkarılması ile hedef spektruma uyumlu deprem kayıtları üretilmektedir. Bu yaklaşımla elde edilen kayıtların hedef spektruma oldukça yakın ve uyumlu olduğu görülmektedir.

Dalgacıkların oluşturulması için SeismoMatch (Al-Atik ve Abrahamson, 2010) yazılımında iki model kullanılmaktadır. Bu temsili iki dalgacık modellerinin birincisi “zamanda tersinirilmiş tek dereceli sistem darbe davranış ivmesi” ikincisi ise “filtrelenmiş kosinüs dalgası” yöntemidir. Uygulanan her iki dalgacık modeli sonucunda istenilen frekans içeriğinde en büyük ivme değerlerine göre faz içeriğinde önemli bir değişiklik olmadan yer hareketleri elde edilebilmektedir. Çalışmada ilk olarak, PEER NGA West2 Veri Bankasından (PEER, 2013) yer hareketi kayıtları incelenerek istenilen özelliklere sahip yer hareketi kayıtları seçilmiştir. Daha sonra seçilen kayıtlar SeismoMatch (Al-Atik ve Abrahamson, 2010) programı kullanılarak yukarıda belirtilen şartları sağlayan 11 adet yer hareketi kaydı belirlenmiştir. Zemin davranış analiz çalışmasında kullanılan yer hareketlerinin listesi Tablo 4.6’da birinci deprem takımı için, Tablo 4.7’de ise ikinci deprem takımı için verilmiştir. Deprem takımlarına ait ivme-zaman, hız-zaman, deplasman zaman grafikleri ve deprem verilerine ait çıktılar Ek:A ve Ek:B’de verilmiştir.

Tablo 4.6.Hesaplarda kullanılacak birinci deprem takımı

No	Deprem	Yıl	Deprem Büyüklüğü (Mw)	Fay Mekanizması	İstasyon Adı	Deprem Merkezine Uzaklık (km)	Vs30	Ölçek Kats,
							(m/sn)	
1	Irpina_Italy-01	1980	6,9	Normal	Bagnoli Irpino	8,18	649,67	3,1
2	Loma Prieta	1989	6,93	Reverse Oblique	Coyote Lake Dam - Southwest Abutment	20,34	561,43	1,6
3	Duzce_Turkey	1999	7,14	Strike Slip	IRIGM 487	2,65	690	1,7
4	Northridge-01	1997	6,69	Reverse	Pacoima Kagel Canyon	7,26	508,08	1,4

Tablo 4.6.(Devam) Hesaplarda kullanılacak birinci deprem takımı

No	Deprem	Yıl	Deprem Büyüklüğü (Mw)	Fay Mekanizması	İstasyon Adı	Deprem Merkezine Uzaklık (km)	Vs30	Ölçek Kats,
							(m/sn)	
5	Kobe_Japan	1995	6,9	Strike Slip	Nishi-Akashi	7,08	609	0,9
6	Landers	1992	7,28	Strike Slip	Forest Falls Post	46,3	436	2,7
7	Manjil_Iran	1990	7,37	Strike Slip	Abbar	12,55	723,95	1,1
8	Hector Mine	1999	7,13	Strike Slip	Hector	11,66	726	1,4
9	Cape Mendocino	1992	7,01	Reverse	Bunker Hill FAA	12,24	566,42	1,9
10	Iwate_Japan	2008	6,9	Reverse	Minase Yuzawa	21,25	655,45	2,5
11	Iwate_Japan	2008	6,9	Reverse	Kurihara City	12,85	512,26	0,99

Tablo 4.7. Hesaplarda kullanılacak ikinci deprem takımı

No	Deprem	Yıl	Deprem Büyüklüğü (Mw)	Fay Mekanizması	İstasyon Adı	Deprem Merkezine Uzaklık (km)	Vs30	Ölçek Kats,
							(m/sn)	
1	Kobe_Japan	1995	6,9	Strike Slip	Nishi-Akashi	7,1	609	0,6
2	Kocaeli_Turkey	1999	6,93	Strike Slip	Arcelik	13,5	523	3,6
3	Duzce_Turkey	1999	7,51	Strike Slip	Mudurnu	34,3	535	2,3
4	Manjil_Iran	1990	6,69	Strike Slip	Abbar	12,6	724	3
5	Hector Mine	1999	6,9	Strike Slip	Amboy	43,1	383	1,5
6	Hector Mine	1999	7,51	Strike Slip	Joshua Tree	31,1	379	1,1
7	Landers	1992	7,37	Strike Slip	Forest Falls Post Office	45,3	436	2,7
8	Landers	1992	7,13	Strike Slip	Morongo Valley Hall (GEO#58)	40,7	368	1
9	Darfield_NwZealand	2010	7,01	Strike Slip	CSHS	43,6	638	1,4
10	Darfield_NwZealand	2010	6,9	Strike Slip	OXZ	30,6	482	2,3
11	El Mayor-Cucapah_Mexico	2010	6,9	Strike Slip	Sam W, Stewart	32,2	503	3,9

4.5. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Hesap Metodolojisi

Yapı-zemin etkileşimi, deprem etkisi altında zemin ortamı ile yapının birlikte gözönüne alındığı yapı-zemin ortak sisteminde, yapı ve zeminin birbirlerini karşılıklı olarak etkilemesi olarak tanımlanır.

4.5.1. Genel Hususlar

4.5.1.1. Yöntem III (nonlineer itme analizi ile-1b zemin etkileşimi)

Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018) EK16C’de yer alan Yöntem III etkileşim hesabına bağlı olarak yapı-kazık-temel etkileşimi iki aşamada ele alınır. Kinematik etkileşim ve eylemsizlik etkileşimi olarak adlandırılan bu aşamalar için kullanılan hesap yöntemlerinin ayrıntıları aşağıda verilmiştir.

Kinematik etkileşim hesabı için aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

- Zemin ortamı bir boyutlu olarak modellenmiştir.
- Kazıklar, çubuk eleman olarak modellenmiş olup, her bir kazık düğüm noktasında kazık ile zemin ortamı arasında görelî kuvvet-yer değiştirme ilişkisi, P-y yayları ile modellenmiştir.
- Temel sistemi, sonsuz rijit bir eleman olarak modellenmiştir.
- Tek boyutlu serbest zemin davranış analizlerinde gözönüne alınan deprem doğrultusunda taban kayasından yatay doğrultuda etkililen depremlerden her biri için, zemin profili boyunca kazık düğüm noktaları hizalarında elde edilen toplam yer değiştirmelerin zamana göre maksimumları dikkate alınmıştır.
- Depremlerden elde edilen yer değiştirmeler bir uçlarından kazık düğüm noktalarına bağlı olan doğrusal olmayan P-y yaylarının öteki uçlarına basınç yönünde statik olarak uygulanmıştır.
- Kazıklardaki iç kuvvet talepleri, yapılan analizlerin her birinden elde edilen sonuçlarının en büyük mutlak değerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.
- Analiz sonucunda elde edilen kazık eğilme momentleri $R=2.5$ katsayısına bölünerek azaltılmış olup, eksenel kuvvet için herhangi bir azaltma yapılmamıştır.

Eylemsizlik etkileşimi hesabı için aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

- Eylemsizlik etkileşim hesabında, yapının doğrusal hesap modelinde azaltılmış DD2 deprem düzeyi ile yapılan analizi sonucunda, dikkate alınan kazıklara etkiyen düşey ve yatay yükler hesaplanmıştır. Bu yüklerle bağlı olarak iç kuvvetler hesaplanmıştır.

- Eylemsizlik etkileşim hesabı sonucunda kazıklarda oluşan iç kuvvetler ile kinematik etkileşim hesabında oluşan iç kuvvetler birleştirilmiş kazıkların değerlendirmesi yapılmıştır.

Bu yöntemde, temel-kazık-zemin kinematik etkileşim analizi sonucunda, kazıklardaki iç kuvvet talepleri, her bir deprem doğrultusunda 11 deprem kaydı için ayrı ayrı yapılan analizlerin her birinden elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak hesaplanacaktır.

4.5.1.2. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşiminde Grup Etkisi

Kazıklarda grup etkisinin yaklaşık olarak gözönüne alınması için TBDY-2018 Denk.(16C.1)'de verilen ampirik bağıntı ile hesaplanan azaltma katsayıları β_G , P-y yayları için tanımlanan kuvvet-yerdeğiştirme eğrilerinin kuvvet eksenine uygulanmaktadır (Denklem 4.1).

$$\beta_G = 0,2 * [(1 - \beta_{G1}) * s - (1 - 6 * \beta_{G1})] \quad (4.1)$$

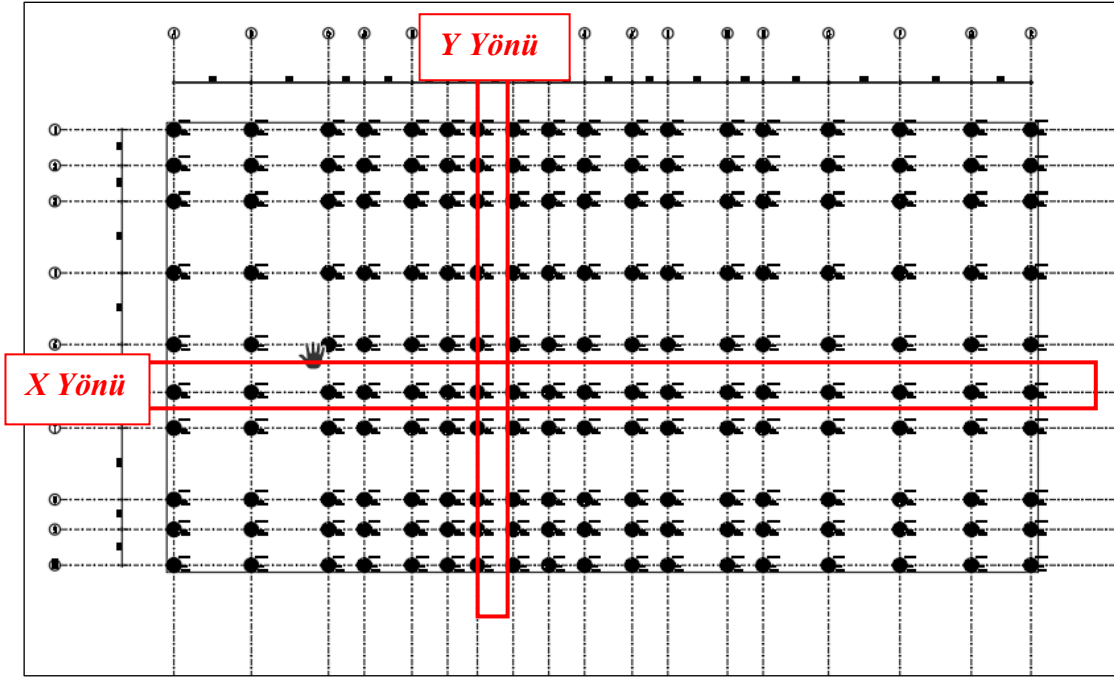
Burada s, gözönüne alınan doğrultuda kazık sıraları ara uzaklığının kazık çapına oranını ($s \leq 6$), β_{G1} ise her bir kazık sırası için farklı olarak uygulanacak bir katsayıyı göstermektedir. Sadece-basınç yaylarına uygulanmak üzere yanal basınca maruz en öndeki kazık sırası için $\beta_{G1} = 0,7$, onun arkasındaki ikinci kazık sırası için $\beta_{G1} = 0,45$, üçüncü kazık sırası için $\beta_{G1} = 0,3$, dördüncü ve daha arkadaki kazık sıraları için ise $\beta_{G1} = 0,2$ alınacaktır. Ters yöndeki yerdeğiştirmeler için bu katsayılar aynı kazıklara ters sıra ile uygulanacaktır. $s > 6$ için $\beta_G = 1$ alınacaktır.

4.5.1.3. Kazıkların Yerleşim Planı

Bina altında mevcut olan kazıklar 16,00 m boyunda, 120 cm çapındadır ve BS25/S220 malzeme özelliklerine sahiptir. Kazık araları $s=3,0$ m ile 6,0 m arasında değişiklik göstermektedir. Kazıklara ait yerleşim planı ve yapı-kazık-zemin etkileşimi için seçilen kazık aksları Şekil 4.3'de verilmiştir.

Deprem etkisi altında üstyapı (bina) ile birlikte taşıyıcı sistem elemanları olarak çalışan kazıklı temellerin, zeminin de etkisi gözönüne alınarak tasarımı için TBDY-2018 EK 16C'de verilen hesap yöntemleri uygulanacaktır. Yöntem I, Yöntem II ve Yöntem III

olarak adlandırılan bu yöntemlerin uygulama alanları Yerel Zemin Sınıfı'na, Deprem Tasarım Sınıfı'na ve Bina Yükseklik Sınıfı'na bağlı olarak Tablo 16.5'te tanımlanmıştır. Yapı sahibinin / tasarım mühendisinin tercihinin bağlı olarak Yöntem II yerine Yöntem I, Yöntem III yerine Yöntem II kullanılabilir ve yöntemlerin uygulama alanları genişletilebilir.



Şekil 4.3. Kazıklara ait yerleşim planı

Yapı-kazık-zemin etkileşimi yapılması için TBDY-2018'e göre yerel zemin sınıfının minimum ZD olması gerekmektedir. Ancak tez kapsamında değerlendirilmesi yapılacak yapının üstyapısı güçlendirilecektir. Üstyapı güçlendirildikten sonra kazıkların deprem performansının da değerlendirilmesinde fayda görülmüştür. Bu sebeple her ne kadar yerel zemin sınıfı ZC olsa da hem mevcut kazıkların hem de diğer değişkenlerin değerlendirilmesi yapılmış ve özgün bir çalışma olarak tez içeriğinde sunulmuştur.

4.6. Birinci Deprem Takımı ile Ø120cm Çaplı Fore Kazıkların Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Hesapları

Tez kapsamında toplam iki adet deprem takımı kullanılacaktır. Aynı zamanda mevcut Ø120 cm çaplı kazıklar her iki deprem takımı ile değerlendirilecek daha sonra da kazık çapları Ø65 cm'e düşürülerek analizler her iki deprem takımı için bir daha

tekrarlanacaktır. Bu bölümde Ø120 cm'lik kazık çapı ve birinci deprem takımı için etkileşim analizleri gerçekleştirilecektir.

4.6.1. Kinematik Etkileşim Analizleri Sonuçları

DeepSoil v7.0.22 programı, yapı-kazık-zemin analizi yapılacak sahada deprem etkisi altında meydana gelen yer hareketinin zemin tabakaları boyunca değişiminin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. DeepSoil programında analiz adımları;

- Saha özelliklerinin belirlenmesi,
- Uygun deprem kaydının seçilmesi,
- Analizlerin yapılması,
- Sonuçların yorumlanması şeklindedir.

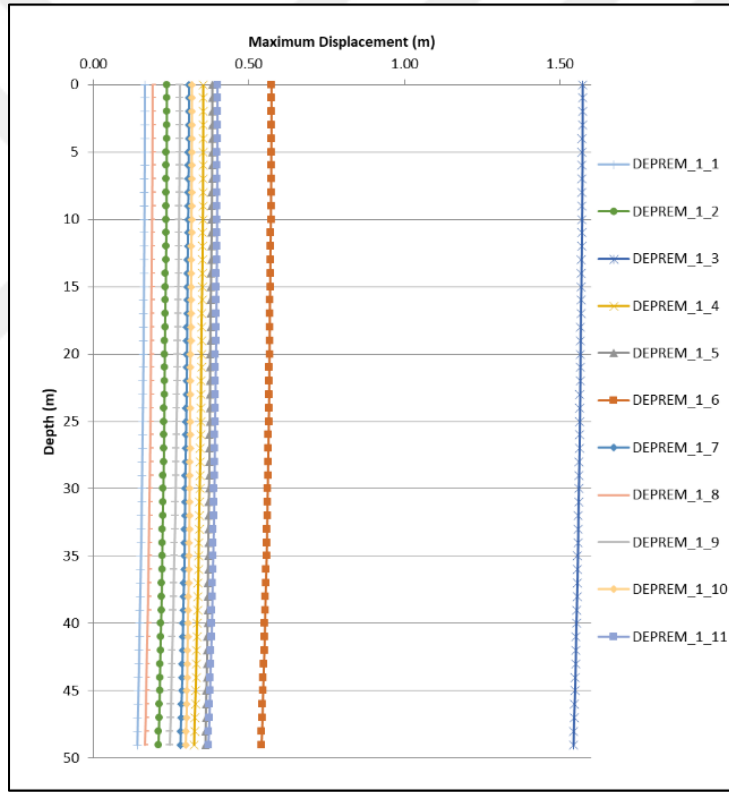
DeepSoil programında modellenen zemin profillerinin zemin davranış analizleri için doğrusal olmayan analiz methodu kullanılmıştır. Zemin davranış analiz çözümleri ise zaman tanım alanında yapılmıştır. Tek boyutlu serbest zemin davranış analizlerinde gözönüne alınan deprem doğrultusunda taban kayasından yatay doğrultuda etkilenen depremlerden her biri için, zemin profili boyunca kazık düğüm noktaları hizalarında elde edilen toplam yerdeğiştirmeler hesaplanmıştır. Deprem kayıtlarına ait toplam zemin yer değiştirmeleri Tablo 4.8, Tablo 4.9, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.8. Deprem kayıtlarına ait toplam zemin yerdeğiştirme sonuçları (X yönü)

Derinlik (m)	Northridge	Kobe	Landers	Manjil	Hector	Italy	Iwate	Iwate	Loma Prieta	Duzce	Cape Mendocino
0	0,166	0,237	0,142	0,355	0,383	0,574	0,307	0,191	0,279	0,318	0,399
1	0,166	0,237	0,142	0,355	0,383	0,574	0,307	0,191	0,279	0,318	0,399
2	0,166	0,236	0,142	0,355	0,383	0,574	0,307	0,191	0,279	0,318	0,399
3	0,166	0,236	0,142	0,354	0,383	0,573	0,307	0,191	0,279	0,318	0,399
4	0,166	0,236	0,142	0,354	0,383	0,573	0,306	0,191	0,278	0,318	0,399
5	0,166	0,236	0,142	0,354	0,383	0,573	0,306	0,191	0,278	0,318	0,399
6	0,166	0,236	0,142	0,354	0,382	0,573	0,306	0,191	0,278	0,318	0,399
7	0,165	0,235	0,141	0,354	0,382	0,573	0,306	0,190	0,278	0,317	0,399
8	0,165	0,235	0,141	0,354	0,382	0,572	0,306	0,190	0,277	0,317	0,398
9	0,165	0,235	0,141	0,353	0,381	0,572	0,305	0,190	0,277	0,317	0,398

Tablo 4.8.(Devam) Deprem kayıtlarına ait toplam zemin yerdeğiştirme sonuçları (X yönü)

Derinlik (m)	Northridge	Kobe	Landers	Manjil	Hector	Italy	Iwate	Iwate	Loma Priteat	Duzce	Cape Mendocino
10	0,165	0,235	0,141	0,353	0,381	0,572	0,305	0,190	0,277	0,317	0,398
11	0,164	0,234	0,141	0,353	0,381	0,571	0,305	0,189	0,276	0,316	0,397
12	0,164	0,234	0,141	0,352	0,380	0,571	0,304	0,189	0,276	0,316	0,397
13	0,164	0,234	0,141	0,352	0,380	0,571	0,304	0,189	0,275	0,316	0,397
14	0,163	0,233	0,141	0,352	0,379	0,570	0,303	0,188	0,275	0,315	0,396
15	0,163	0,233	0,142	0,351	0,379	0,570	0,303	0,188	0,274	0,315	0,396



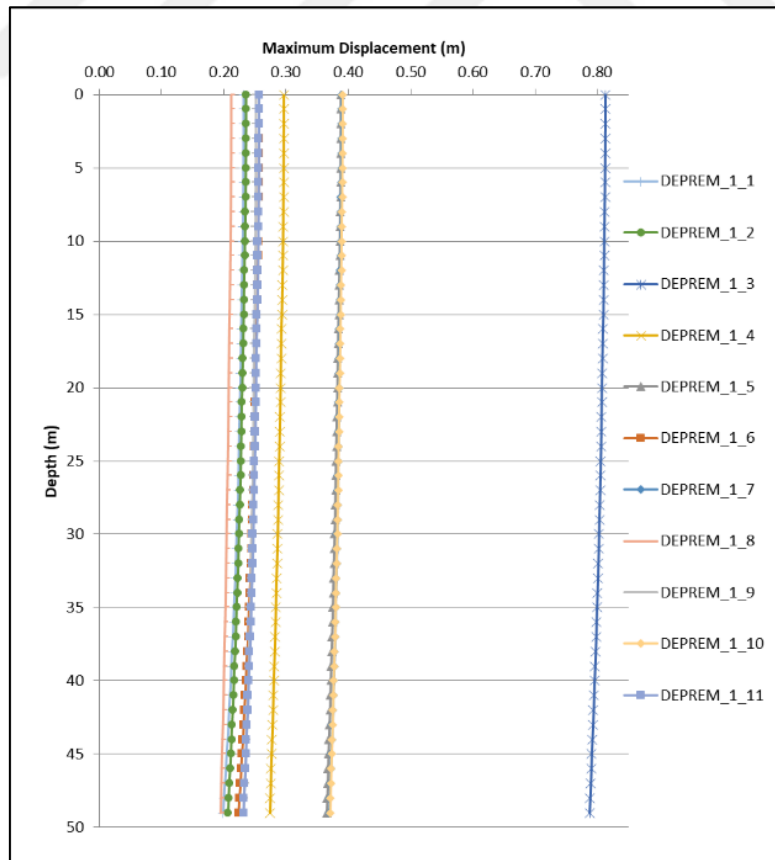
Şekil 4.4. X yönünde toplam en büyük yer değiştirmeler

Tablo 4.9. Deprem kayıtlarına ait toplam zemin yerdeğiştirme sonuçları (Y yönü)

Derinlik (m)	Northridge	Kobe	Landers	Manjil	Hector	Italy	Iwate	Iwate	Loma Priteata	Duzce	Cape Mendocino
0	0,232	0,236	0,167	0,297	0,389	0,257	0,389	0,213	0,252	0,391	0,257
1	0,232	0,236	0,167	0,297	0,389	0,257	0,389	0,213	0,252	0,391	0,257

Tablo 4.9.(Devam) Deprem kayıtlarına ait toplam zemin yerdeğiştirme sonuçları (Y yönü)

Derinlik (m)	Northridge	Kobe	Landers	Manjil	Hector	Italy	Iwate	Iwate	Loma Prieta	Duzce	Cape Mendocino
2	0,232	0,236	0,167	0,297	0,389	0,257	0,389	0,213	0,252	0,391	0,257
3	0,232	0,236	0,167	0,297	0,388	0,257	0,389	0,212	0,252	0,391	0,256
4	0,232	0,236	0,167	0,297	0,388	0,257	0,389	0,212	0,252	0,391	0,256
5	0,232	0,236	0,167	0,297	0,388	0,257	0,389	0,212	0,251	0,391	0,256
6	0,232	0,236	0,167	0,297	0,388	0,257	0,389	0,212	0,251	0,390	0,256
7	0,232	0,235	0,167	0,296	0,388	0,256	0,389	0,212	0,251	0,390	0,256
8	0,231	0,235	0,167	0,296	0,387	0,256	0,388	0,212	0,251	0,390	0,256
9	0,231	0,235	0,167	0,296	0,387	0,256	0,388	0,211	0,251	0,390	0,255
10	0,231	0,235	0,167	0,296	0,387	0,256	0,388	0,211	0,251	0,390	0,255
11	0,230	0,234	0,167	0,295	0,386	0,255	0,388	0,211	0,251	0,389	0,255
12	0,230	0,234	0,167	0,295	0,386	0,255	0,387	0,211	0,250	0,389	0,254
13	0,230	0,233	0,167	0,295	0,386	0,255	0,387	0,210	0,250	0,389	0,254
14	0,229	0,233	0,167	0,294	0,385	0,254	0,387	0,210	0,250	0,388	0,254
15	0,229	0,233	0,167	0,294	0,385	0,254	0,386	0,210	0,250	0,388	0,253



Şekil 4.5. Y yönünde toplam en büyük yer değiştirmeler

4.6.2. P-y Yaylarının Oluşturulması

Bölüm 4.2'ye göre mevcut bina temelini açık yeşil, yer yer kahve renkli çok katı sert kil (CI-CH) birimine oturmakta olduğu belirlenmiştir. Bu bölümde su seviyesi altındaki katı kil zeminler için önerilen P-y eğrilerinin hesaplarıyla ilgili prosedüre değinilecektir. Statik ve çevrimsel yükleme koşulları ve su seviyesi altındaki katı killerin P-y eğrileri Reese vd. (1975) tarafından önerilmiştir. Yapılan analizlerde bu araştırmacıların bağıntıları kullanılmış olup bağıntılar aşağıda verilmiştir.

Kazıklarda grup etkisinin yaklaşık olarak gözönüne alınması için TBDY-2018 Denk.(16C.1)'de verilen ampirik bağıntı ile hesaplanan azaltma katsayıları β_G , P-y yayları için tanımlanan kuvvet-yerdeğiştirme eğrilerinin kuvvet eksenine uygulanacaktır. Seçilen kazık akslarına göre her bir kazık sırası için hesaplanan azaltma katsayıları (β_G) Tablo 4.10, Tablo 4.11 ve Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.10. X yönü için hesaplanan azaltma katsayıları-1

	1. kazık	2. kazık	3. kazık	4. kazık	5. kazık	6. kazık	7. kazık	8. kazık	9. kazık
B_{G1}	0,70	0,45	0,45	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
d (cm)	120	120	120	120	120	120	120	120	120
l (cm)	520	430	180	280	180	207	214	146	203
s	4,33	3,58	1,50	2,33	1,50	1,73	1,78	1,22	1,69
B_G	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3

Tablo 4.11. X yönü için hesaplanan azaltma katsayıları-2

	10.kazık	11.kazık	12.kazık	13.kazık	14.kazık	15.kazık	16.kazık	17.kazık	18.kazık
B_{G1}	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
d (cm)	120	120	120	120	120	120	120	120	120
l (cm)	299	191	40	180	430	550	610	545	546
s	2,49	1,59	3,33	1,50	3,58	4,58	5,08	4,54	4,55
B_G	0,4	0,3	0,6	0,3	0,6	0,8	0,8	0,9	0,8

Tablo 4.12. Y yönü için hesaplanan azaltma katsayıları

	1. kazık	2. kazık	3. kazık	4. kazık	5. kazık	6. kazık	7. kazık	8. kazık	9. kazık	10. kazık
B_{G1}	0,70	0,45	0,45	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
d (cm)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
l (cm)	190	154	480	480	165	245	455	120	280	280
s	1,58	1,28	4,00	4,00	1,38	2,04	3,79	1,00	2,33	2,33
B_G	0,7	0,5	0,8	0,7	0,3	0,4	0,6	0,2	0,4	0,4

Zemin-kazık etkileşimi için, zemin bir dizi yay olarak idealize edilmiştir. Zemin, derinlik ve zemin türüne göre değişen bir dizi doğrusal olmayan P-y yayları ile temsil edilmiştir. Kazık derinliği boyunca her 1,0 metre için, zemin profiline uygun olarak, killi zeminlere göre hesaplanan P-y değerleri Tablo 4.13, Tablo 4.14 ve Tablo 4.15'te verilmiştir. Şekil 4.6'da $\beta_G=0,90$ için tüm katmanlardaki P-y eğrilerinin sonuçları verilmiştir. Diğer β_G değerleri için P-y eğrileri Ek: C'de verilmiştir.

Tablo 4.13. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,90$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)

k=	14903	k=	19546	k=	24282	k=	36596	k=	49481
Derinlik = 1,00 m	Derinlik = 2,00 m	Derinlik = 3,00 m	Derinlik = 4,00 m	Derinlik = 5,00 m					
-0,0006	-27,82	-0,0008	-45,87	-0,0009	-62,19	-0,0008	-87,27	-0,0007	-107,27
-0,0013	-50,87	-0,0016	-83,88	-0,0017	-113,73	-0,0016	-159,61	-0,0015	-196,19
-0,0019	-69,48	-0,0024	-114,56	-0,0026	-155,33	-0,0024	-217,98	-0,0022	-267,94
-0,0025	-83,96	-0,0032	-138,45	-0,0035	-187,72	-0,0032	-263,43	-0,0030	-323,80
-0,0032	-94,69	-0,0040	-156,14	-0,0044	-211,70	-0,0041	-297,09	-0,0037	-365,17
-0,0038	-102,06	-0,0048	-168,28	-0,0052	-228,17	-0,0049	-320,20	-0,0044	-393,57
-0,0044	-106,51	-0,0056	-175,63	-0,0061	-238,13	-0,0057	-334,18	-0,0052	-410,76
-0,0051	-108,60	-0,0064	-179,08	-0,0070	-242,80	-0,0065	-340,74	-0,0059	-418,82
-0,0057	-109,05	-0,0072	-179,82	-0,0078	-243,81	-0,0073	-342,14	-0,0066	-420,55
-0,0064	-108,60	-0,0080	-179,08	-0,0087	-242,80	-0,0081	-340,74	-0,0074	-418,82
-0,0070	-106,51	-0,0088	-175,63	-0,0096	-238,13	-0,0089	-334,18	-0,0081	-410,76
-0,0076	-102,06	-0,0096	-168,28	-0,0105	-228,17	-0,0097	-320,20	-0,0089	-393,64
-0,0127	-78,90	-0,0160	-123,09	-0,0174	-161,29	-0,0162	-224,86	-0,0148	-276,39
-0,0178	-55,74	-0,0224	-77,87	-0,0244	-94,37	-0,0227	-129,47	-0,0207	-159,14
-0,0229	-32,57	-0,0288	-32,65	-0,0314	-27,46	-0,0292	-34,08	-0,0266	-41,89
-0,0241	-32,57	-0,0304	-32,65	-0,0331	-27,46	-0,0308	-34,08	-0,0280	-41,89

Tablo 4.14. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,90$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

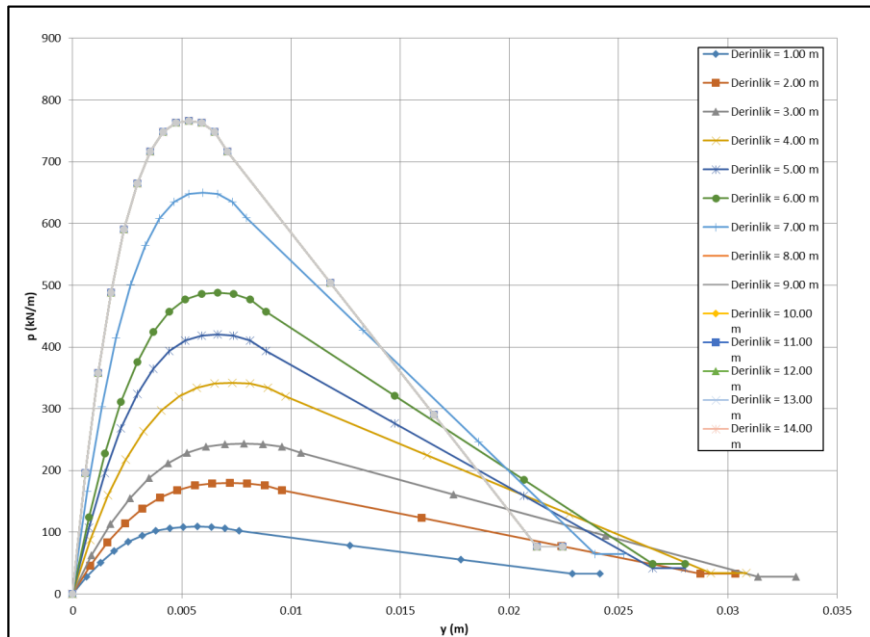
k=	57448	k=	85031	k=	112695	k=	112695	k=	112695
Derinlik = 6,00 m	Derinlik = 7,00 m	Derinlik = 8,00 m	Derinlik = 9,00 m	Derinlik = 10,00 m					
-0,001	-124,5	-0,001	-165,9	-0,001	-195,5	-0,001	-195,5	-0,001	-195,5
-0,002	-227,8	-0,001	-303,4	-0,001	-357,5	-0,001	-357,5	-0,001	-357,5
-0,002	-311,1	-0,002	-414,4	-0,002	-488,2	-0,002	-488,2	-0,002	-488,2
-0,003	-375,9	-0,003	-500,8	-0,002	-590,0	-0,002	-590,0	-0,002	-590,0
-0,004	-424,0	-0,003	-564,8	-0,003	-665,4	-0,003	-665,4	-0,003	-665,4
-0,004	-457,0	-0,004	-608,7	-0,004	-717,1	-0,004	-717,1	-0,004	-717,1
-0,005	-476,9	-0,005	-635,3	-0,004	-748,4	-0,004	-748,4	-0,004	-748,4
-0,006	-486,3	-0,005	-647,8	-0,005	-763,1	-0,005	-763,1	-0,005	-763,1
-0,007	-488,3	-0,006	-650,4	-0,005	-766,3	-0,005	-766,3	-0,005	-766,3
-0,007	-486,3	-0,007	-647,8	-0,006	-763,1	-0,006	-763,1	-0,006	-763,1
-0,008	-476,9	-0,007	-635,3	-0,007	-748,4	-0,007	-748,4	-0,007	-748,4
-0,009	-457,0	-0,008	-608,8	-0,007	-717,1	-0,007	-717,1	-0,007	-717,1

Tablo 4.14. (Devam) Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,90$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

-0,015	-320,9	-0,013	-427,5	-0,012	-503,6	-0,012	-503,6	-0,012	-503,6
-0,021	-184,8	-0,019	-246,1	-0,017	-290,0	-0,017	-290,0	-0,017	-290,0
-0,027	-48,6	-0,024	-64,8	-0,021	-76,3	-0,021	-76,3	-0,021	-76,3
-0,028	-48,6	-0,025	-64,8	-0,022	-76,3	-0,022	-76,3	-0,022	-76,3

Tablo 4.15. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,90$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

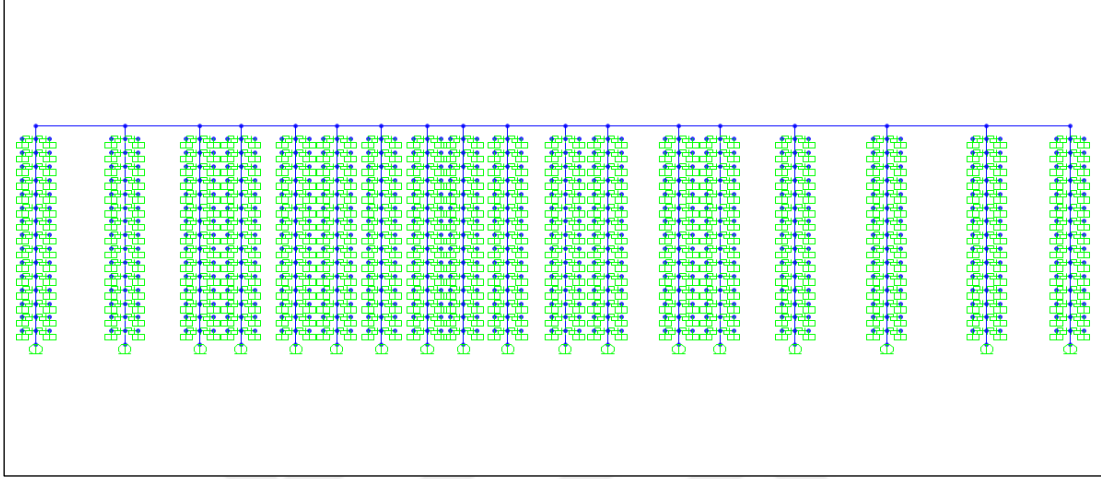
k=	112695	k=	112695	k=	112695	k=	112695	k=	112695
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-0,001	-195,5	-0,001	-195,5	-0,001	-195,5	-0,001	-195,5	-0,001	-195,5
-0,001	-357,5	-0,001	-357,5	-0,001	-357,5	-0,001	-357,5	-0,001	-357,5
-0,002	-488,2	-0,002	-488,2	-0,002	-488,2	-0,002	-488,2	-0,002	-488,2
-0,002	-590,0	-0,002	-590,0	-0,002	-590,0	-0,002	-590,0	-0,002	-590,0
-0,003	-665,4	-0,003	-665,4	-0,003	-665,4	-0,003	-665,4	-0,003	-665,4
-0,004	-717,1	-0,004	-717,1	-0,004	-717,1	-0,004	-717,1	-0,004	-717,1
-0,004	-748,4	-0,004	-748,4	-0,004	-748,4	-0,004	-748,4	-0,004	-748,4
-0,005	-763,1	-0,005	-763,1	-0,005	-763,1	-0,005	-763,1	-0,005	-763,1
-0,005	-766,3	-0,005	-766,3	-0,005	-766,3	-0,005	-766,3	-0,005	-766,3
-0,006	-763,1	-0,006	-763,1	-0,006	-763,1	-0,006	-763,1	-0,006	-763,1
-0,007	-748,4	-0,007	-748,4	-0,007	-748,4	-0,007	-748,4	-0,007	-748,4
-0,007	-717,1	-0,007	-717,1	-0,007	-717,1	-0,007	-717,1	-0,007	-717,1
-0,012	-503,6	-0,012	-503,6	-0,012	-503,6	-0,012	-503,6	-0,012	-503,6
-0,017	-290,0	-0,017	-290,0	-0,017	-290,0	-0,017	-290,0	-0,017	-290,0
-0,021	-76,3	-0,021	-76,3	-0,021	-76,3	-0,021	-76,3	-0,021	-76,3
-0,022	-76,3	-0,022	-76,3	-0,022	-76,3	-0,022	-76,3	-0,022	-76,3



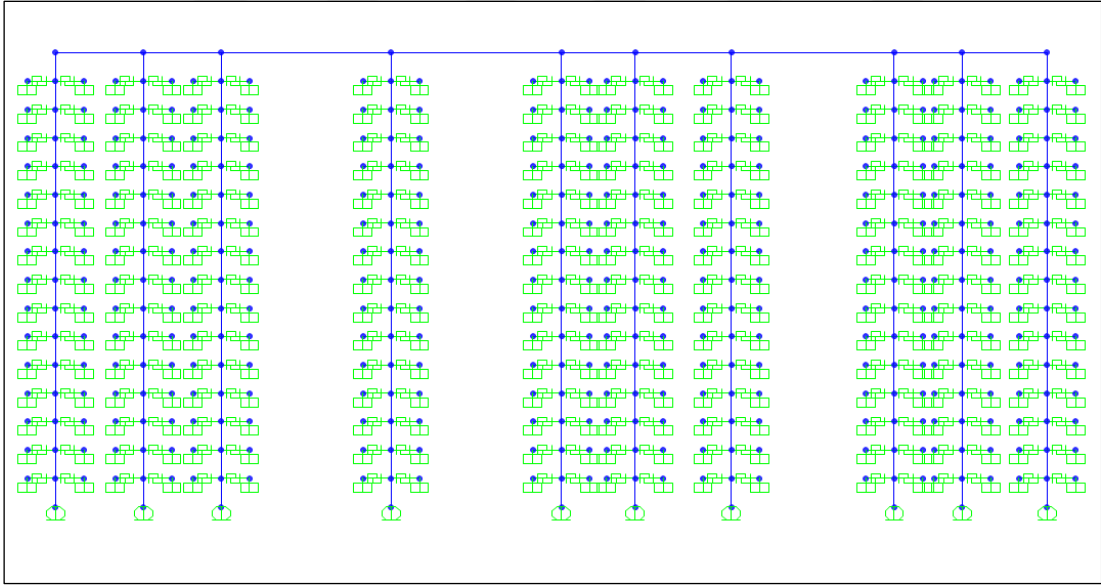
Şekil 4.6. Ø120cm'lik kazık zemin P-y yay grafikleri ($\beta_G=0,90$ için)

4.6.3. Doğrusal Olmayan İtme ile Kazık-1B Zemin Etkileşimi

Doğrusal olmayan itme analizi ile kazık-1B zemin etkileşimi yöntemine göre yapı-kazık-zemin etkileşimi için kullanılan hesap modelleri Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de verilmiştir.



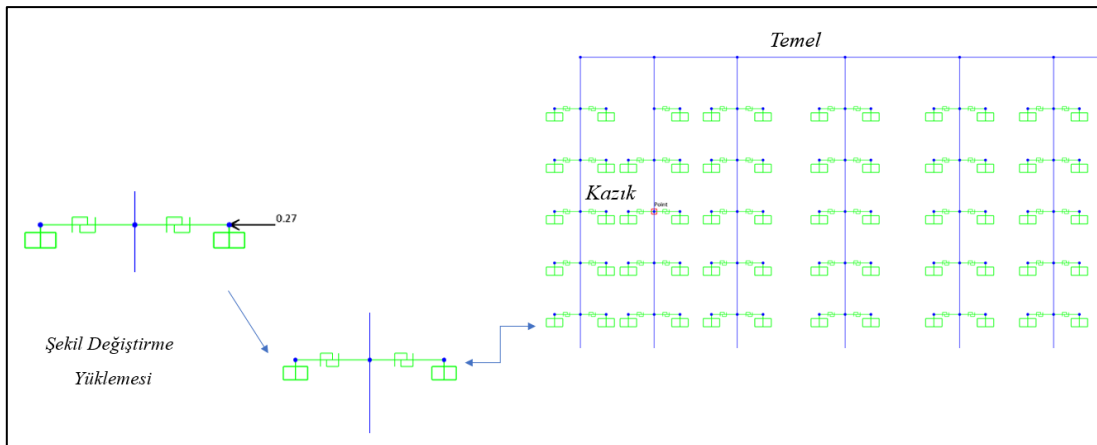
Şekil 4.7. Yapı-kazık-zemin etkileşimi hesap modeli (X yönü)



Şekil 4.8. Yapı-kazık-zemin etkileşimi hesap modeli (Y yönü)

Hesap modelleri SAP2000 sonlu elemanlar yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemle göre yapı-kazık-zemin etkileşimi için kullanılan hesap modeli aşağıda detaylı olarak verilmiştir (Şekil 4.9):

- Yapı-kazık-zemin etkileşimi analizine oluşturulan hesap modelinde, yapı ve kazıklar çubuk eleman olarak modellenmiştir. Her bir kazık düğüm noktasında kazık ile zemin ortamı P-y yayları ile modellenmiştir.
- Tek boyutlu serbest zemin davranış analizinde göz önüne alınan deprem doğrultusunda, taban kayasından yatay doğrultuda etkitilen depremlerden her biri için, zemin profili boyuca kazık düğüm noktaları hizalarında elde edilen toplam yer değiştirmelerin zamana göre maksimumları dikkate alınmıştır.
- Depremlerden elde edilen yer değiştirmeler bir uçlarından kazık düğüm noktalarına bağlı olan doğrusal olmayan P-y yaylarının öteki uçlarına basınç yönünde statik olarak uygulanmıştır.
- Kazıklardaki iç kuvvet talepleri, yapılan analizlerin her birinden elde edilen sonuçlarının en büyük mutlak değerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.
- Analiz sonucunda elde edilen kazık eğilme momentleri $R=2,5$ katsayısına bölünerek azaltılmış olup, eksenel kuvvet için herhangi bir azaltma yapılmamıştır.
- Eylemsizlik etkileşim hesabı, bina taşıyıcı sisteminin TBDY Madde 4.7 veya 4.8.2'ye göre yapılan doğrusal deprem hesabının, yapı-kazık-zemin etkileşiminin gözönüne alındığı şekline karşılık gelmektedir.
- Kinematik ve eylemsizlik etkileşimi analizlerinin birlikte gözönüne alındığı ortak sistem yaklaşımıyla yapılan analiz ile kazıkların değerlendirilmesi yapılmıştır.



Şekil 4.9. Hesap Modeli

Bu yöntemle göre kinematik etkileşim için DeepSoil yazılımı yardımıyla yapılan analizler sonucunda, tüm depremler için hesaplanan, derinliğe bağlı yerdeğiştirme

değerleri Tablo 4.16 ve Tablo 4.17’de verilen yerdeğiştirme yüklemeleri olarak dikkate alınmıştır.

Tablo 4.16. Yerdeğiştirme yüklemeleri (X yönü)

İsim	Yük Tipi	Açıklama
DEPREM1_1X	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_2X	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_3X	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_4X	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_5X	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_6X	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_7X	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_8X	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_9X	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_10X	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_11X	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi

Tablo 4.17. Yerdeğiştirme yüklemeleri (Y yönü)

İsim	Yük Tipi	Açıklama
DEPREM1_1Y	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_2Y	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_3Y	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_4Y	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_5Y	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_6Y	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_7Y	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_8Y	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_9Y	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_10Y	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi
DEPREM1_11Y	Diğer	Yerdeğiştirme yüklemesi

Yöntem III için verilen tüm yük birleşimleri Tablo 4.18 ve Tablo 4.19’da verilmiştir. Ortalama olarak isimlendirilen yük birleşeni 11 adet depremin aritmetik ortalamasıdır. Yapıdan gelen yükler eylemsizlik etkileşimi olarak isimlendirilmiştir, son olarak R=2,5 olacak şekilde azaltılan ortalama deprem yükleri, yapıdan gelen yükler ile birleştirilmiştir.

Tablo 4.18. Yük birleşimleri (X yönü)

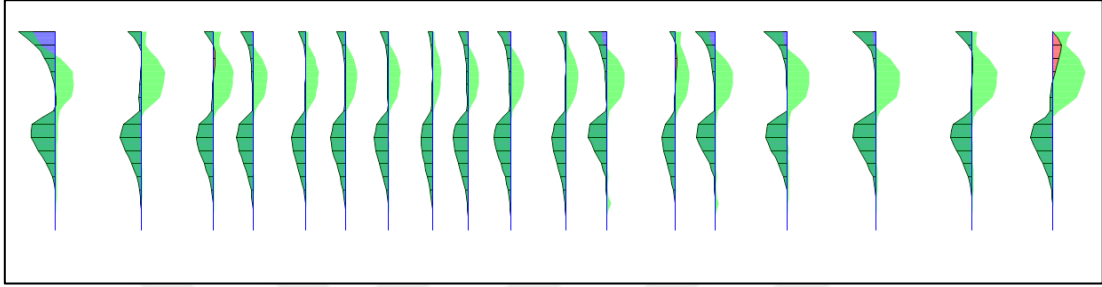
Yük birleşiminin adı	Yük birleşimi tipi	Tip	Adı	Çarpanı
Ortalama	Lineer	NonLin Static	DEPREM1_1X	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_2X	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_3X	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_4X	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_5X	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_6X	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_7X	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_8X	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_9X	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_10X	1/11
Eylemsizlik etkileşimi	Linear Add	Linear Static	DL+LL+H	1
		Linear Static	EYR2.5	1
Kinematik + Eylemsizlik Etkileşimi	Linear Add	Response	Ortalama	1/2,5
		Linear Static	EYR2.5	1
		Linear Static	DL+LL+H	1

Tablo 4.19. Yük birleşimleri (Y yönü)

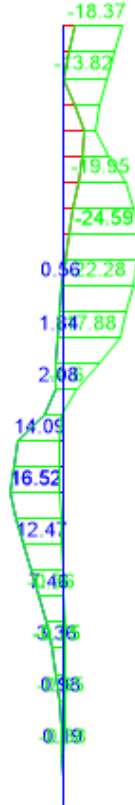
Yük birleşiminin adı	Yük birleşimi tipi	Tip	Adı	Çarpanı
Ortalama	Lineer	NonLin Static	DEPREM1_1Y	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_2Y	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_3Y	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_4Y	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_5Y	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_6Y	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_7Y	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_8Y	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_9Y	1/11
		NonLin Static	DEPREM1_10YX	1/11
Eylemsizlik etkileşimi	Linear Add	Linear Static	DL+LL+H	1
		Linear Static	EYR2.5	1
Kinematik + Eylemsizlik Etkileşimi	Linear Add	Response	Ortalama	1/2,5
		Linear Static	EYR2.5	1
		Linear Static	DL+LL+H	1

4.6.3.1. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Analiz Sonuçları

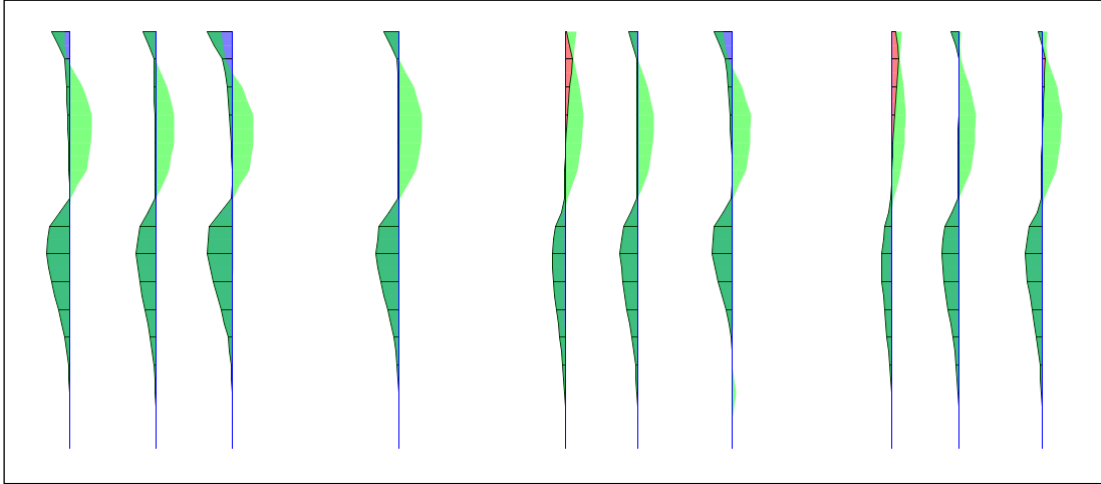
Kinematik etkileşim analizinde yer değiştirme yüklemeleri sonucunda, kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı x yönü için Şekil 4.10'da hesaplanan en büyük moment değeri Şekil 4.11'de; y yönü için ise kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı Şekil 4.12'de, hesaplanan en büyük moment değeri de Şekil 4.13'te verilmiştir.



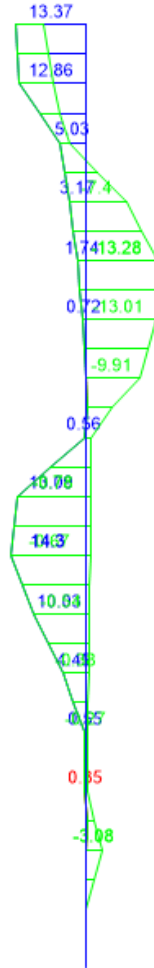
Şekil 4.10. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü)



Şekil 4.11. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü)



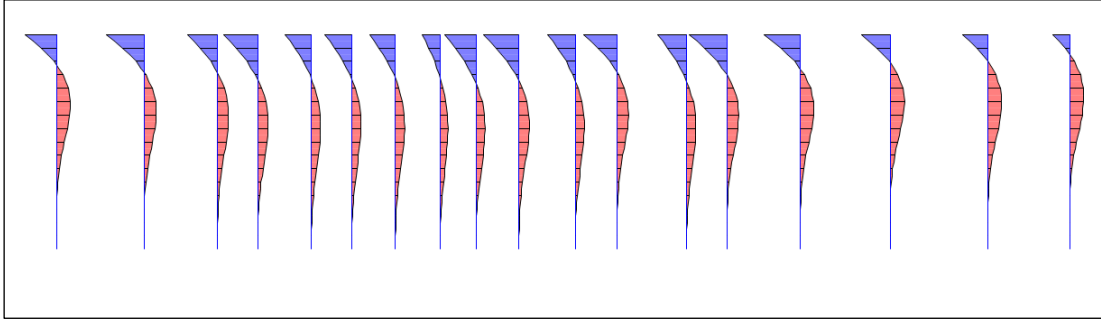
Şekil 4.12. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (Y yönü)



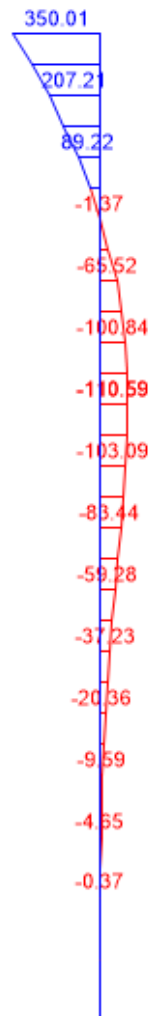
Şekil 4.13. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü)

Eylemsizlik etkileşim analizleri kazıklara gelen düşey ve yatay kuvvetler alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu yüklemeler sonucunda, kazık elemanlarda hesaplanan moment

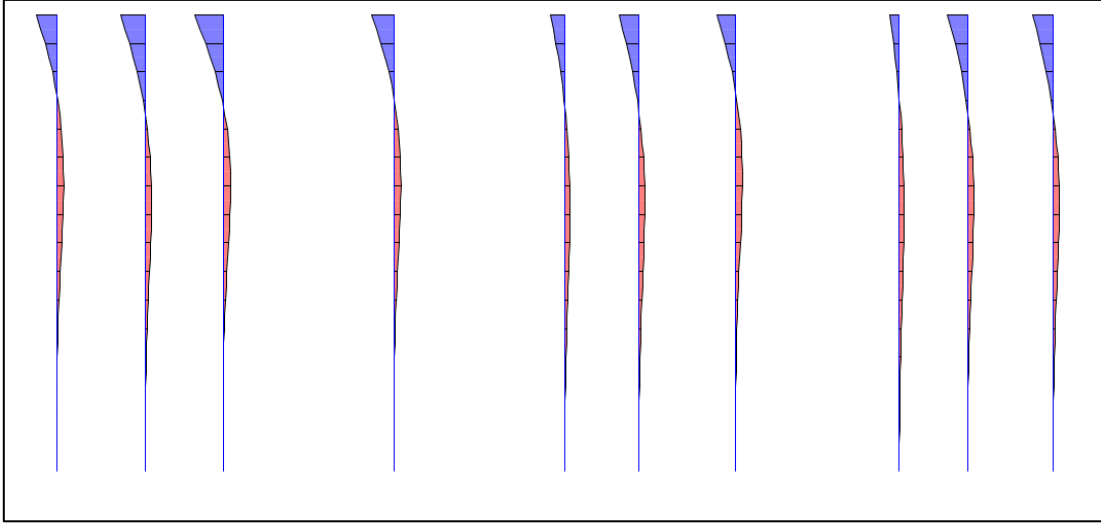
davranışı x yönü için Şekil 4.14, hesaplanan en büyük moment değeri Şekil 4.15; y yönü için ise kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı Şekil 4.16, hesaplanan en büyük moment değeri Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.14. Eylemsizlik etkileşimi sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü)



Şekil 4.15. Eylemsizlik etkileşimi sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü)

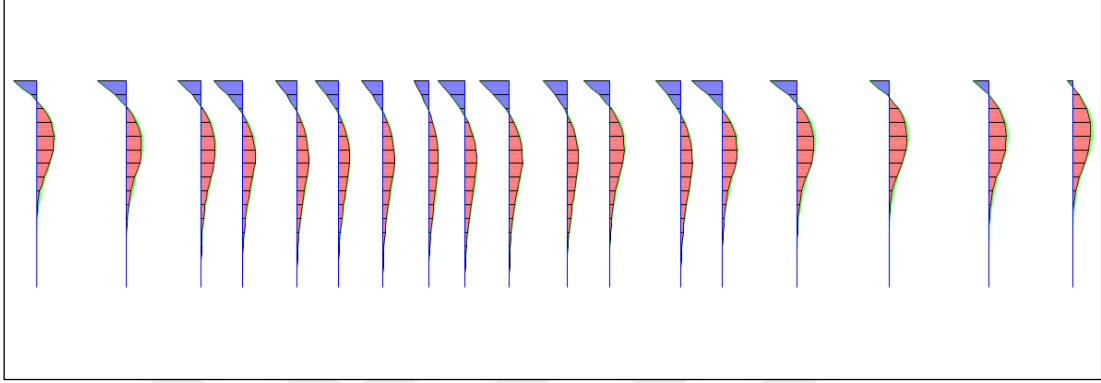


Şekil 4.16. Eylemsizlik etkileşimi sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (Y yönü)

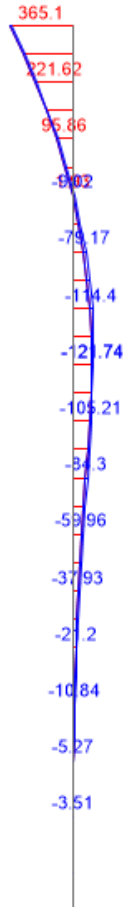


Şekil 4.17. Eylemsizlik etkileşimi sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü)

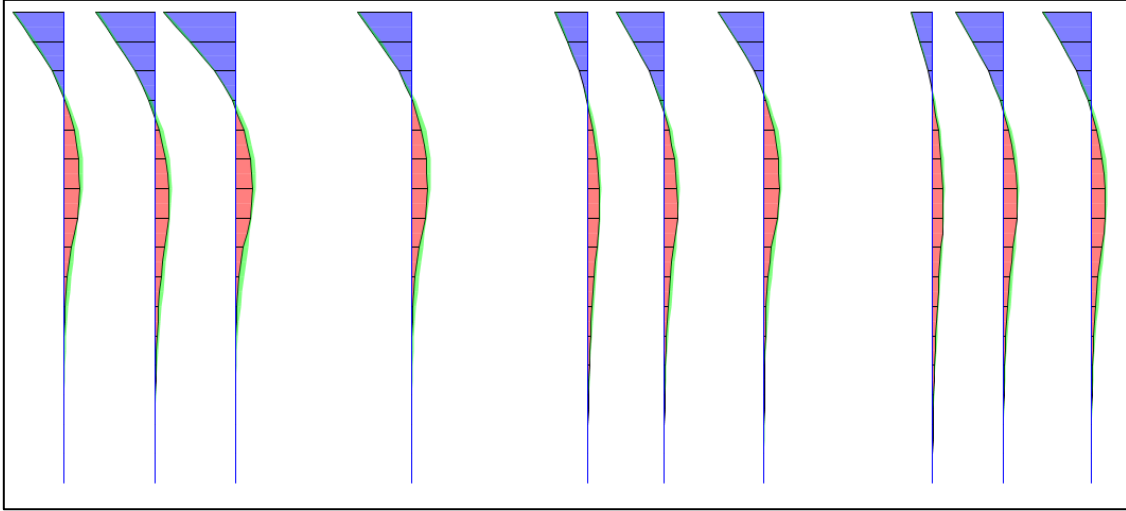
Yöntem III (kinematik etkileşim + eylemsizlik etkileşimi) analizleri ortak sistem yaklaşımıyla gerçekleştirilmiş olup elemanlarda hesaplanan moment davranışı x yönü için Şekil 4.18, hesaplanan en büyük moment değeri Şekil 4.19; y yönü için ise kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı Şekil 4.20, hesaplanan en büyük moment değeri de Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.18. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafiği) (X yönü)



Şekil 4.19. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü)



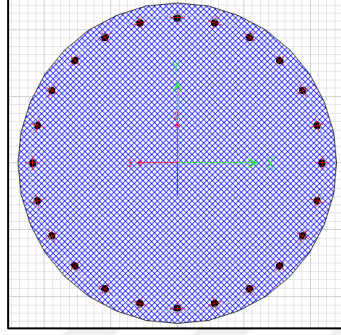
Şekil 4.20. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (Y yönü)



Şekil 4.21. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü)

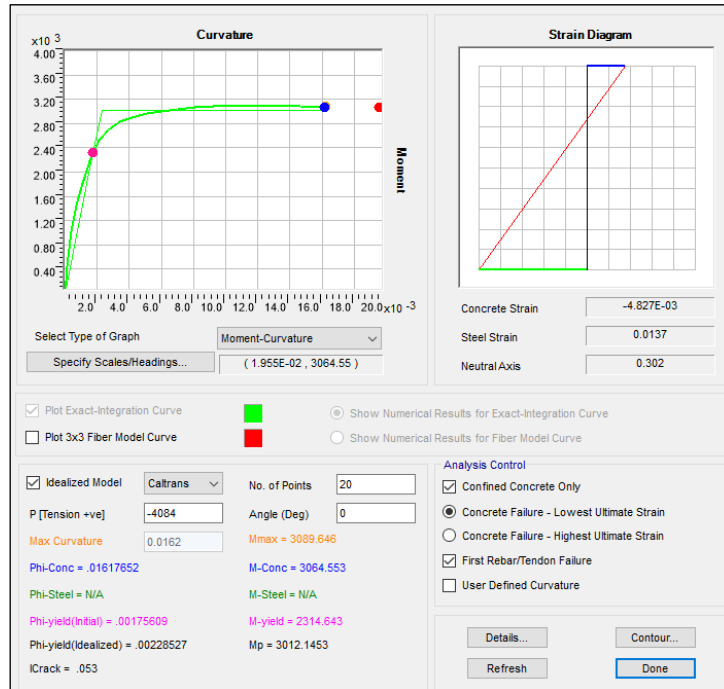
4.6.3.2. Kazıkların Değerlendirilmesi

Mevcut (BS25/S220) 120cm'lik kazığın donatısı 24Ø26 olarak arşivden alınan mevcut betonarme paftalarından alınmıştır. Betonarme kazık elemanının tasarımı Sap2000 programında “Section Designer” özelliği yardımıyla yapılmıştır (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Betonarme kazık “Section Designer” modeli

TBDY-2018 EK16C'ye göre yapılan analizler sonucunda, kazık üst noktasına normal kuvvet (N)=-4084 kN, moment (M)=362 kNm olarak hesaplanmıştır. Section Designer ile yapılan kesit analizleri Şekil 4.23'te detaylı olarak verilmiştir. Kazık moment kapasitesi 2383 kNm olarak hesaplanmış olup, kapasite oranı 0.16'dır. Kazık üzerine gelen eğilme momentlerini güvenle aktarmaktadır.



Şekil 4.23. Mevcut Ø120cm'lik kazık moment kapasitesi

4.7. İkinci Deprem Takımı ile Ø120cm Çaplı Fore Kazıkların Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Hesapları

Bölüm 4.6’da Ø120 cm’lik kazık çapı için birinci deprem takımı analizleri anlatılmıştır. Bu bölümde Ø120 cm’lik kazık çapı için ikinci deprem takımı analizleri gerçekleştirilecektir. Yapı-kazık-zemin etkileşimi kapsamında Yöntem-III analizlerinin aşamaları ve ayrıntıları Bölüm 4.6’da ayrıntıları ile ele alındığından dolayı bu bölümde değişken olarak ikinci deprem takımına ait kinematik etkileşim analizlerine değinilecek daha sonra Yöntem III etkileşim analizi sonuçları verilecektir.

4.7.1. Kinematik Etkileşim Analizleri Sonuçları

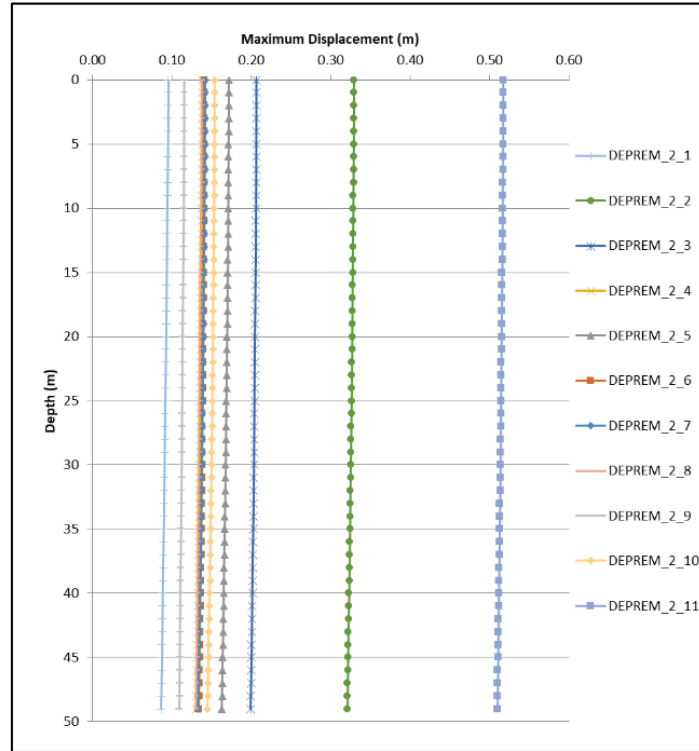
İkinci deprem takımı için deprem kayıtlarına ait toplam zemin yer değiştirmeleri Tablo 4.20, Tablo 4.21, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’te verilmiştir.

Tablo 4.20. Deprem kayıtlarına ait toplam zemin yerdeğiştirme sonuçları (X yönü)

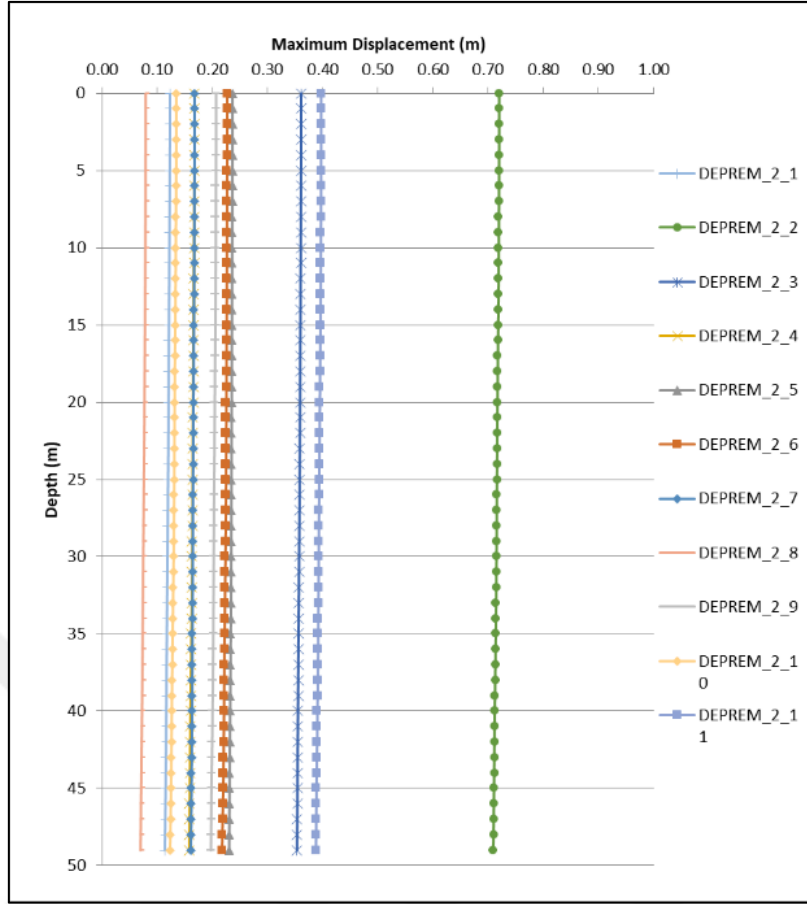
Derinlik (m)	Kobe	Kocaeli	Duzce	Manjil	Hector	Hector	Landers	Landers	Darfield	Darfield	Sierra
0	0,095	0,329	0,206	0,138	0,172	0,141	0,142	0,137	0,116	0,154	0,517
1	0,095	0,329	0,206	0,138	0,172	0,141	0,142	0,137	0,116	0,154	0,517
2	0,095	0,329	0,206	0,138	0,172	0,141	0,142	0,137	0,116	0,154	0,517
3	0,095	0,329	0,206	0,138	0,171	0,141	0,142	0,137	0,116	0,154	0,517
4	0,095	0,329	0,206	0,138	0,171	0,141	0,142	0,137	0,115	0,154	0,517
5	0,095	0,329	0,206	0,138	0,171	0,141	0,142	0,137	0,115	0,154	0,517
6	0,095	0,329	0,206	0,138	0,171	0,141	0,142	0,137	0,115	0,154	0,517
7	0,095	0,329	0,206	0,138	0,171	0,141	0,141	0,137	0,115	0,153	0,517
8	0,094	0,329	0,206	0,138	0,171	0,141	0,141	0,137	0,115	0,153	0,517
9	0,094	0,328	0,206	0,138	0,171	0,141	0,141	0,137	0,115	0,153	0,516
10	0,094	0,328	0,206	0,138	0,171	0,141	0,141	0,137	0,115	0,153	0,516
11	0,094	0,328	0,206	0,138	0,171	0,140	0,141	0,136	0,115	0,153	0,516
12	0,094	0,328	0,206	0,137	0,171	0,140	0,141	0,136	0,115	0,153	0,516
13	0,094	0,328	0,206	0,137	0,170	0,140	0,141	0,136	0,115	0,153	0,516
14	0,093	0,328	0,205	0,137	0,170	0,140	0,141	0,136	0,115	0,153	0,516
15	0,093	0,328	0,205	0,137	0,170	0,140	0,140	0,136	0,114	0,153	0,516

Tablo 4.21. Deprem kayıtlarına ait toplam zemin yerdeğiştirme sonuçları (Y yönü)

Derinlik (m)	Kobe	Kocaeli	Duzce	Manjil	Hector	Hector	Landers	Landers	Darfield	Darfield	Sierra
0	0,123	0,720	0,361	0,167	0,236	0,226	0,167	0,079	0,206	0,134	0,397
1	0,123	0,720	0,361	0,167	0,236	0,226	0,167	0,079	0,206	0,134	0,397
2	0,123	0,720	0,361	0,167	0,236	0,226	0,167	0,079	0,206	0,134	0,397
3	0,123	0,720	0,361	0,167	0,236	0,226	0,167	0,079	0,206	0,134	0,397
4	0,123	0,720	0,361	0,167	0,236	0,226	0,167	0,079	0,206	0,134	0,397
5	0,123	0,720	0,361	0,167	0,236	0,226	0,167	0,079	0,206	0,134	0,397
6	0,123	0,720	0,361	0,167	0,236	0,226	0,167	0,079	0,206	0,133	0,397
7	0,122	0,719	0,361	0,167	0,236	0,226	0,167	0,079	0,206	0,133	0,397
8	0,122	0,719	0,361	0,167	0,236	0,226	0,167	0,079	0,206	0,133	0,397
9	0,122	0,719	0,361	0,167	0,236	0,226	0,167	0,079	0,205	0,133	0,396
10	0,122	0,719	0,360	0,167	0,236	0,226	0,167	0,078	0,205	0,133	0,396
11	0,122	0,719	0,360	0,167	0,235	0,226	0,167	0,078	0,205	0,133	0,396
12	0,122	0,719	0,360	0,166	0,235	0,226	0,167	0,078	0,205	0,133	0,396
13	0,121	0,719	0,360	0,166	0,235	0,226	0,166	0,078	0,205	0,133	0,396
14	0,121	0,718	0,360	0,166	0,235	0,225	0,166	0,078	0,205	0,132	0,396
15	0,121	0,718	0,360	0,166	0,235	0,225	0,166	0,078	0,205	0,132	0,395



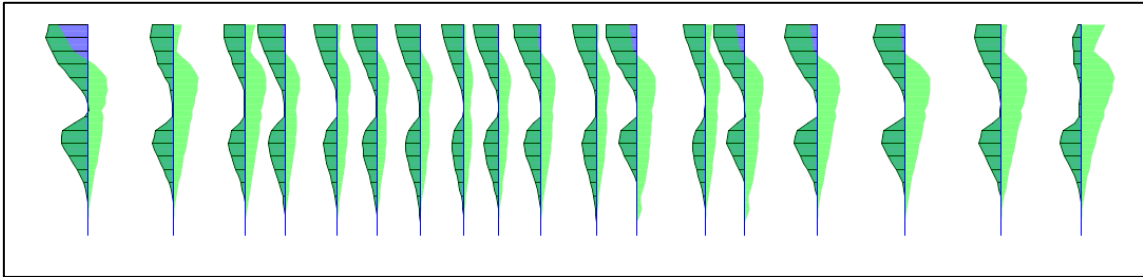
Şekil 4.24. X yönünde toplam en büyük yer değiştirmeler



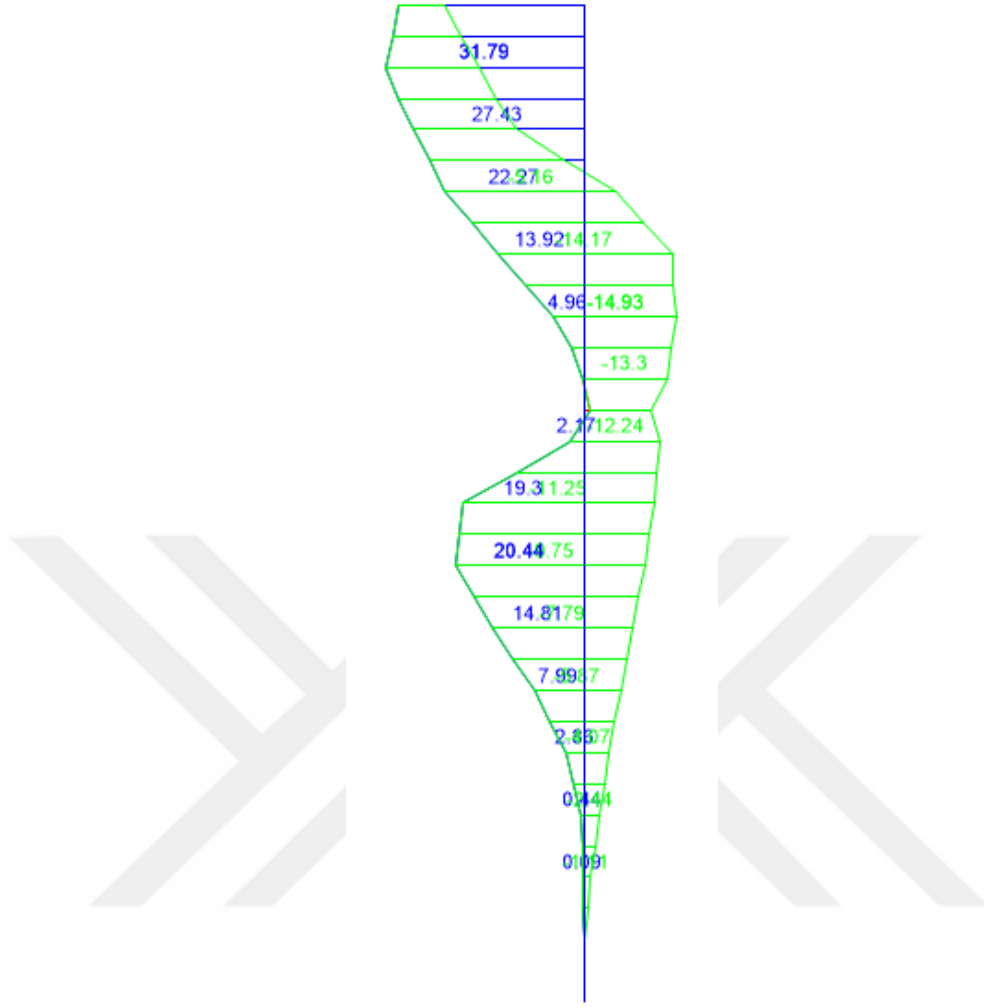
Şekil 4.25. Y yönünde toplam en büyük yer değiştirmeler

4.7.2. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Analiz Sonuçları

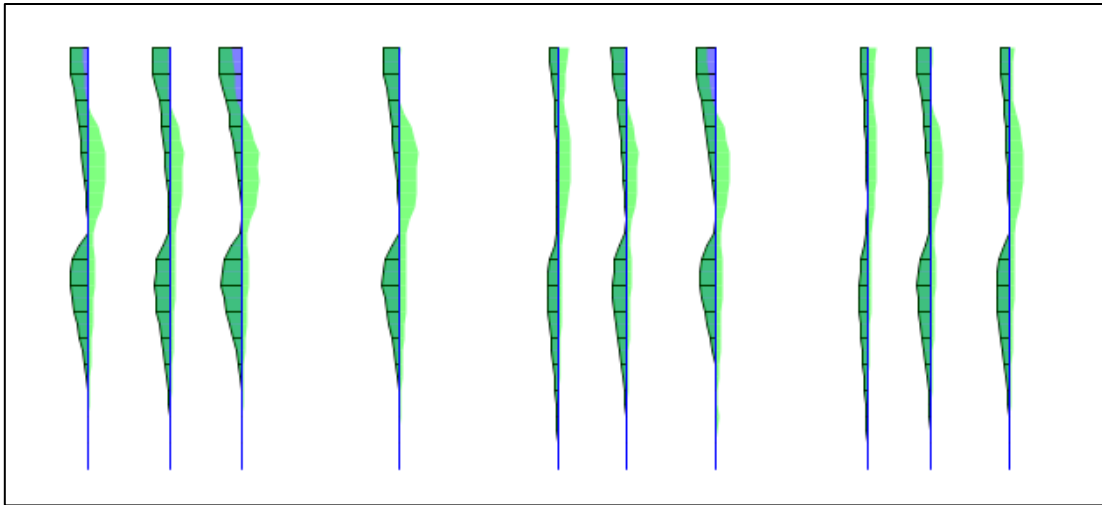
Kinematik etkileşim analizinde yer değiştirme yüklemeleri sonucunda, kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı x yönü için Şekil 4.26’te hesaplanan en büyük moment değerleri Şekil 4.27’de; y yönü için ise kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı Şekil 4.28’te, hesaplanan en büyük moment değerleri de Şekil 4.29’da verilmiştir.



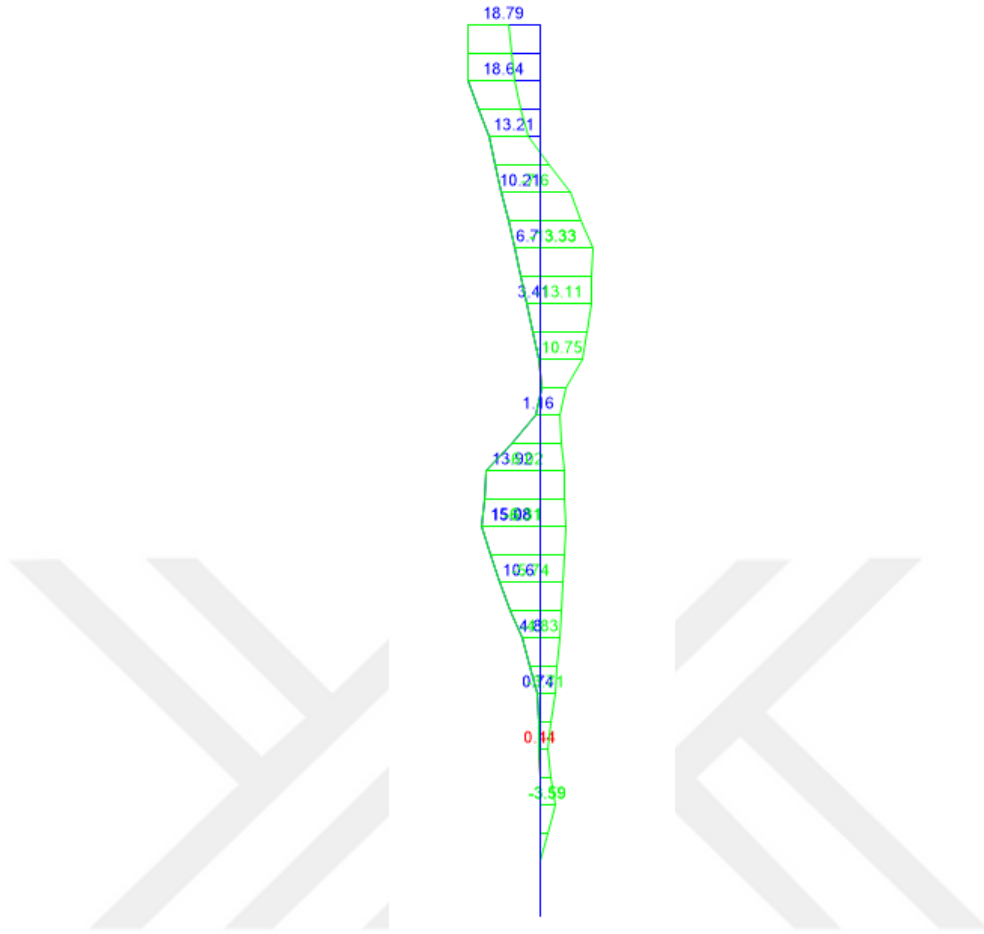
Şekil 4.26. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafiği) (X yönü)



Şekil 4.27. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü)

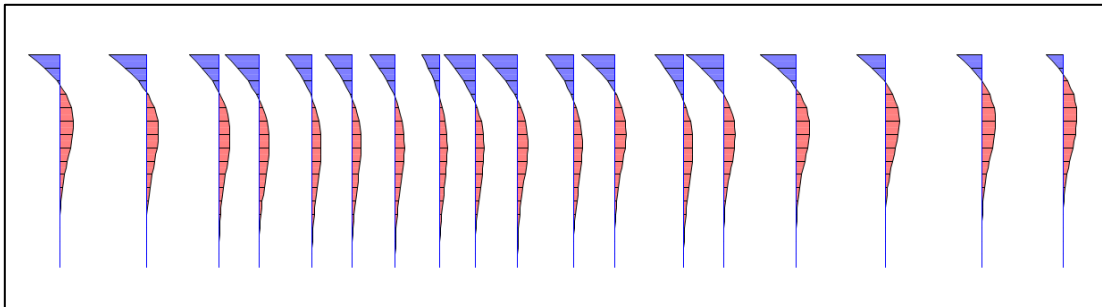


Şekil 4.28. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (Y yönü)

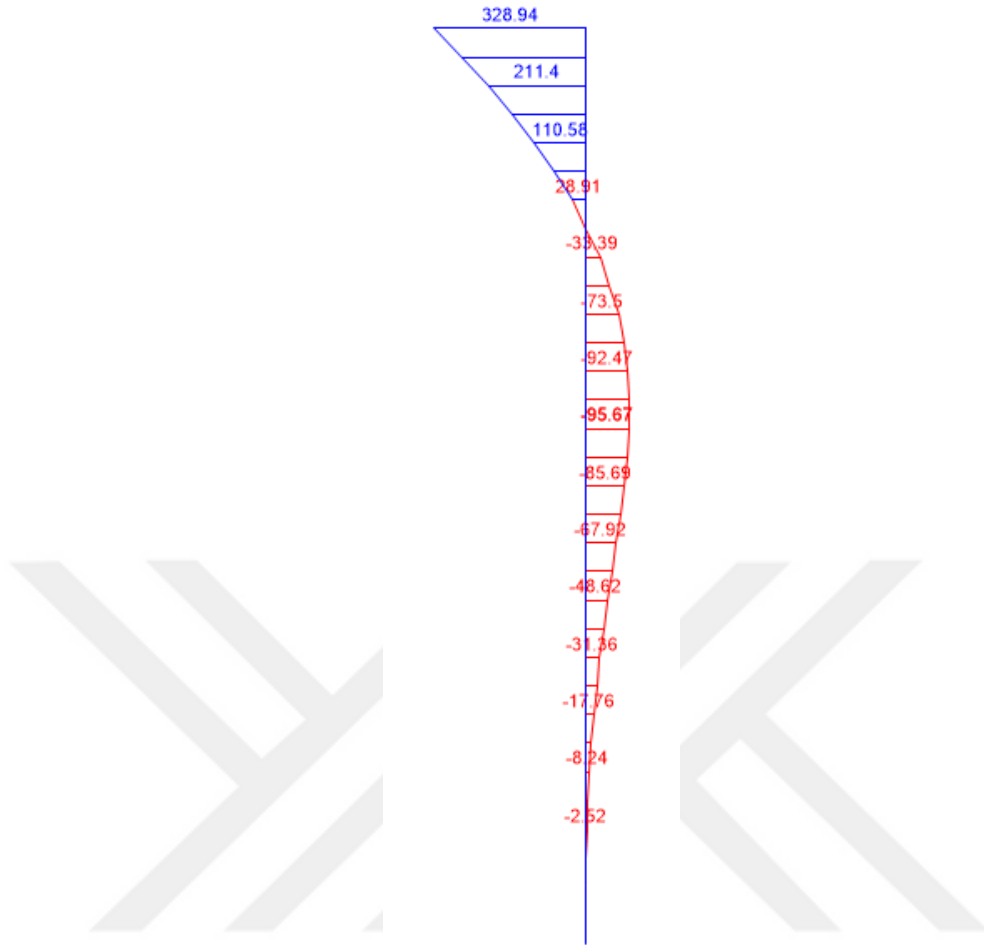


Şekil 4.29. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü)

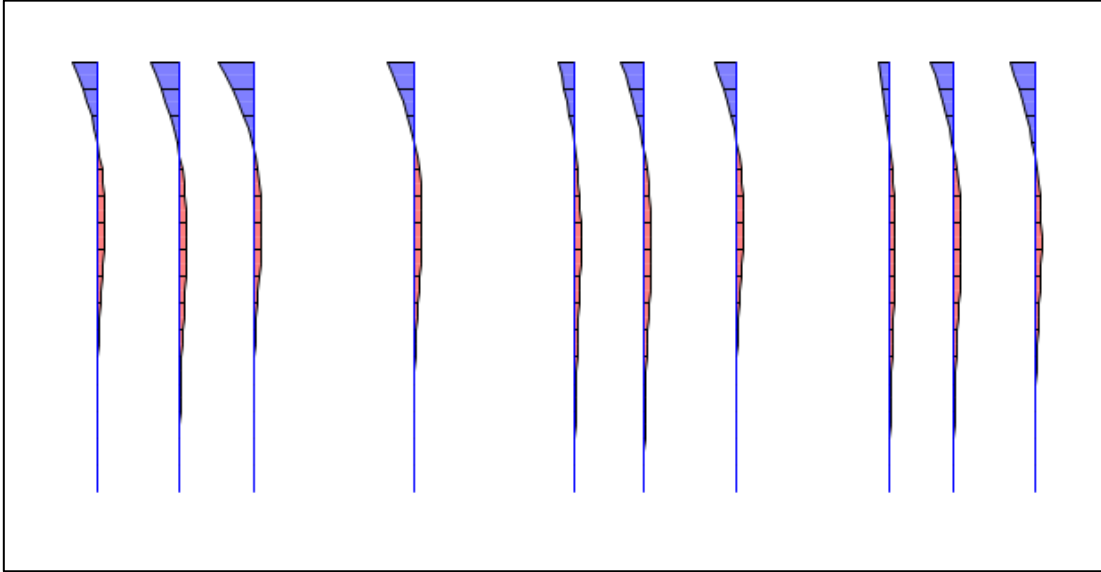
Eylemsizlik etkileşim analizleri kazıklara gelen düşey ve yatay kuvvetler alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu yüklemeler sonucunda, kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı x yönü için Şekil 4.30, hesaplanan en büyük moment değerleri Şekil 4.31; y yönü için ise kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı Şekil 4.32, hesaplanan en büyük moment değerleri de Şekil 4.33’de verilmiştir.



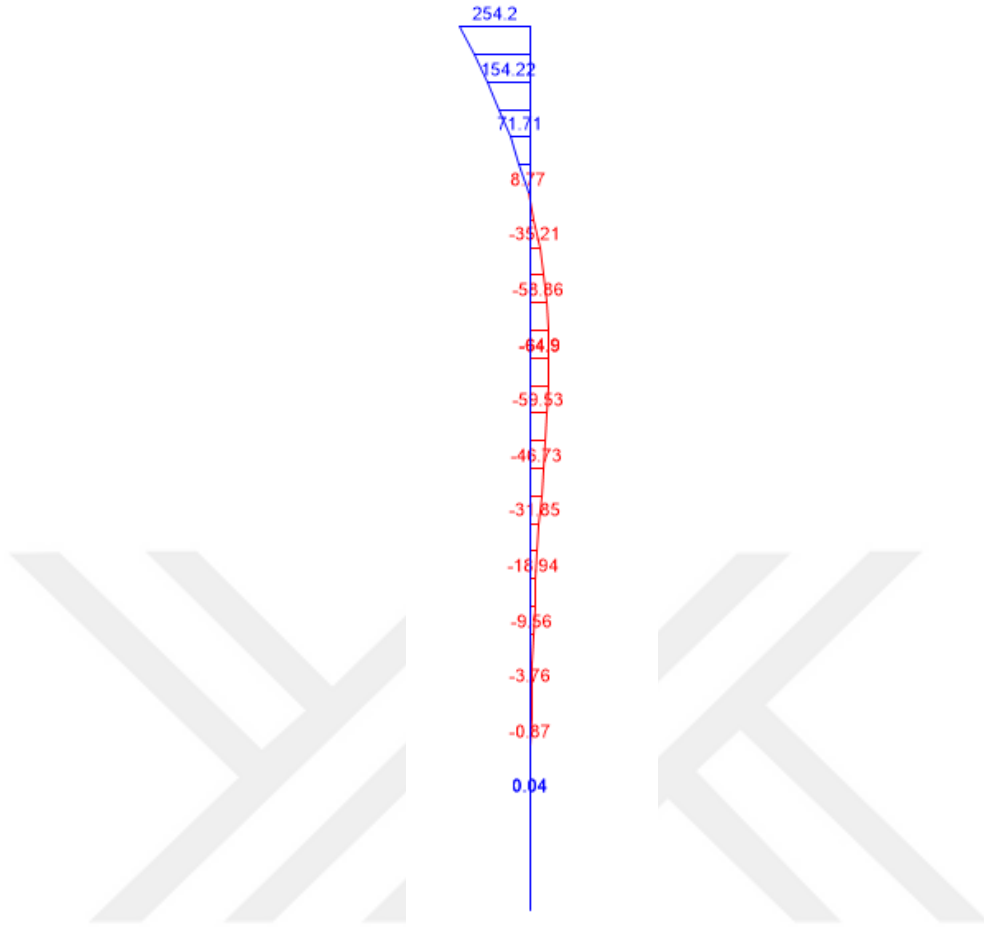
Şekil 4.30. Eylemsizlik etkileşimi sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü)



Şekil 4.31. Eylemsizlik etkileşimi sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü)

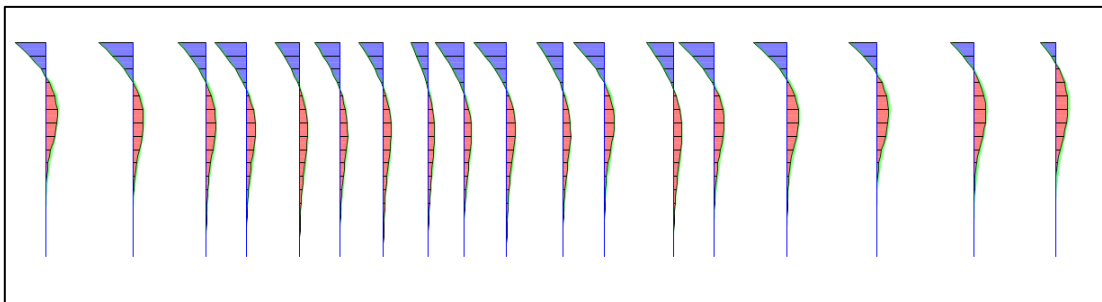


Şekil 4.32. Eylemsizlik etkileşimi sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (Y yönü)

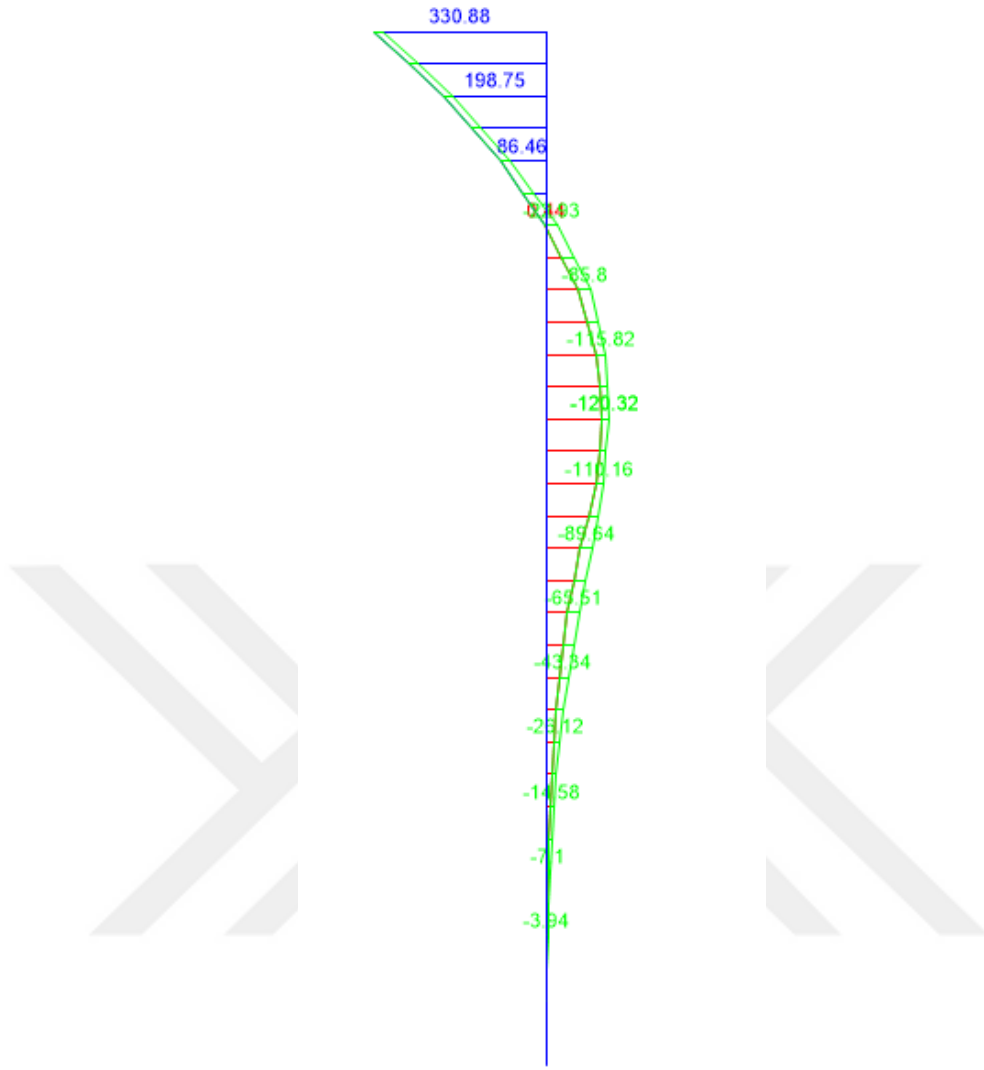


Şekil 4.33. Eylemsizlik etkileşimi sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü)

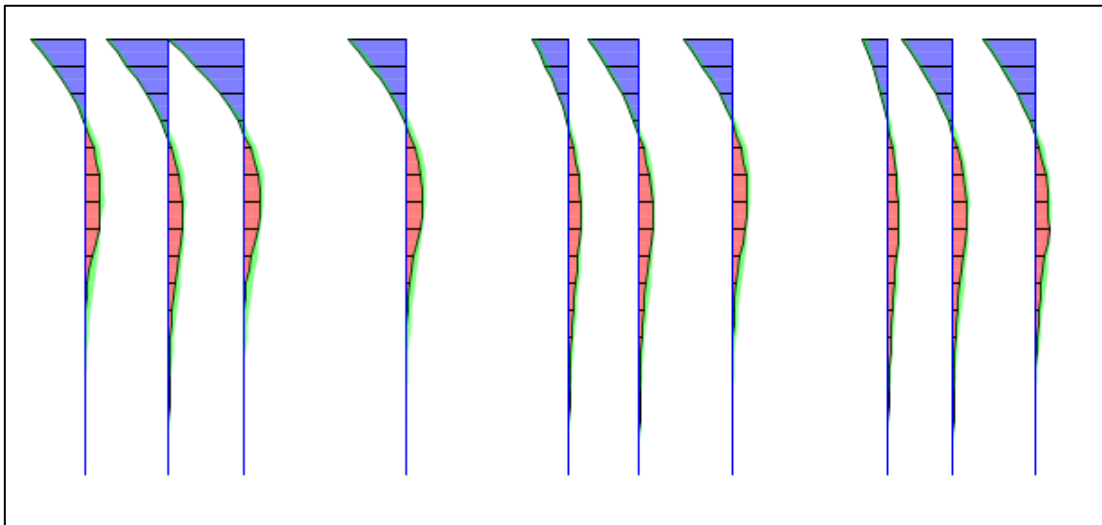
Yöntem III (kinematik etkileşim + eylemsizlik etkileşimi) analizleri ortak sistem yaklaşımıyla gerçekleştirilmiş olup elemanlarda hesaplanan moment davranışı x yönü için Şekil 4.34, hesaplanan en büyük moment değeri Şekil 4.35; y yönü için ise kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı Şekil 4.36, hesaplanan en büyük moment değeri de Şekil 4.37’de verilmiştir.



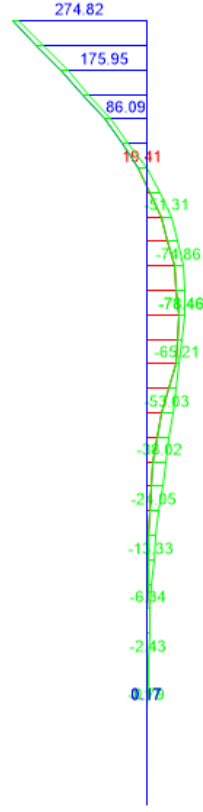
Şekil 4.34. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafiği) (X yönü)



Şekil 4.35. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü)



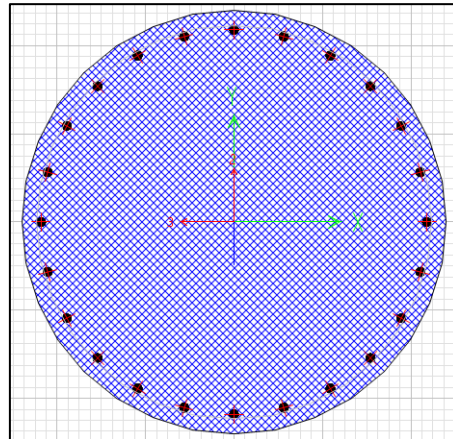
Şekil 4.36. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafiği) (Y yönü)



Şekil 4.37. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü)

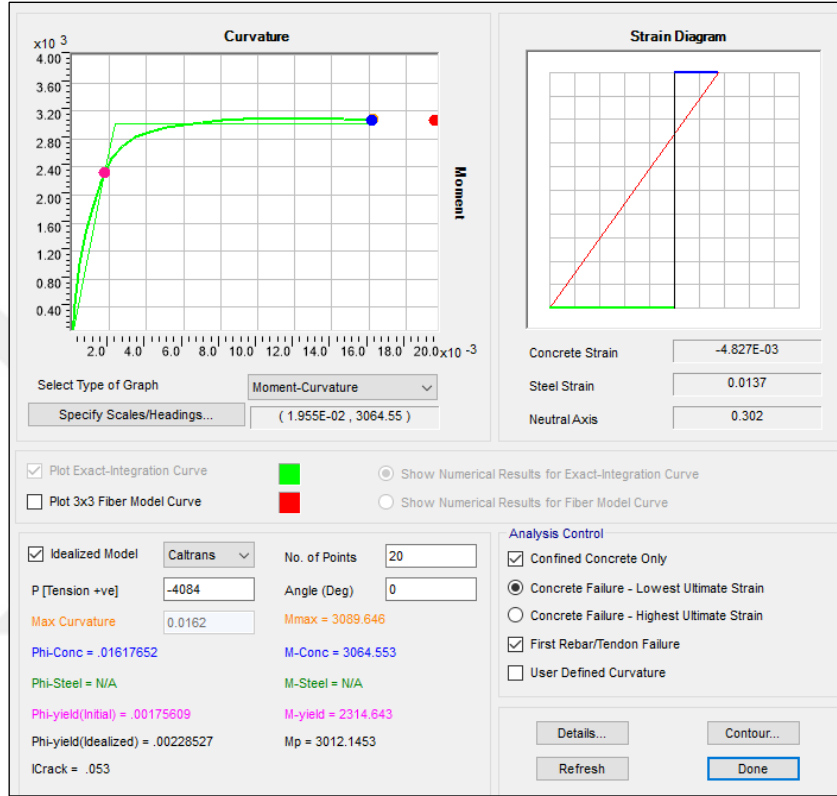
4.7.3. Kazıkların Değerlendirilmesi

Mevcut (BS25/S220) 120cm'lik kazığın donatısı 24Ø26 olarak arşivden alınan mevcut betonarme paftalarından alınmıştır. Betonarme kazık elemanının tasarımı Sap2000 programında “Section Designer” özelliği yardımıyla yapılmıştır (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Betonarme kazık “Section Designer” modeli

TBDY-2018 EK16C'ye göre yapılan analizler sonucunda, kazık üst noktasına normal kuvvet (N)=-4084 kN, moment (M)=331 kNm olarak hesaplanmıştır. Section Designer ile yapılan kesit analizleri Şekil 4.39'da detaylı olarak verilmiştir. Kazık moment kapasitesi 2383 kNm olarak hesaplanmış olup, kapasite oranı 0.13'dür. Kazık üzerine gelen eğilme momentlerini güvenle aktarmaktadır.



Şekil 4.39. Mevcut Ø120cm'lik kazık moment kapasitesi

4.8. Birinci Deprem Takımı ile Ø65cm Çaplı Fore Kazıkların Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Hesapları

Bu bölümde Ø65 cm'lik kazık çapı ve birinci deprem takımı için etkileşim analizleri gerçekleştirilecektir. Birinci deprem takımı için kinematik etkileşim analizleri sonuçları Bölüm 4.6'da verilmişti. Bu bölümde kazık çapının değişmesi ile birlikte değişen P-y yaylarının tekrar oluşturulması verilecek daha sonra ise analiz sonuçlarına değinilecektir.

4.8.1. P-y Yaylarının Oluşturulması

Bölüm 3.2'ye göre mevcut bina temelini açık yeşil, yer yer kahve renkli çok katı sert kil (CI-CH) birimine oturmakta olduğu belirlenmiştir. Bu bölümde su seviyesi altındaki

katı kil zeminler için önerilen P-y eğrilerinin hesaplarıyla ilgili prosedüre değinilecektir. Statik ve çevrimsel yükleme koşulları ve su seviyesi altındaki katı killerin P-y eğrileri Reese vd. (1975) tarafından önerilmiştir. Yapılan analizlerde bu araştırmacıların bağıntıları kullanılmış olup bağıntılar aşağıda verilmiştir.

Kazıklarda grup etkisinin yaklaşık olarak gözönüne alınması için TBDY-2018 Denk.(16C.1)'de verilen ampirik bağıntı ile hesaplanan azaltma katsayıları β_G , P-y yayları için tanımlanan kuvvet-yerdeğıştirme eğrilerinin kuvvet eksenine uygulanacaktır. Seçilen kazık akslarına göre her bir kazık sırası için hesaplanan azaltma katsayıları (β_G) Tablo 4.22, Tablo 4.23 ve Tablo 4.24'de verilmiştir.

Tablo 4.22. X yönü için hesaplanan azaltma katsayıları-1

	1. kazık	2. kazık	3.kazık	4.kazık	5.kazık	6.kazık	7.kazık	8.kazık	9.kazık
B_{G1}	0,70	0,45	0,45	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
d (cm)	65	65	65	65	65	65	65	65	65
l (cm)	520	430	180	280	180	207	214	146	203
s	8,00	6,62	2,77	4,31	2,77	3,18	3,29	2,25	3,12
B_G	1	1	0,6	0,7	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5

Tablo 4.23. X yönü için hesaplanan azaltma katsayıları-2

	10.kazık	11.kazık	12.kazık	13.kazık	14.kazık	15.kazık	16.kazık	17.kazık	18.kazık
B_{G1}	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
d (cm)	65	65	65	65	65	65	65	65	65
l (cm)	299	191	40	180	430	550	610	545	546
s	2,94	6,15	2,77	6,62	8,46	9,38	8,38	8,40	2,94
B_G	0,5	1	0,5	1	1	1	1	1	0,5

Tablo 4.24. Y yönü için hesaplanan azaltma katsayıları

	1. kazık	2. kazık	3.kazık	4.kazık	5.kazık	6.kazık	7.kazık	8.kazık	9.kazık	10.kazık
B_{G1}	0,70	0,45	0,45	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
d (cm)	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
l (cm)	190	154	480	480	165	245	455	120	280	280
s	2,92	2,37	7,38	7,38	2,54	3,77	7,00	1,85	4,31	4,31
B_G	0,8	0,6	1	1	0,4	0,6	1	0,3	0,7	0,7

Zemin-kazık etkileşimi için, zemin bir dizi yay olarak idealize edilmiştir. Zemin, derinlik ve zemin türüne göre değişen bir dizi doğrusal olmayan P-y yayları ile temsil edilmiştir. Kazık derinliği boyunca her 1,0 metre için, zemin profiline uygun olarak, killi zeminlere göre hesaplanan P-y değerleri Tablo 4.25, Tablo 4.26 ve Tablo 4.27’de verilmiştir. Şekil 4.40’da $\beta_G=1,00$ için tüm katmanlardaki P-y eğrilerinin sonuçları verilmiştir. Diğer β_G değerleri için P-y eğrileri Ek: D’de verilmiştir.

Tablo 4.25. Ø65cm’lik kazık $\beta_G=1,00$ için P(kN)-y(m) yayları (0-5m)

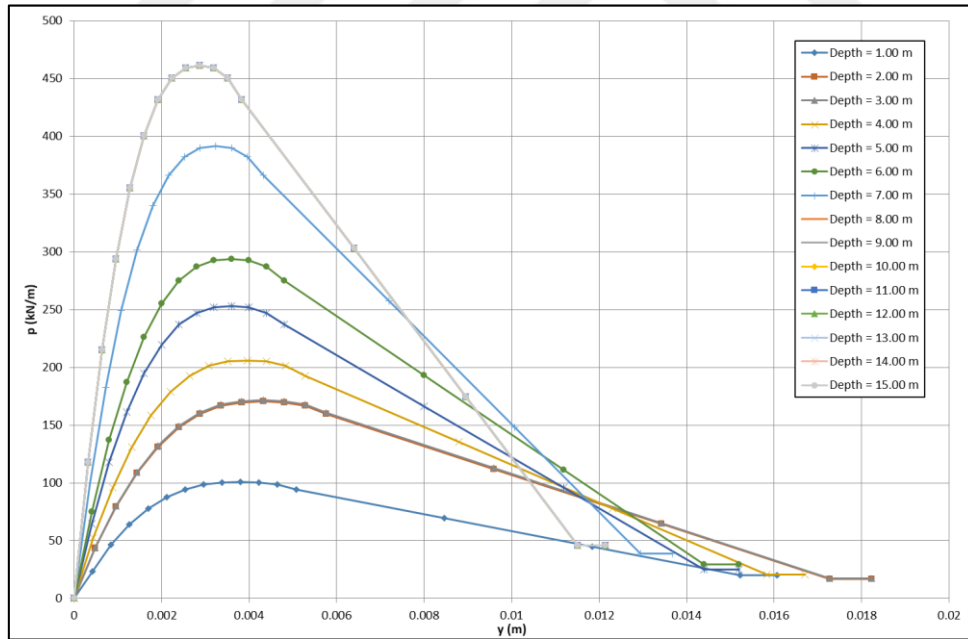
k=	20713	k=	30859	k=	31061	k=	40662	k=	54979
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-20,06	-1	-16,98	-1	-17,09	-1	-20,51	-1	-25,21
-0,0161	-20,06	-0,0182	-16,98	-0,0182	-17,09	-0,0167	-20,51	-0,0152	-25,21
-0,0152	-20,06	-0,0173	-16,98	-0,0173	-17,09	-0,0158	-20,51	-0,0144	-25,21
-0,0118	-44,84	-0,0134	-64,51	-0,0134	-64,93	-0,0123	-77,92	-0,0112	-95,78
-0,0085	-69,61	-0,0096	-112,04	-0,0096	-112,78	-0,0088	-135,33	-0,0080	-166,34
-0,0051	-94,37	-0,0058	-159,55	-0,0058	-160,59	-0,0053	-192,74	-0,0048	-236,87
-0,0047	-98,50	-0,0053	-166,52	-0,0053	-167,61	-0,0048	-201,13	-0,0044	-247,22
-0,0042	-100,43	-0,0048	-169,78	-0,0048	-170,89	-0,0044	-205,07	-0,0040	-252,07
-0,0038	-100,84	-0,0043	-170,48	-0,0043	-171,60	-0,0040	-205,92	-0,0036	-253,11
-0,0034	-100,43	-0,0038	-169,78	-0,0038	-170,89	-0,0035	-205,07	-0,0032	-252,07
-0,0030	-98,50	-0,0034	-166,52	-0,0034	-167,61	-0,0031	-201,13	-0,0028	-247,22
-0,0025	-94,37	-0,0029	-159,55	-0,0029	-160,59	-0,0026	-192,71	-0,0024	-236,87
-0,0021	-87,56	-0,0024	-148,03	-0,0024	-149,00	-0,0022	-178,80	-0,0020	-219,78
-0,0017	-77,64	-0,0019	-131,26	-0,0019	-132,12	-0,0018	-158,55	-0,0016	-194,88
-0,0013	-64,25	-0,0014	-108,62	-0,0014	-109,33	-0,0013	-131,19	-0,0012	-161,26
-0,0008	-46,50	-0,0010	-79,53	-0,0010	-80,05	-0,0009	-96,06	-0,0008	-118,07

Tablo 4.26. Ø65cm’lik kazık $\beta_G=1,00$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	63831	k=	94479	k=	125217	k=	125217	k=	125217
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-29,27	-1,0000	-38,99	-1	-45,93	-1	-45,93	-1	-45,93
-0,0152	-29,27	-0,0137	-38,99	-0,0122	-45,93	-0,0122	-45,93	-0,0122	-45,93
-0,0144	-29,27	-0,0130	-38,99	-0,0115	-45,93	-0,0115	-45,93	-0,0115	-45,93
-0,0112	-111,20	-0,0101	-148,13	-0,0090	-174,51	-0,0090	-174,51	-0,0090	-174,51
-0,0080	-193,13	-0,0072	-257,27	-0,0064	-303,08	-0,0064	-303,08	-0,0064	-303,08
-0,0048	-275,01	-0,0043	-366,41	-0,0038	-431,59	-0,0038	-431,59	-0,0038	-431,59
-0,0044	-287,02	-0,0040	-382,35	-0,0035	-450,44	-0,0035	-450,44	-0,0035	-450,44
-0,0040	-292,66	-0,0036	-389,85	-0,0032	-459,28	-0,0032	-459,28	-0,0032	-459,28
-0,0036	-293,87	-0,0032	-391,46	-0,0029	-461,18	-0,0029	-461,18	-0,0029	-461,18
-0,0032	-292,66	-0,0029	-389,85	-0,0026	-459,28	-0,0026	-459,28	-0,0026	-459,28
-0,0028	-287,02	-0,0025	-382,35	-0,0022	-450,44	-0,0022	-450,44	-0,0022	-450,44
-0,0024	-275,01	-0,0022	-366,35	-0,0019	-431,59	-0,0019	-431,59	-0,0019	-431,59
-0,0020	-255,17	-0,0018	-339,91	-0,0016	-400,44	-0,0016	-400,44	-0,0016	-400,44
-0,0016	-226,26	-0,0014	-301,41	-0,0013	-355,08	-0,0013	-355,08	-0,0013	-355,08
-0,0012	-187,23	-0,0011	-249,41	-0,0010	-293,82	-0,0010	-293,82	-0,0010	-293,82
-0,0008	-137,09	-0,0007	-182,62	-0,0006	-215,14	-0,0006	-215,14	-0,0006	-215,14

Tablo 4.27. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=1,00$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	125217	k=	125217	k=	125217	k=	125217	k=	125217
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-45,93	-1	-45,93	-1	-45,93	-1	-45,93	-1	-45,93
-0,0122	-45,93	-0,0122	-45,93	-0,0122	-45,93	-0,0122	-45,93	-0,0122	-45,93
-0,0115	-45,93	-0,0115	-45,93	-0,0115	-45,93	-0,0115	-45,93	-0,0115	-45,93
-0,0090	-174,51	-0,0090	-174,51	-0,0090	-174,51	-0,0090	-174,51	-0,0090	-174,51
-0,0064	-303,08	-0,0064	-303,08	-0,0064	-303,08	-0,0064	-303,08	-0,0064	-303,08
-0,0038	-431,59	-0,0038	-431,59	-0,0038	-431,59	-0,0038	-431,59	-0,0038	-431,59
-0,0035	-450,44	-0,0035	-450,44	-0,0035	-450,44	-0,0035	-450,44	-0,0035	-450,44
-0,0032	-459,28	-0,0032	-459,28	-0,0032	-459,28	-0,0032	-459,28	-0,0032	-459,28
-0,0029	-461,18	-0,0029	-461,18	-0,0029	-461,18	-0,0029	-461,18	-0,0029	-461,18
-0,0026	-459,28	-0,0026	-459,28	-0,0026	-459,28	-0,0026	-459,28	-0,0026	-459,28
-0,0022	-450,44	-0,0022	-450,44	-0,0022	-450,44	-0,0022	-450,44	-0,0022	-450,44
-0,0019	-431,59	-0,0019	-431,59	-0,0019	-431,59	-0,0019	-431,59	-0,0019	-431,59
-0,0016	-400,44	-0,0016	-400,44	-0,0016	-400,44	-0,0016	-400,44	-0,0016	-400,44
-0,0013	-355,08	-0,0013	-355,08	-0,0013	-355,08	-0,0013	-355,08	-0,0013	-355,08
-0,0010	-293,82	-0,0010	-293,82	-0,0010	-293,82	-0,0010	-293,82	-0,0010	-293,82
-0,0006	-215,14	-0,0006	-215,14	-0,0006	-215,14	-0,0006	-215,14	-0,0006	-215,14

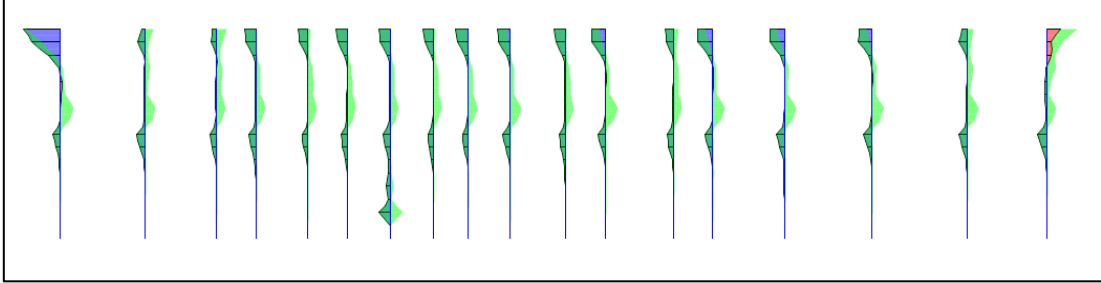


Şekil 4.40. Ø65cm'lik kazık zemin P-y yay grafikleri ($\beta_G=1,00$ için)

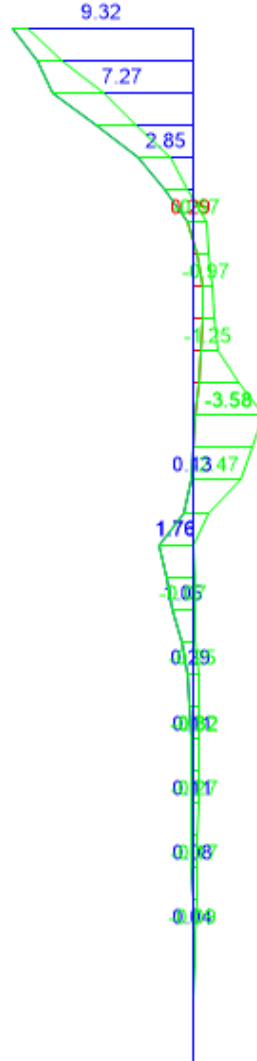
4.8.2. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşim Analizi Sonuçları

Kinematik etkileşim analizinde yer değiştirme yüklemeleri sonucunda, kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı x yönü için Şekil 4.41'de hesaplanan en

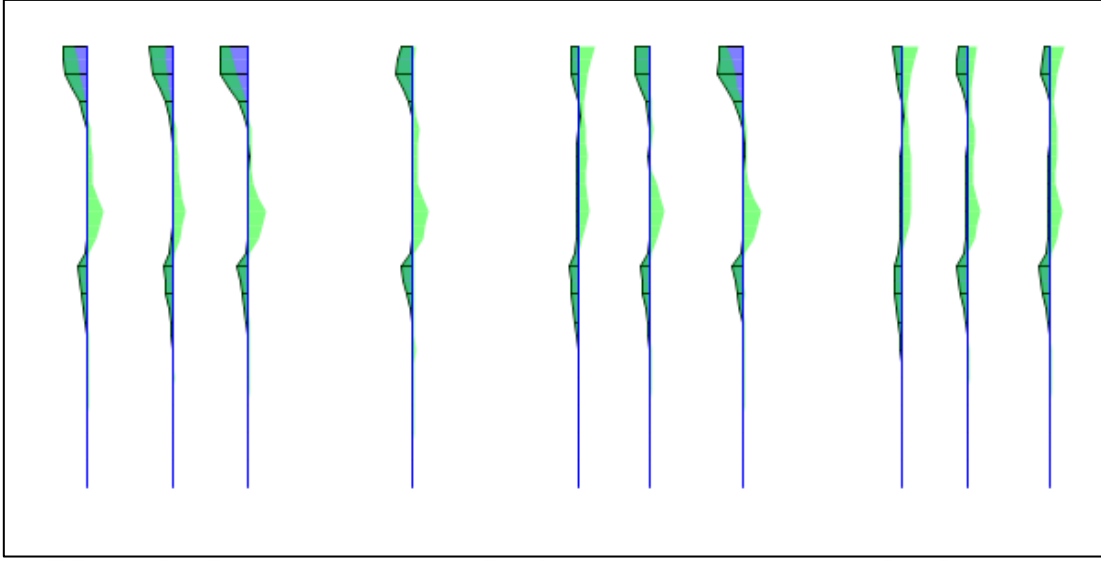
büyük moment değeri Şekil 4.42’de; y yönü için ise kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı Şekil 4.43’te, hesaplanan en büyük moment değeri de Şekil 4.44’te verilmiştir.



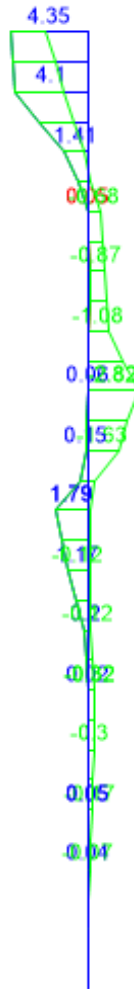
Şekil 4.41. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü)



Şekil 4.42. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü)

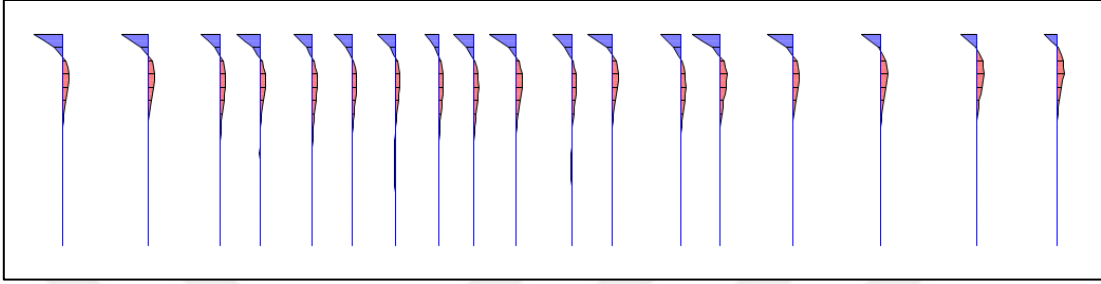


Şekil 4.43. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (Y yönü)

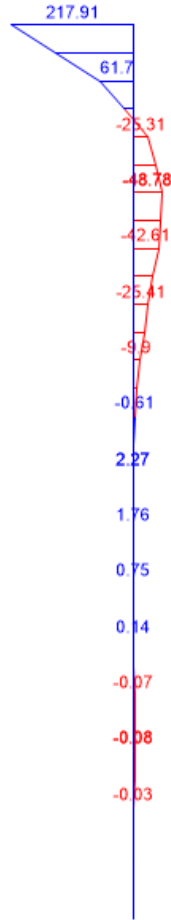


Şekil 4.44. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü)

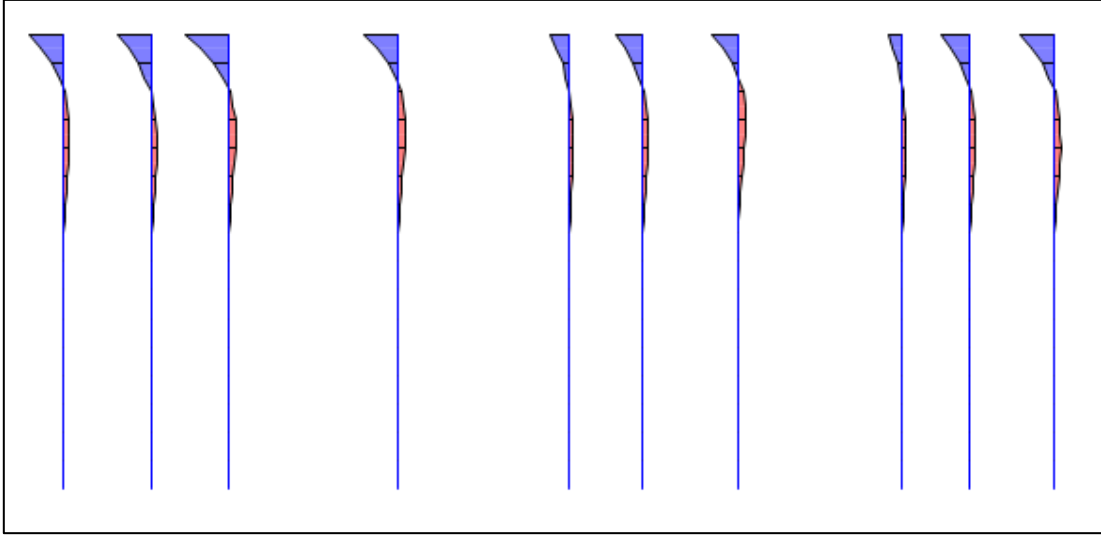
Eylemsizlik etkileşim analizleri kazıklara gelen düşey ve yatay kuvvetler alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu yüklemeler sonucunda, kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı x yönü için Şekil 4.45, hesaplanan en büyük moment değeri Şekil 4.46; y yönü için ise kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı Şekil 4.47, hesaplanan en büyük moment değeri de Şekil 4.48’de verilmiştir.



Şekil 4.45. Eylemsizlik etkileşimi sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü)



Şekil 4.46. Eylemsizlik etkileşimi sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü)

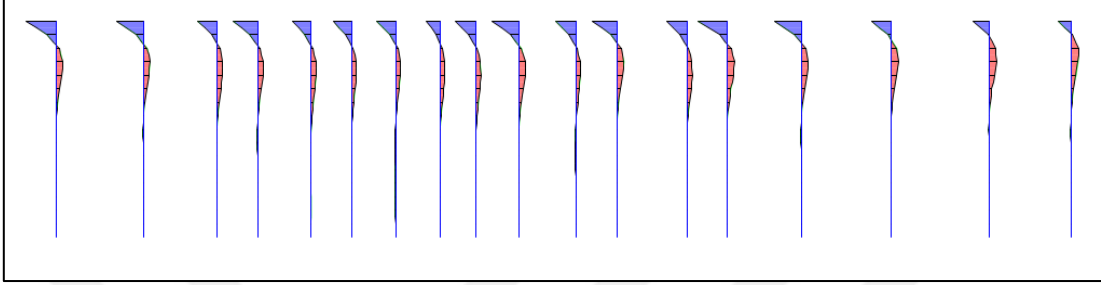


Şekil 4.47. Eylemsizlik etkileşimi sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (Y yönü)



Şekil 4.48. Eylemsizlik etkileşimi sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü)

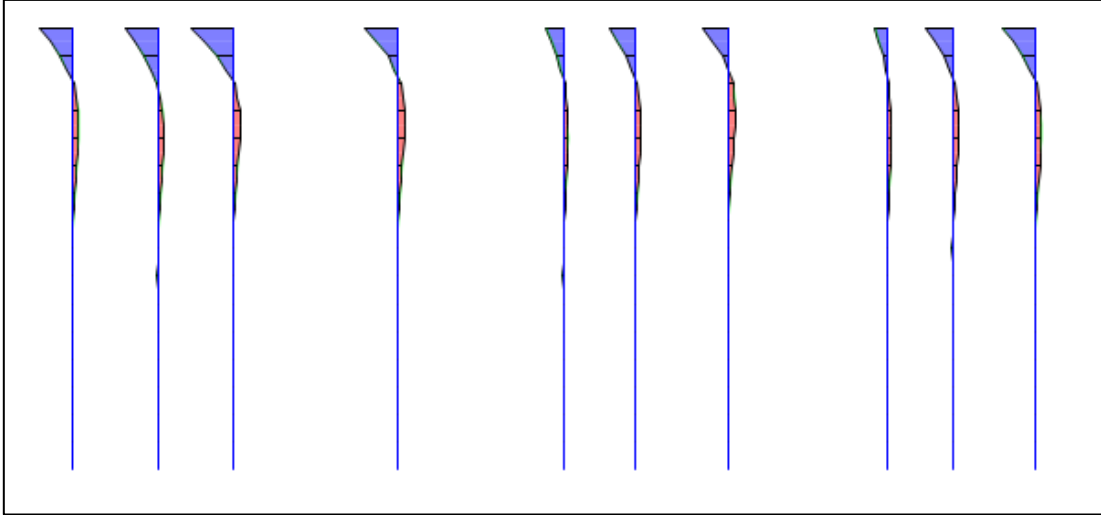
Yöntem III (kinematik etkileşim + eylemsizlik etkileşimi) analizleri ortak sistem yaklaşımıyla gerçekleştirilmiş olup elemanlarda hesaplanan moment davranışı x yönü için Şekil 4.49, hesaplanan en büyük moment değeri Şekil 4.50; y yönü için ise kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı Şekil 4.51, hesaplanan en büyük moment değeri de Şekil 4.52’de verilmiştir.



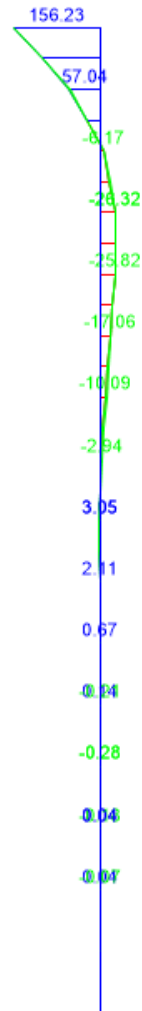
Şekil 4.49. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü)



Şekil 4.50. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü)



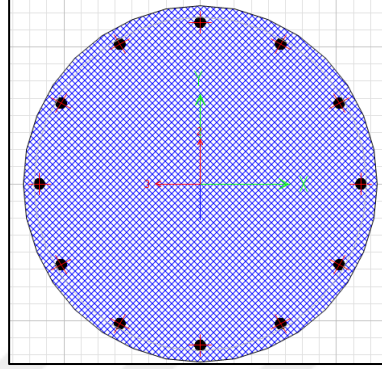
Şekil 4.51. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafiği) (Y yönü)



Şekil 4.52. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü)

4.8.3. Kazıkların Değerlendirilmesi

Mevcut (BS25/S220) 120cm'lik kazık yerine 65cm'lik kazık kullanılması durumu için birinci deprem takımı için analizler gerçekleştirilmiştir. Kazıkların donatısı donatısı 12Ø20 olarak belirlenmiştir. Betonarme kazık elemanının tasarımı Sap2000 programında "Section Designer" özelliği yardımıyla yapılmıştır (Şekil 4.53).



Şekil 4.53. Betonarme kazık "Section Designer" modeli

TBDY-2018 EK16C'ye göre analizler sonucunda, kazık üst noktasına normal kuvvet (N)=-3636 kN, moment (M)=228 kNm olarak hesaplanmıştır. Section Designer ile yapılan kesit analizleri Şekil 4.54'de detaylı olarak verilmiştir. Kazık moment kapasitesi 678 kNm olarak hesaplanmış olup, kapasite oranı 0.33'dür. Kazık üzerine gelen eğilme momentlerini güvenle aktaracaktır.



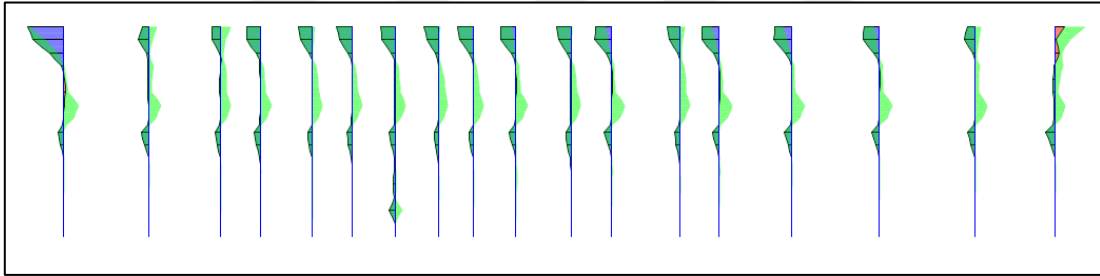
Şekil 4.54. Ø65cm'lik kazık moment kapasitesi

4.9. İkinci Deprem Takımı ile Ø65cm Çaplı Fore Kazıkların Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Hesapları

Bu bölümde Ø65 cm'lik kazık çapı ve ikinci deprem takımı için etkileşim analizleri gerçekleştirilecektir. İkinci deprem takımı için kinematik etkileşim analizleri sonuçları Bölüm 4.7'de, 65cm'lik kazık için P-y yayları ise Bölüm 4.8'de verilmişti. Bu bölümde deprem takımının değişmesi ile birlikte yenilenen analiz sonuçlarına değinilecektir.

4.9.1. Yapı-Kazık-Zemin Etkileşim Analizi Sonuçları

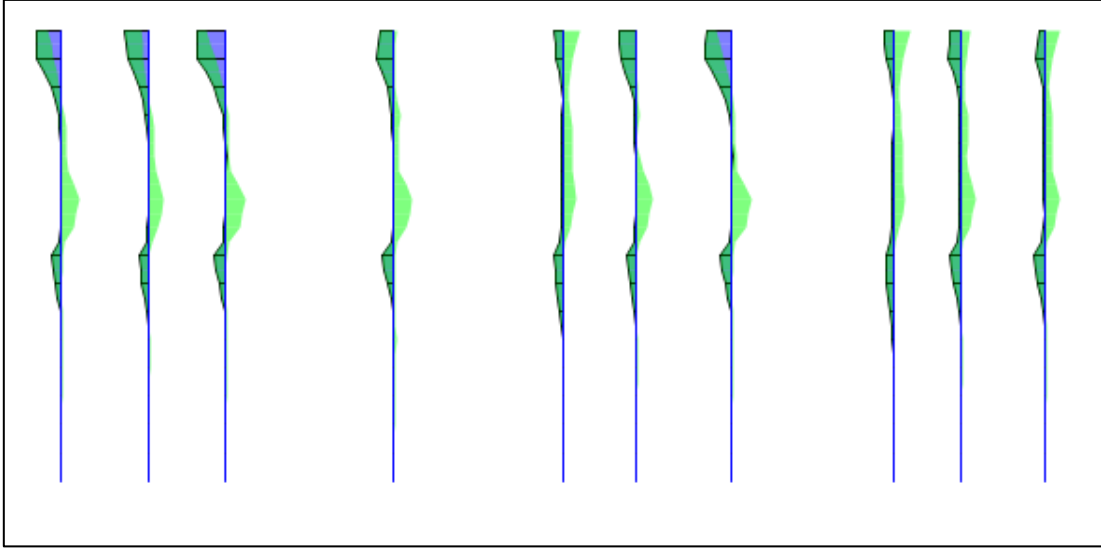
Kinematik etkileşim analizinde yer değiştirme yüklemeleri sonucunda, kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı x yönü için Şekil 4.55'de hesaplanan en büyük moment değeri Şekil 4.56'da; y yönü için ise kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı Şekil 4.57'de, hesaplanan en büyük moment değeri de Şekil 4.58'de verilmiştir.



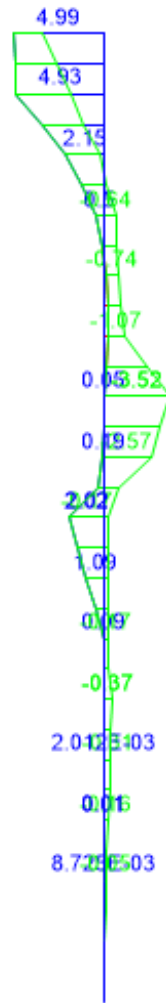
Şekil 4.55. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü)



Şekil 4.56. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü)

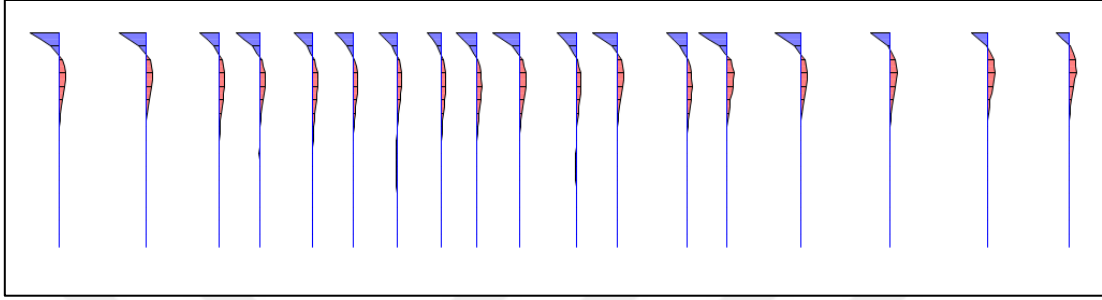


Şekil 3.57. Kinematik etkileşim sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (Y yönü)



Şekil 4.58. Kinematik etkileşim sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü)

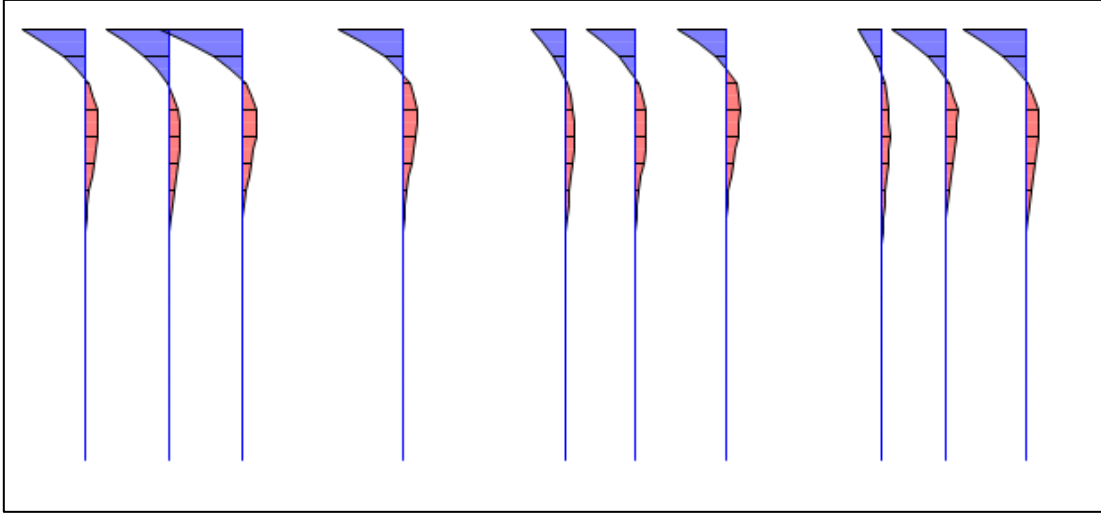
Eylemsizlik etkileşim analizleri kazıklara gelen düşey ve yatay kuvvetler alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu yüklemeler sonucunda, kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı x yönü için Şekil 4.59, hesaplanan en büyük moment değeri Şekil 4.61; y yönü için ise kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı Şekil 4.61, hesaplanan en büyük moment değeri de Şekil 4.62’de verilmiştir.



Şekil 4.59. Eylemsizlik etkileşimi sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü)



Şekil 4.60. Eylemsizlik etkileşimi sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü)

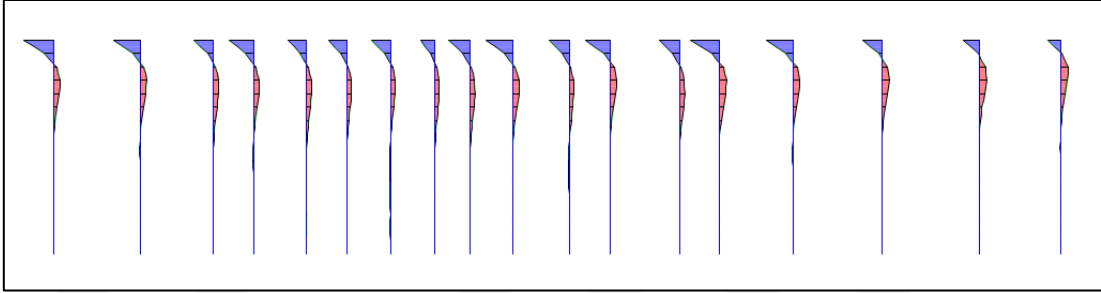


Şekil 4.61. Eylemsizlik etkileşimi sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (Y yönü)

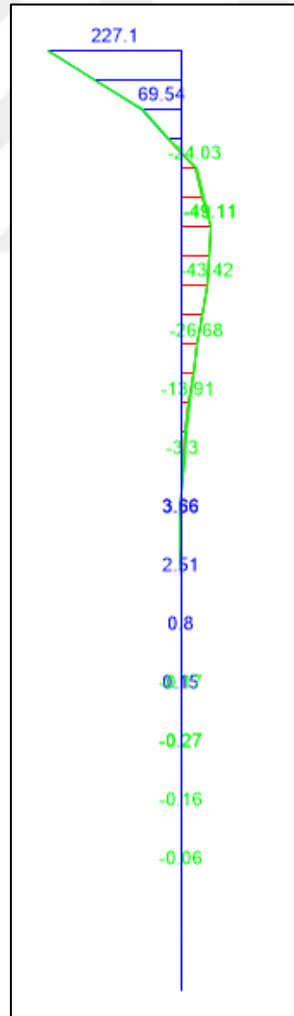


Şekil 4.62. Eylemsizlik etkileşimi sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü)

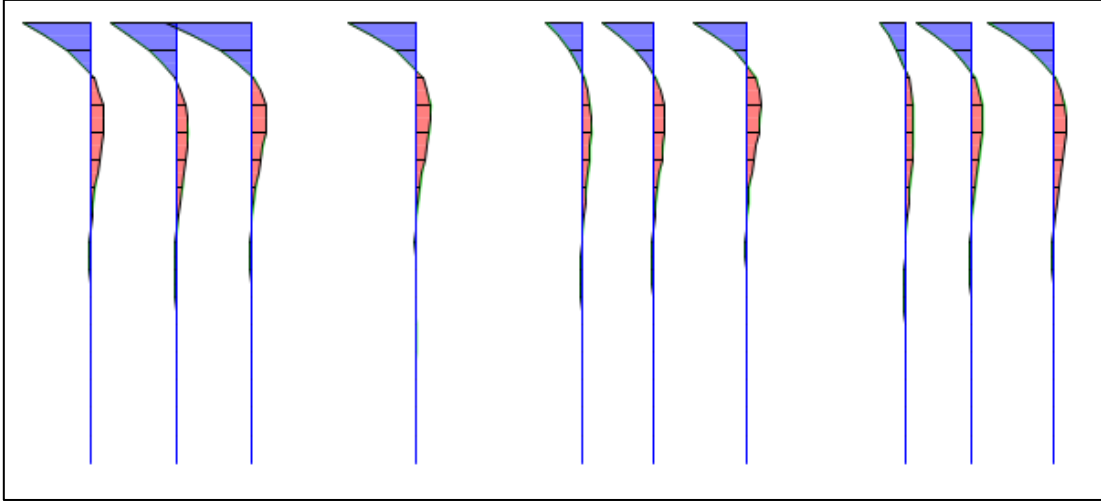
Yöntem III (kinematik etkileşim + eylemsizlik etkileşimi) analizleri ortak sistem yaklaşımıyla gerçekleştirilmiş olup elemanlarda hesaplanan moment davranışı x yönü için Şekil 4.63, hesaplanan en büyük moment değeri Şekil 4.64; y yönü için ise kazık elemanlarda hesaplanan moment davranışı Şekil 4.65, hesaplanan en büyük moment değeri de Şekil 4.66'da verilmiştir.



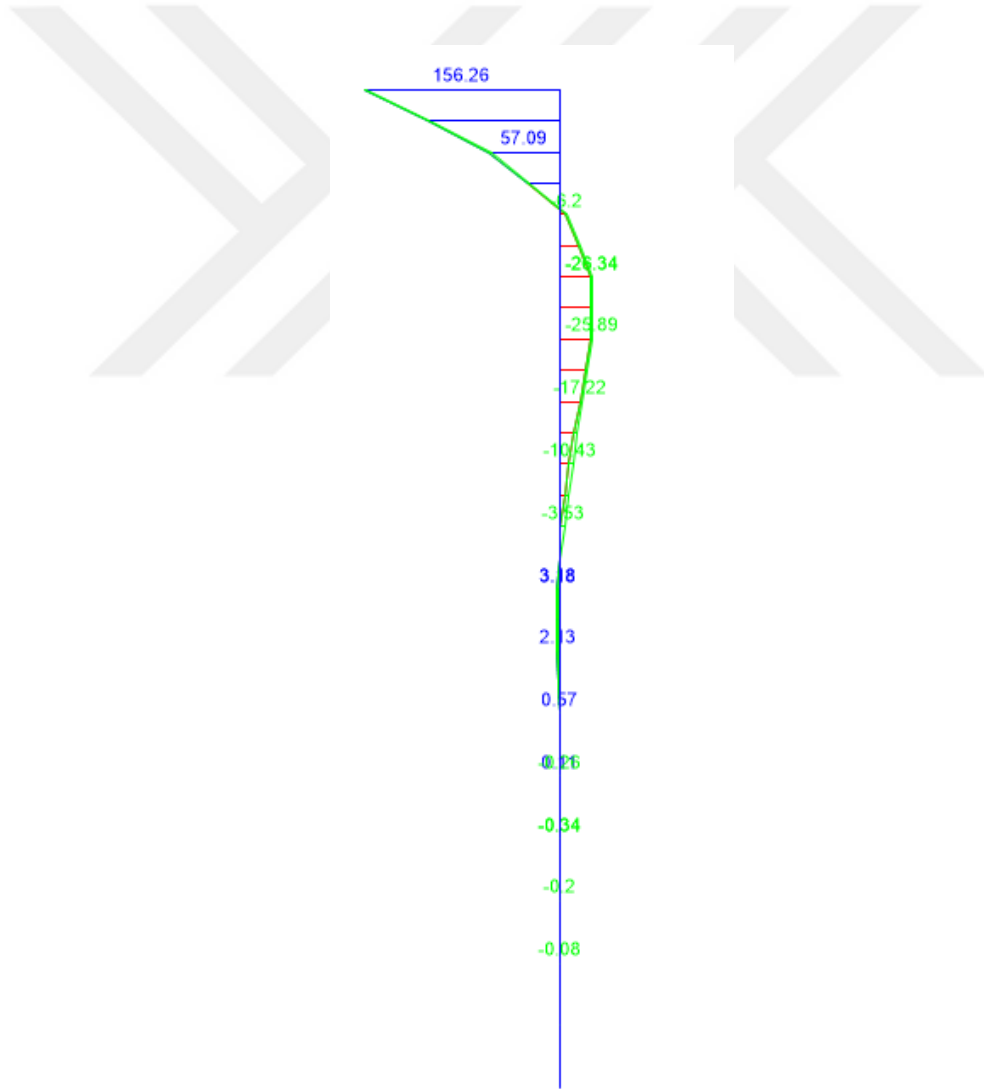
Şekil 4.63. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (X yönü)



Şekil 4.64. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (X yönü)



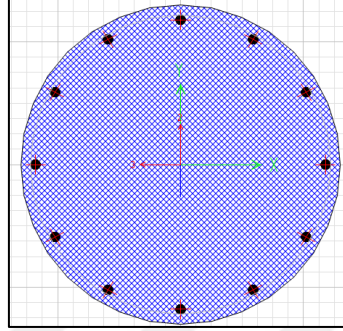
Şekil 4.65. Yöntem III sonucu elde edilen kazık moment davranışı (grafığı) (Y yönü)



Şekil 4.66. Yöntem III sonucu kritik kazık moment diyagramı (kNm) (Y yönü)

4.9.2. Kazıkların Değerlendirilmesi

Mevcut (BS25/S220) 120cm'lik kazık yerine 65cm'lik kazık kullanılması durumu için ikinci deprem takımı için analizler gerçekleştirilmiştir. Kazıkların donatısı donatısı 12Ø20 olarak belirlenmiştir. Betonarme kazık elemanının tasarımı Sap2000 programında "Section Designer" özelliği yardımıyla yapılmıştır (Şekil 4.67).



Şekil 4.67. Betonarme kazık "Section Designer" modeli

TBDY-2018 EK16C'ye göre yapılan analizler sonucunda, kazık üst noktasına normal kuvvet (N)=-3636 kN, moment (M)=228 kNm olarak hesaplanmıştır. Section Designer ile yapılan kesit analizleri Şekil 4.68'de detaylı olarak verilmiştir. Kazık moment kapasitesi 678 kNm olarak hesaplanmış olup, kapasite oranı 0.33'dür. Kazık üzerine gelen eğilme momentlerini güvenle aktaracaktır.



Şekil 4.68. Ø65cm'lik kazık moment kapasitesi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında İstanbul ilinde bulunan bir yapının derin temel sisteminin etkileşim analizleri gerçekleştirilmiştir. Etkileşim analizleri TBDY-2018’de belirtilen Yöntem-III göz önüne alınarak tamamlanmıştır. Yapı temeli altında bulunan kazıkların üzerlerine gelen normal kuvvet ve momentleri güvenle aldığı gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizlerden ilk kısım Ø120 cm çapındaki kazıklar için birinci deprem takımı ile gerçekleştirilen Yöntem-III analizleri sonucunda kazıkların kapasite oranı 0,16, ikinci deprem takımı ile gerçekleştirilen analizlerin sonucunda ise kazıkların kapasite oranı 0,13 olarak bulunmuştur.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizlerden ikinci kısım Ø65 cm çapındaki kazıklar için birinci deprem takımı ile gerçekleştirilen Yöntem-III analizleri sonucunda kazıkların kapasite oranı 0,33, ikinci deprem takımı ile gerçekleştirilen analizlerin sonucunda ise kazıkların kapasite oranı 0,33 olarak bulunmuştur.

Analiz sonuçlarından hareketle kazıklarda meydana gelen iç kuvvetlerin ve kazık kapasite oranlarının deprem takımı ile majör bir değişikliğe uğramadığı ancak kazık çapının değişimi sonucunda ise kazık kapasite oranlarının arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca görece daha iyi zeminlerde (ZC) kazık kapasite oranlarının düşük kaldığı görece daha kötü zeminlerde ise (ZD, ZE, ZF) kazık kapasite oranlarının artacağı sonucuda da varılabilir.

Çalışma kapsamında dört farklı değişken kullanılmıştır. Kazık çaplarının sabit tutulduğu ve sadece deprem takımlarının değiştirildiği durumlarda kazıklarda meydana gelen iç kuvvetlerde majör değişikliklere rastlanılmamıştır. Kazık çaplarının değiştiği durumda ise kazık çapı küçüldükte kazık kapasite oranının arttığı gözlemlenmiştir. Kazık çapının etkileşim analizleri sonucu optimum çapta belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışma Ülkemizde henüz yürürlüğe girmiş olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) kapsamında tanımlanan yapı-kazık-zemin etkileşimi analizlerinden Yöntem III olarak adlandırılan “doğrusal olmayan itme-kazık 1B” analizini kapsamakta olup; güncel literatüre, araştırmacılara ve uygulamacılara katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Al-Atik L., Abrahamson N., Bommer J. J., Scherbaum F., Cotton F., Kuehn N. (2010). The Ability of Ground-Motion Prediction Models and Its Components. *Seismological Research Letters*, 81, 5, 794-801.
- Aydınoğlu M.N. (2011). Zayıf Zeminlerde Yapılan Binalarda Dinamik Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi İçin Uygulamaya Yönelik Bir Hesap Yöntemi. 1. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü.
- Bildik S., Savaşeri K., Polat Ş.Ş., Laman M. (2017). Bir Vaka Analizinde Kazıkların Davranışının Kinematik Etkileşim Yöntemi İle İrdelenmesi. 7. *Geoteknik Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 22-24 Kasım 2017.
- Çetin K.O., Bilge H.T., Yunatçı A.A., Oral S.U., Siyahi B. (2013). Yüksek Katlı Yapı Sistemlerinde Sismik Zemin-Kazık-Radye-Yapı Etkileşimi Üzerine Bir Değerlendirme. *Prof. Dr. İsmet Ordemir Anna Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 22 Kasım 2013.
- Keskin E. (2018). Betonarme Çerçevesel Bir Yapıda Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi Dikkate Alınarak Kazık Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 542147.
- Kurt D. (2019). Yüksek Katlı Yapılarda Yapı-Kazık-Zemin Dinamik Etkileşiminin İki Boyutlu Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 557706.
- Matlock H. (1970). Correlation for Design of Laterally Loaded Piles in Soft Clay. *Offshore Technology Conference*, Houston, Texas.
- Özden G., Sütçüoğlu M. (2004). Deprem Hareketinin Kazıklı Temellere Kinematik Etkileri. *Türkiye İnşaat Mühendisliği 17. Teknik Kongre ve Sergisi*, İstanbul, Türkiye, 15-17 Nisan 2004.
- Öztürk P.S., Işık N.S. (2015). Sıvılaştan Zeminlerde Kazık Davranışının P-y Yöntemi İle İncelenmesi. *2nd International Sustainable Buildings Symposium*, Ankara, Türkiye, 28-30 Mayıs 2015.
- Reese L. C., Cox W. R., Koop F. D. (1974). Analysis of Laterally Loaded Piles in Sand. *6th Offshore Technology Conference*, Houston, Texas, 1974.
- Reese L. C., Cox W. R., Koop F. D. (2011). Field Testing and Analysis of Laterally Loaded Piles in Stiff Clay. *7th Offshore Technology Conference*, Houston, Texas.
- Reese L. C., Impe V. W. (2011). Single Piles and Pile Groups Unders Lateral Loading. 2. *CRC Press*, London.

Reese L. C., Welch R. C. (1975). Lateral Loading of Deep Foundation in Stiff Clay. *Journal Of Geotechnical Engineering Division*, 101, 7, 633-649.

Rahmani A., Taiebat M., Finn W.D.L., Ventura C.E. (2018). Evaluation of P-Y Spring For Nonlinear Static and Seismic Soil-Pile Interaction Analysis Under Lateral Loading. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 115, 438-447.

Tahghighi H., Konagai, K. (2007). Numerical Analysis of Linear Soil-Pile Group Interaction Under Lateral Loads. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 27, 463-474.

URL-1:<https://tdth.afad.gov.tr/>, (Ziyaret tarihi: 21 Haziran 2021).

URL-2: <https://ngawest2.berkeley.edu/>, (Ziyaret tarihi: 21 Haziran 2021).

Welch R. C., Reese L. C. (1972). Laterally Loaded Behaviour of Drilled Shafts. *Center for Highway Research*, 3-5, 65-89.

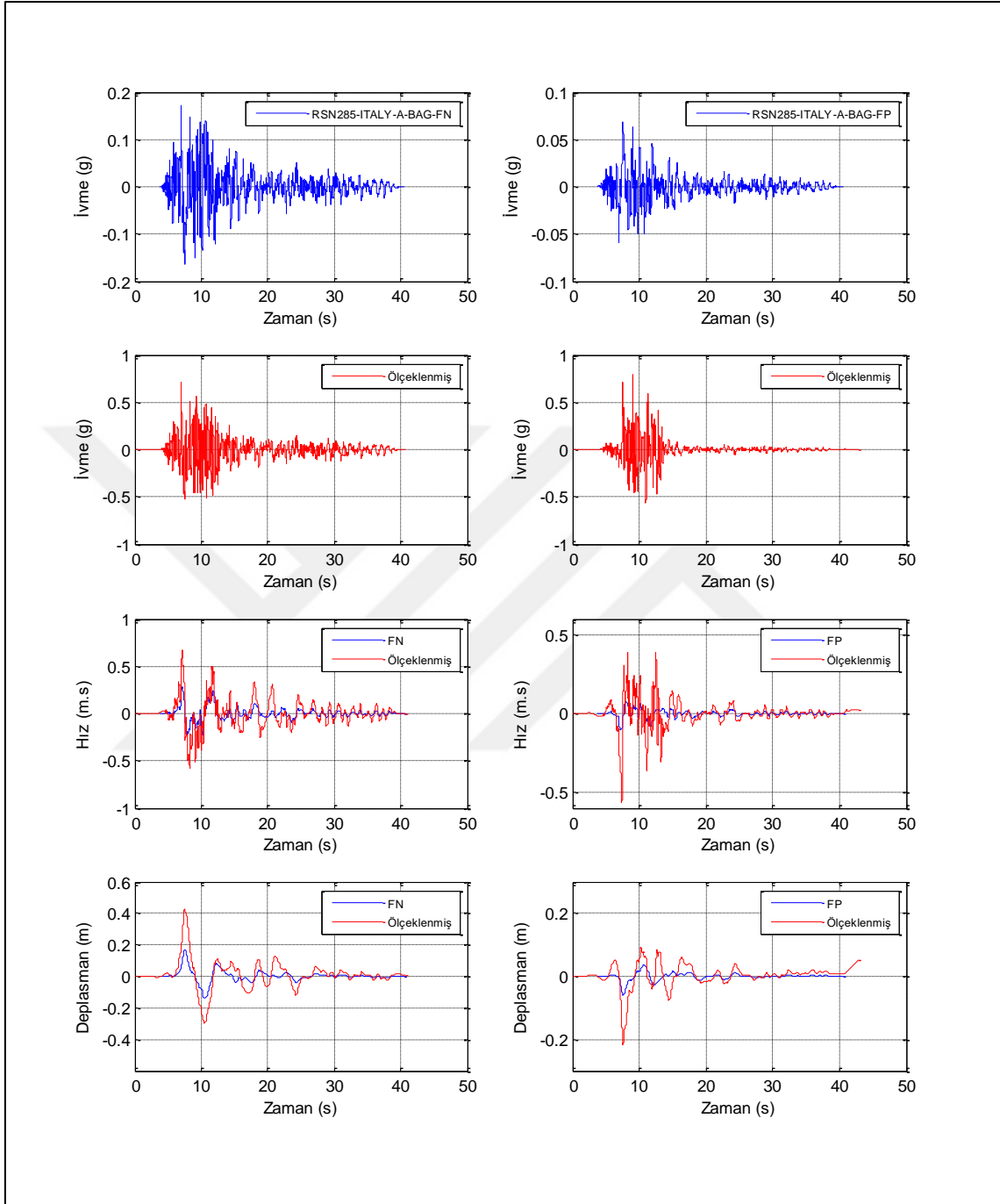
Whitman R. V., Bielak J. (1980). "Foundations" in Design of Earthquake Resistant Structures, *ed. E. Rosenblueth*, Halsted Press.

Yiğit M. A. (2019). Kazıklı Temelerde Zemin Kazık Etkileşimi Parametrelerinin Ortaya Konması. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir, 599445.

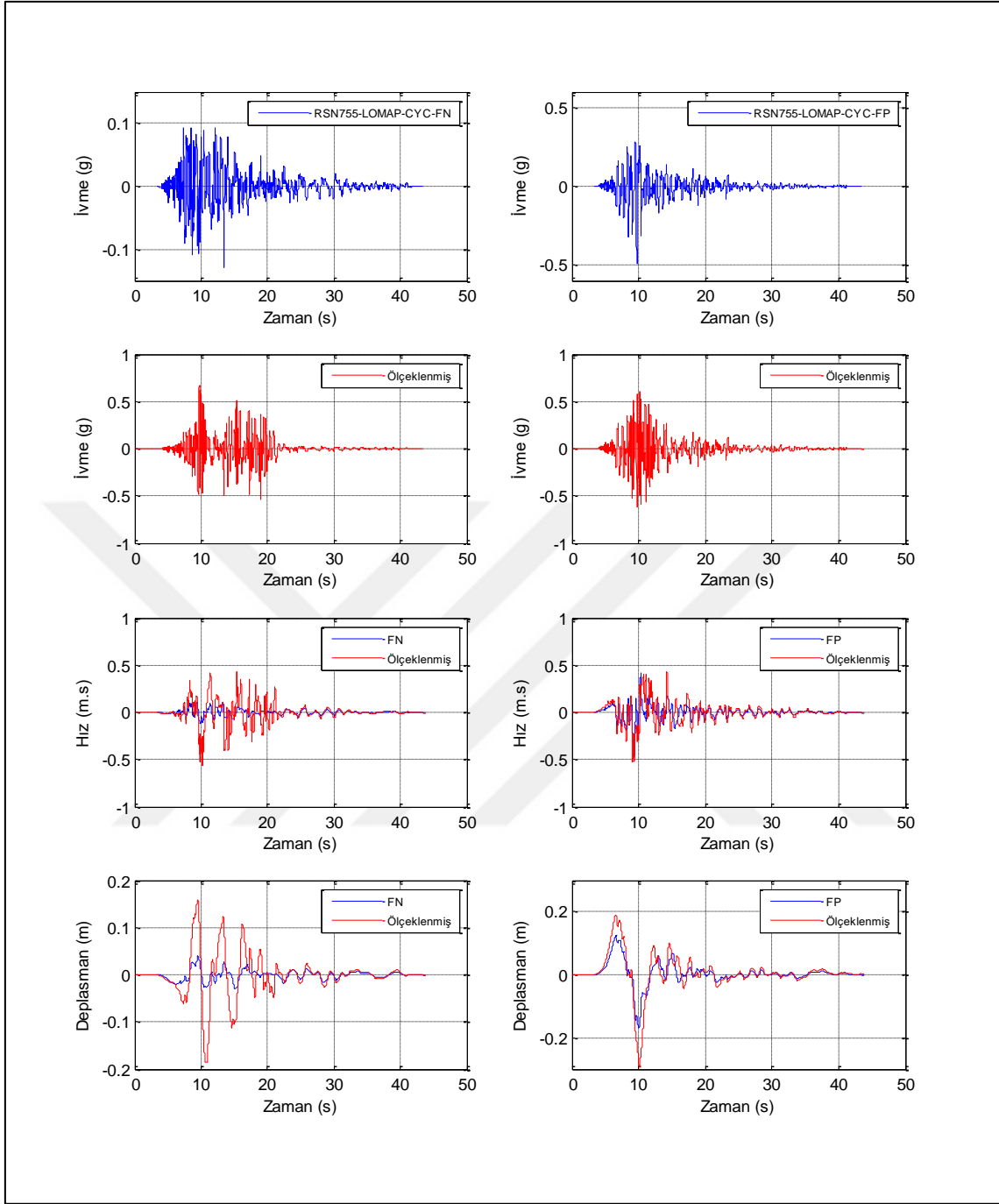


EKLER

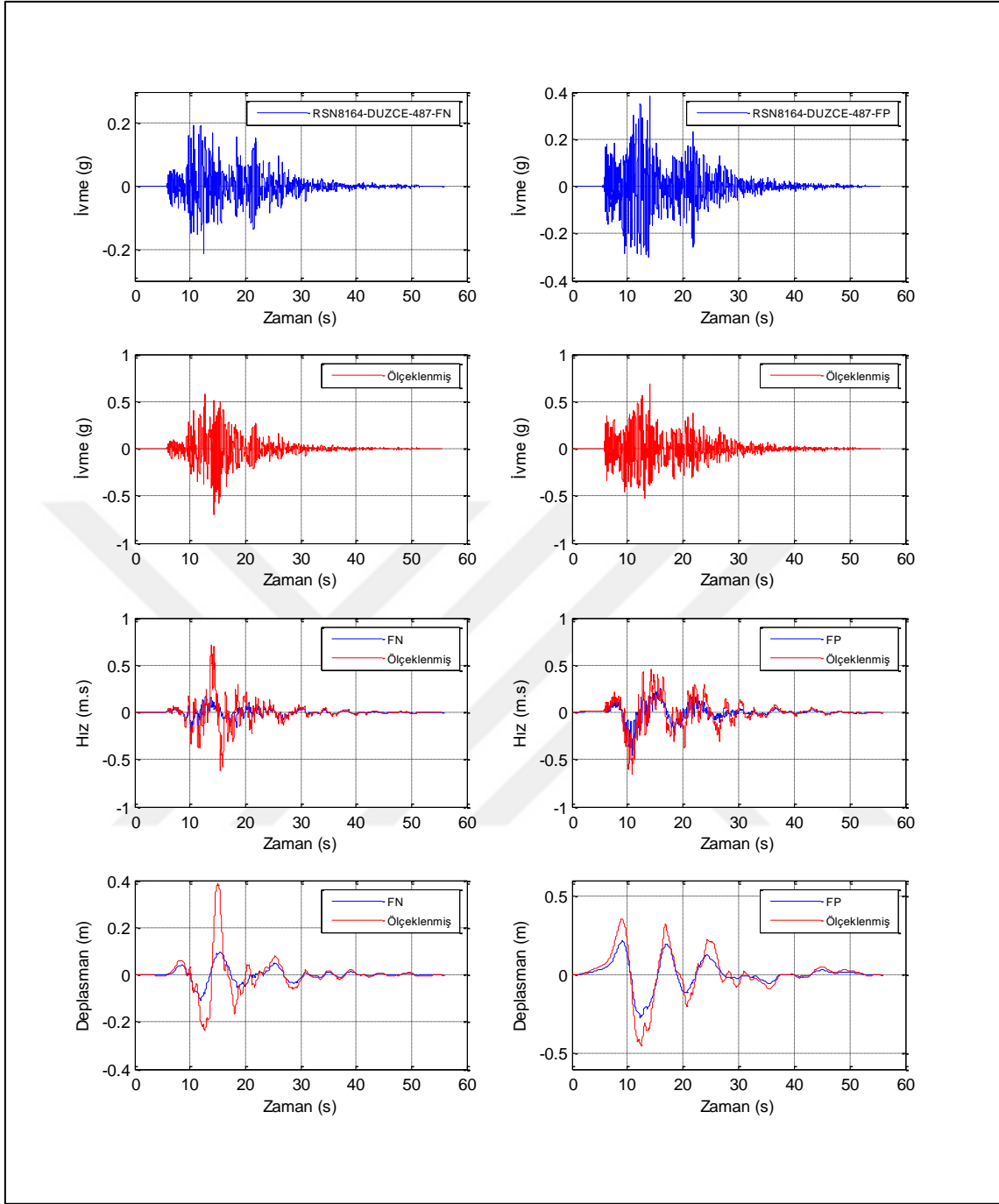
Ek-A: Birinci Deprem Takımı İvme, Hız, Zaman Grafikleri



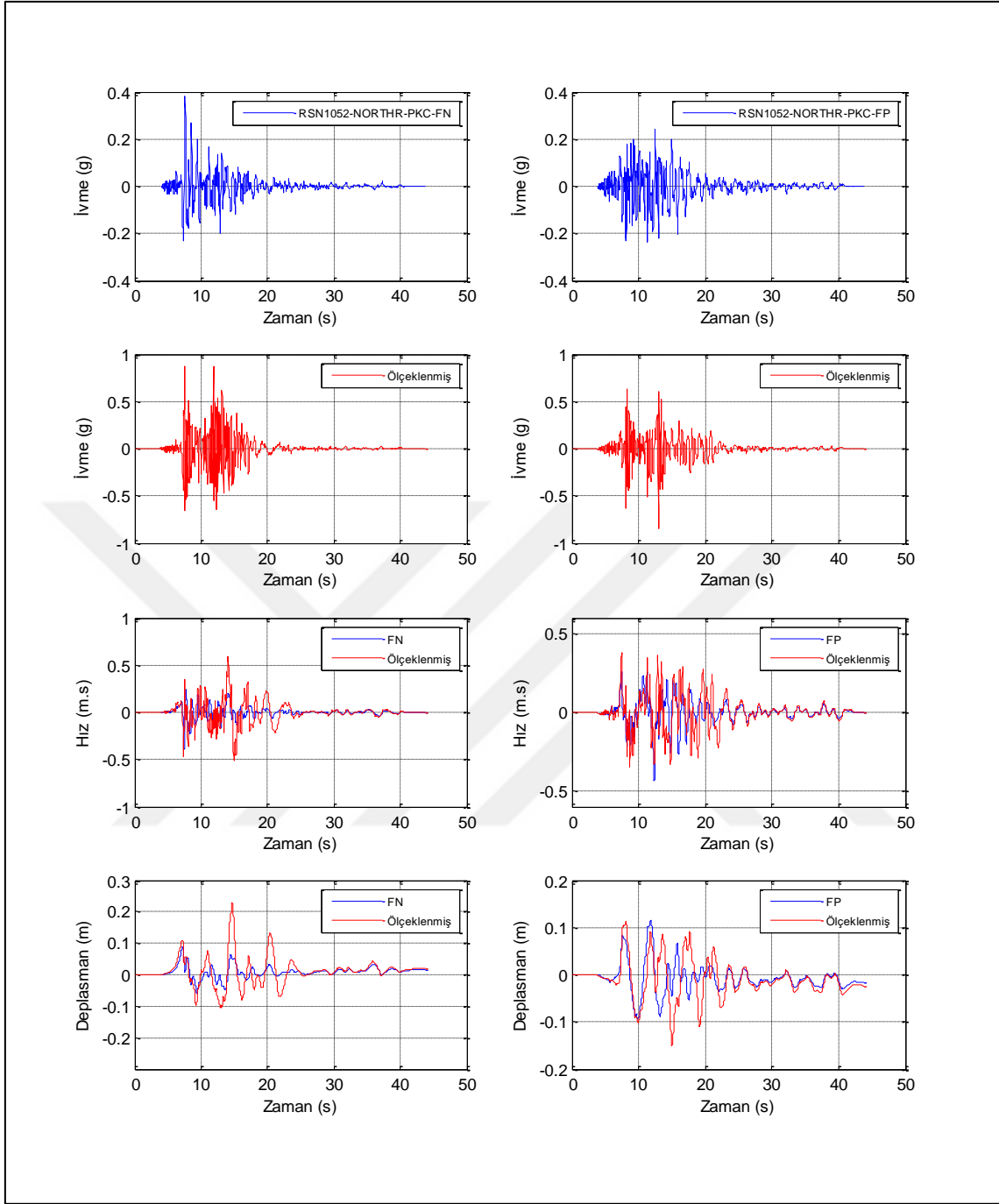
Şekil A.1. Birinci depreme ait grafikler



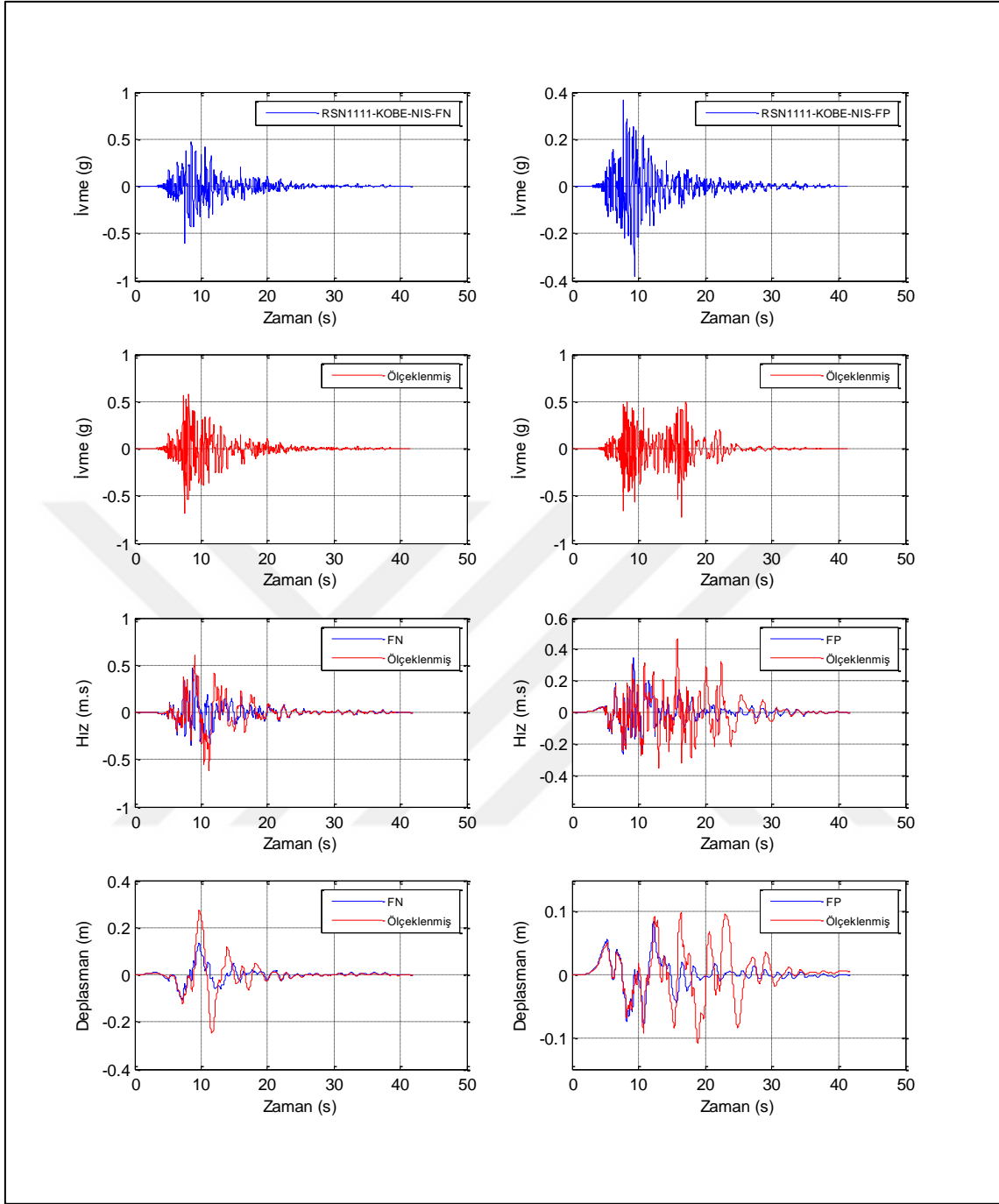
Şekil A.2. İkinci depreme ait grafikler



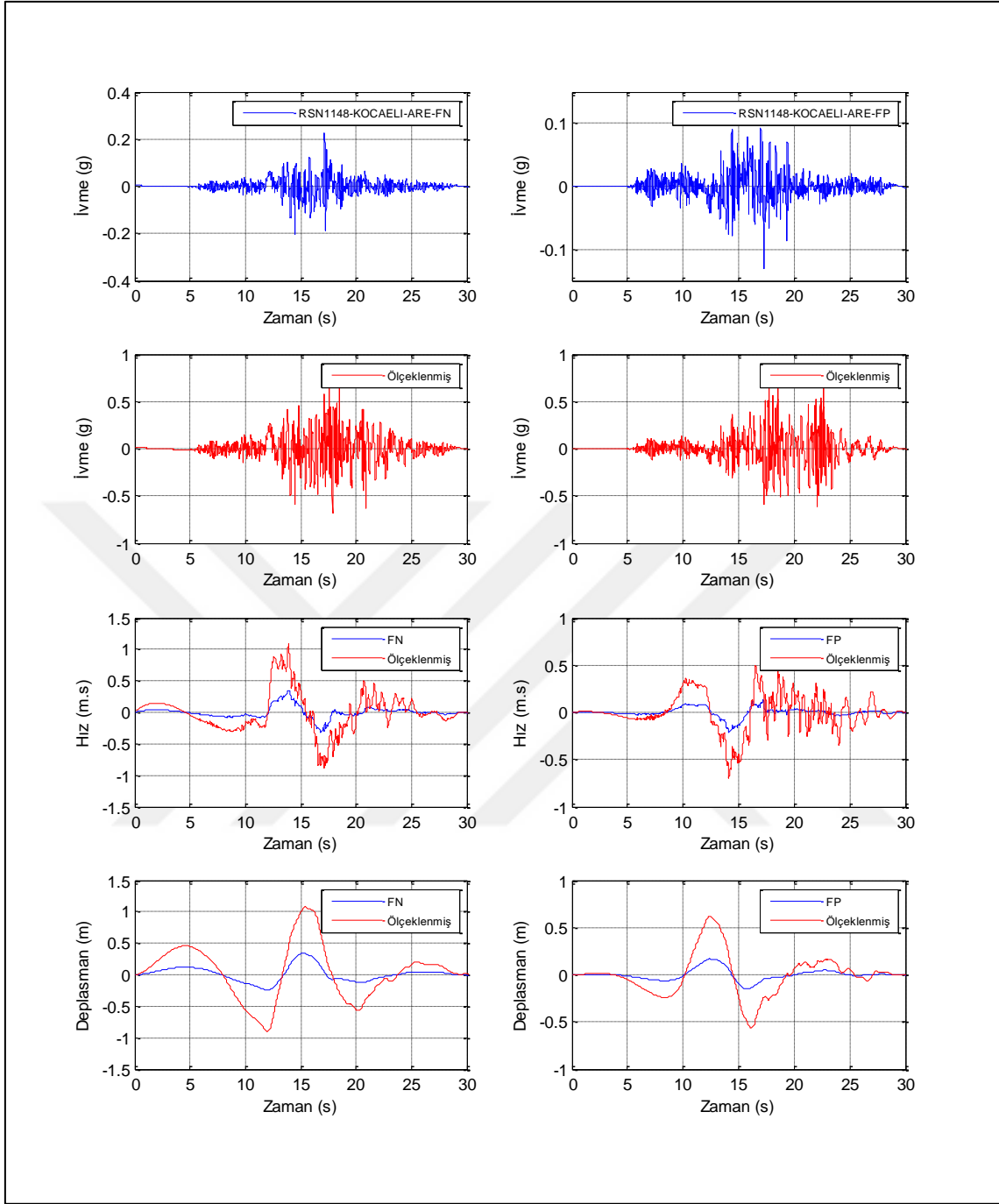
Şekil A.3. Üçüncü depreme ait grafikler



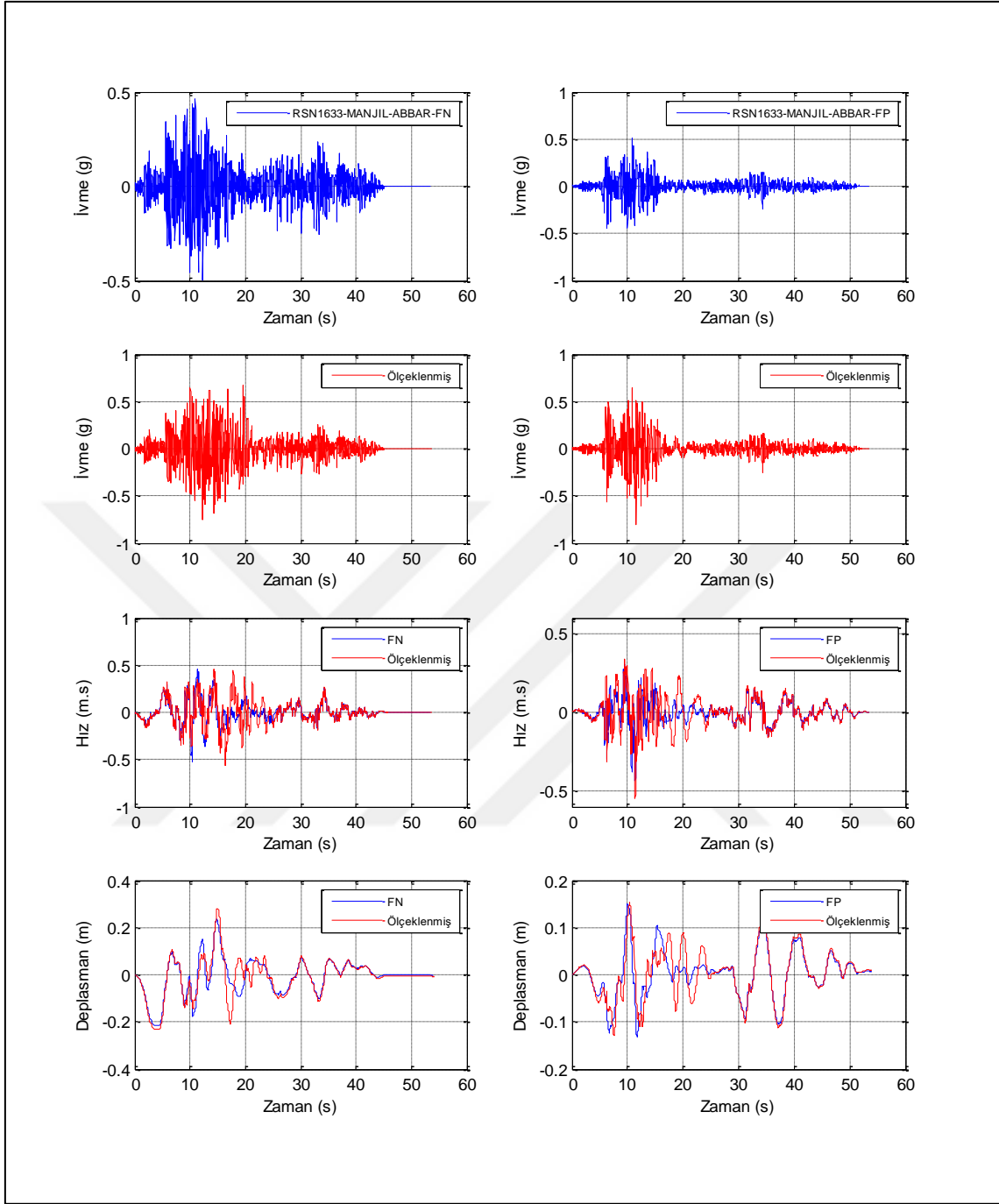
Şekil A.4. Dördüncü depreme ait grafikler



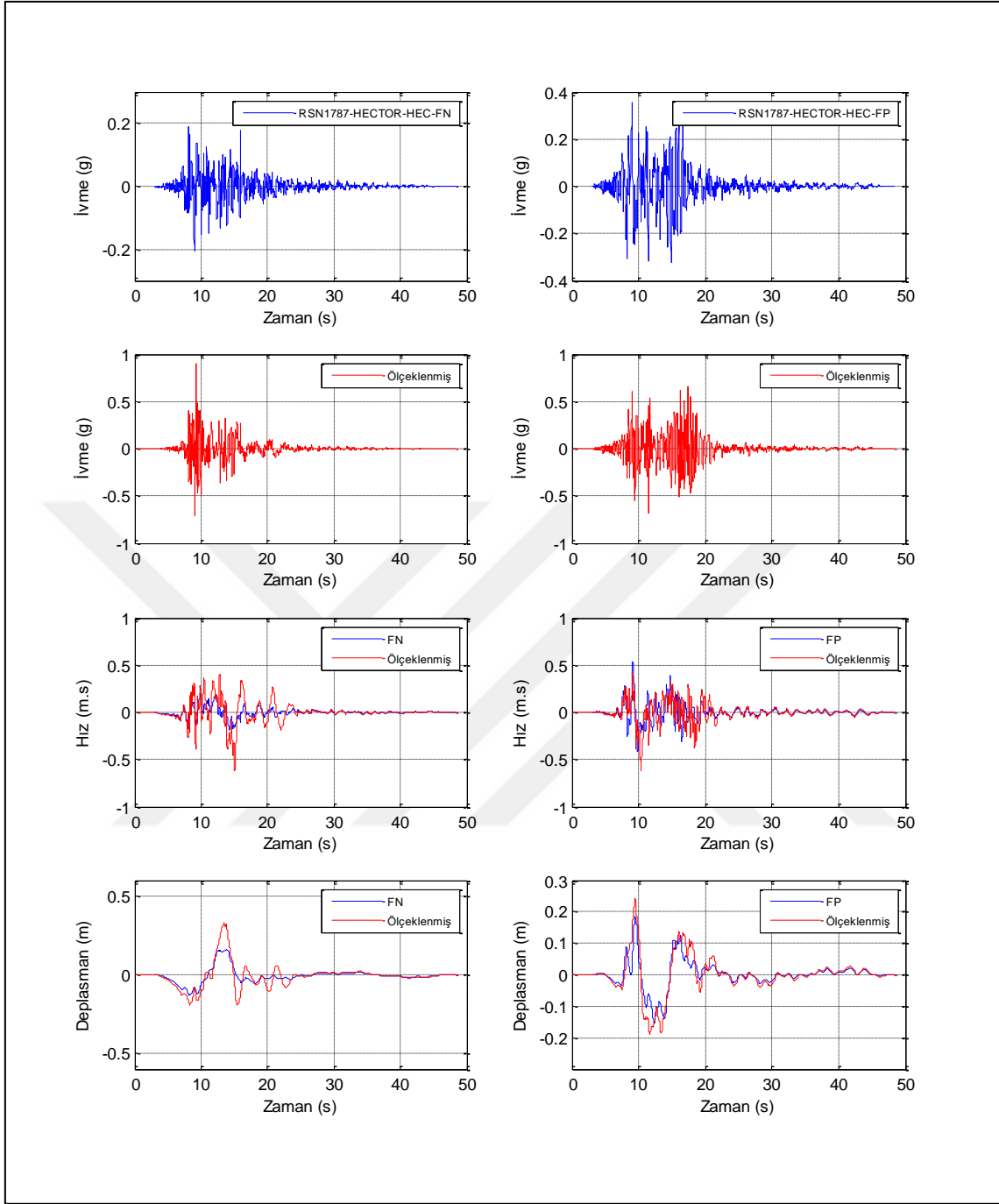
Şekil A.5. Beşinci depreme ait grafikler



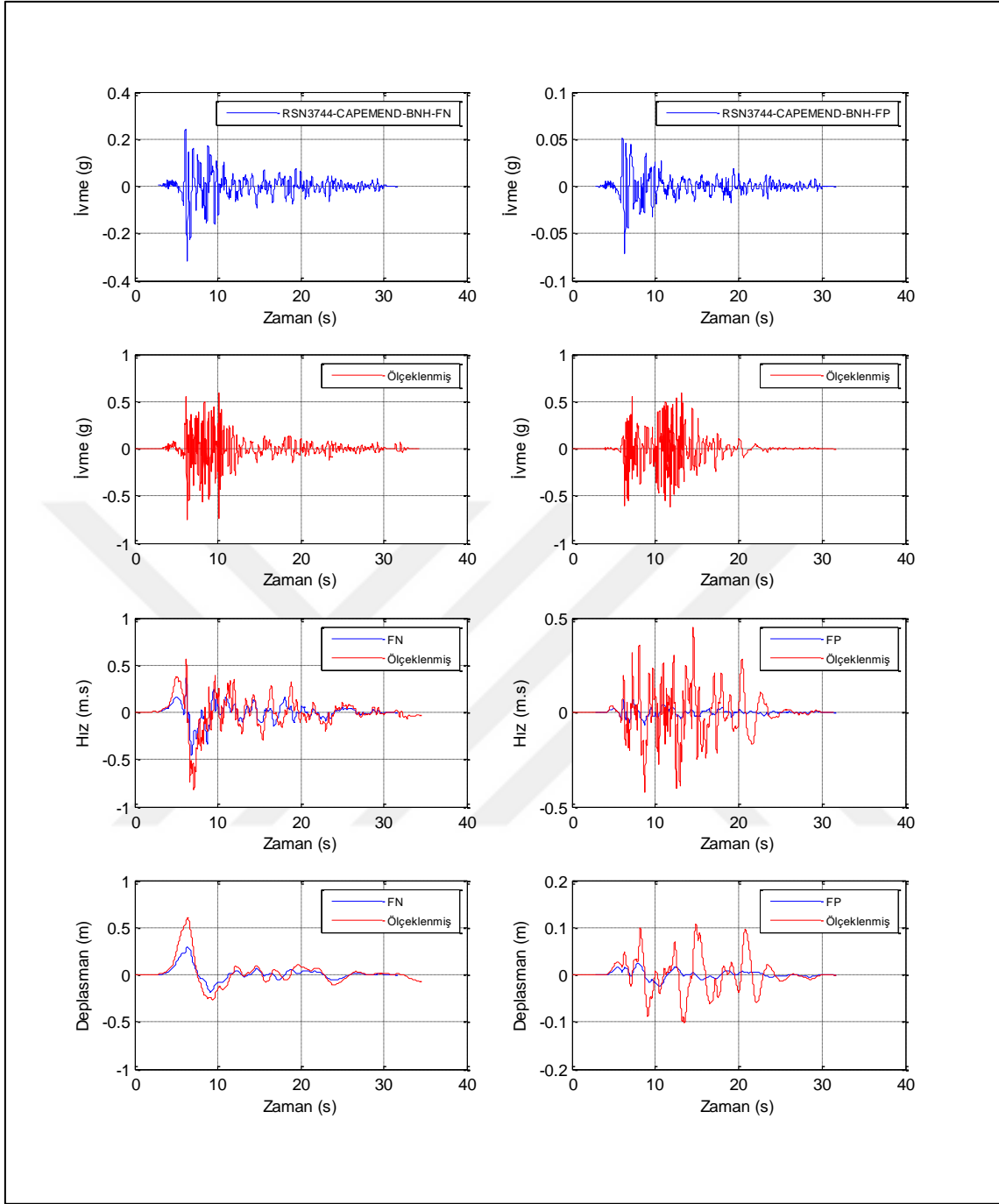
Şekil A.6. Altıncı depreme ait grafikler



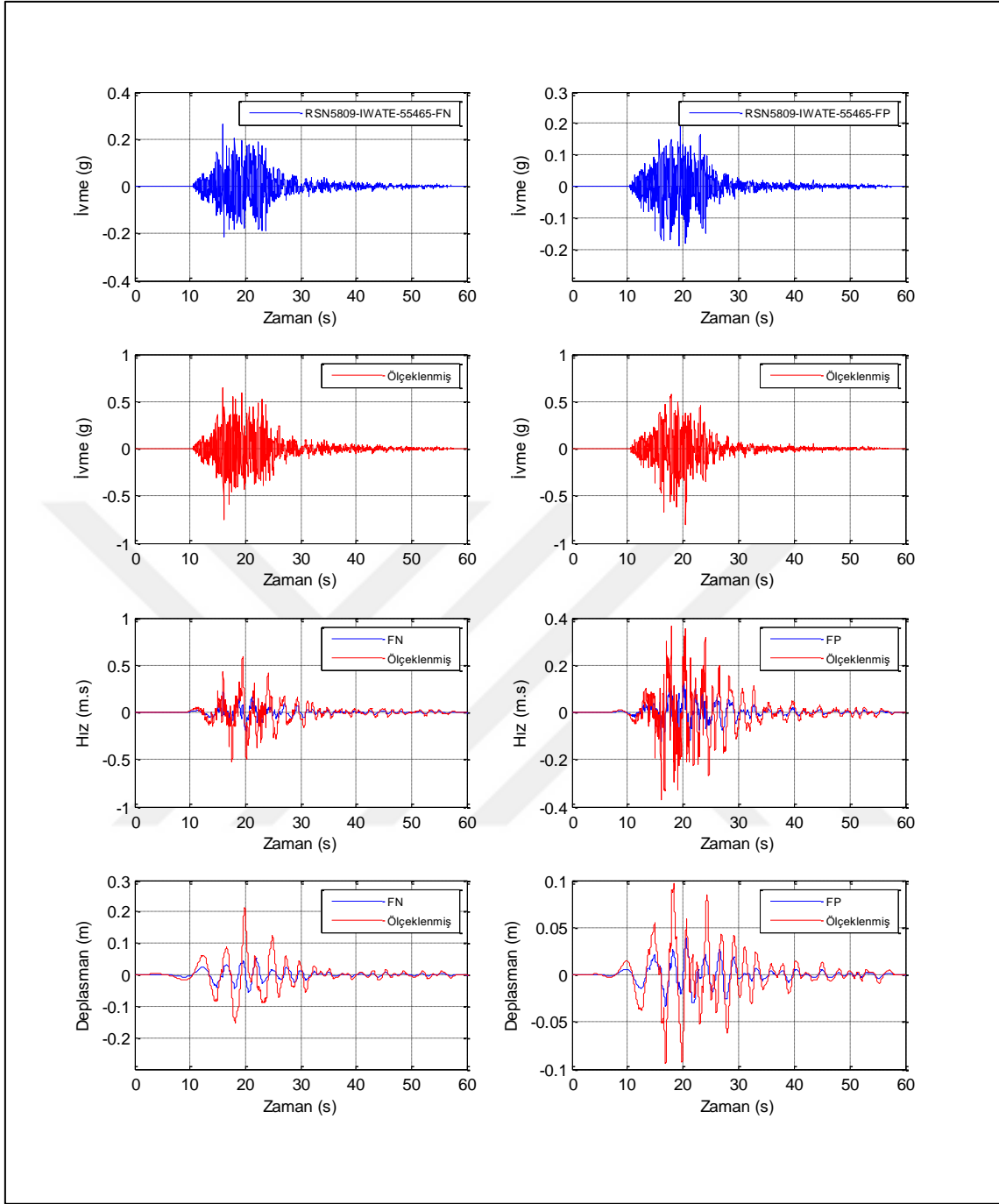
Şekil A.7. Yedinci depreme ait grafikler



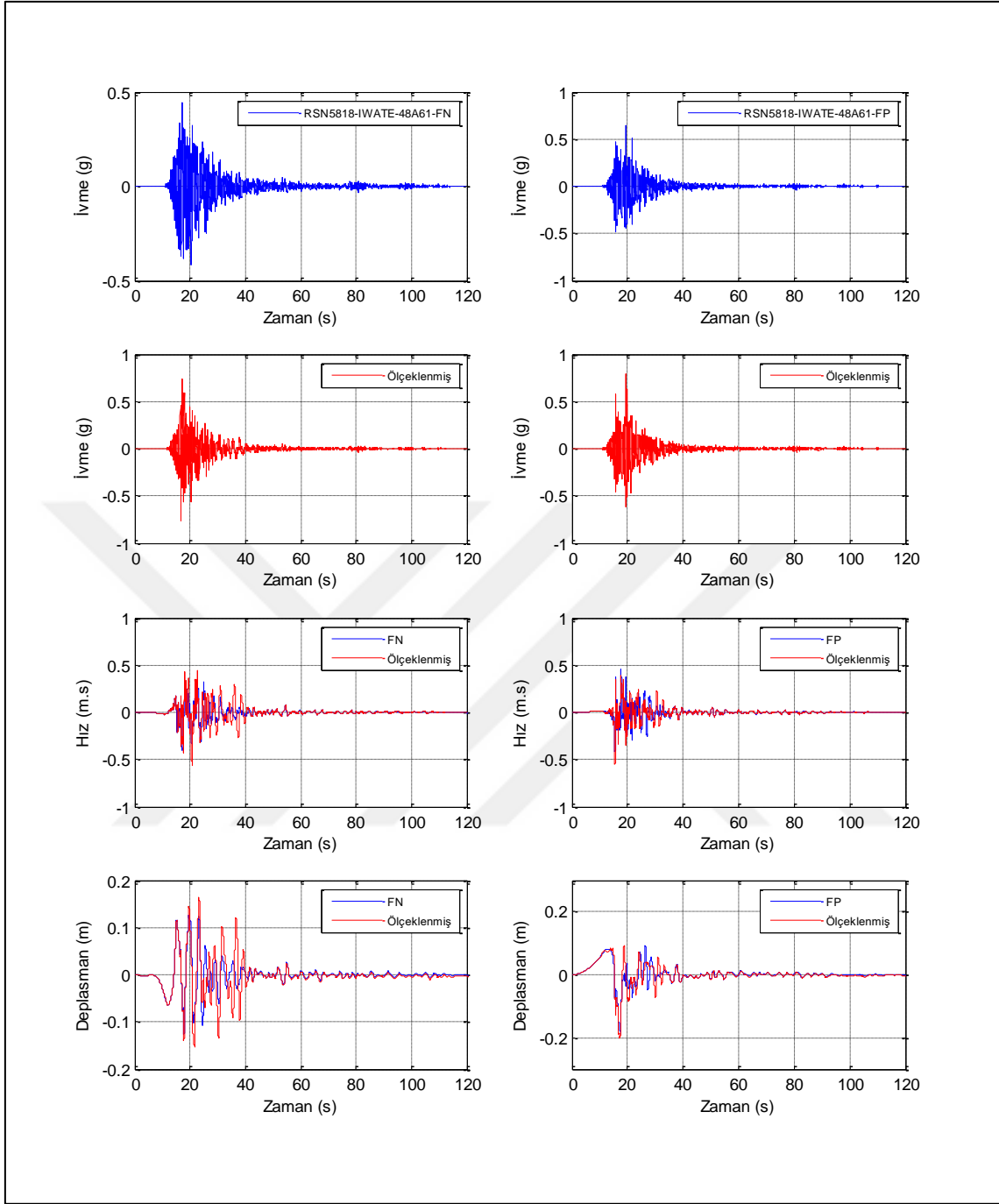
Şekil A.8. Sekizinci depreme ait grafikler



Şekil A.9. Dokuzuncu depreme ait grafikler

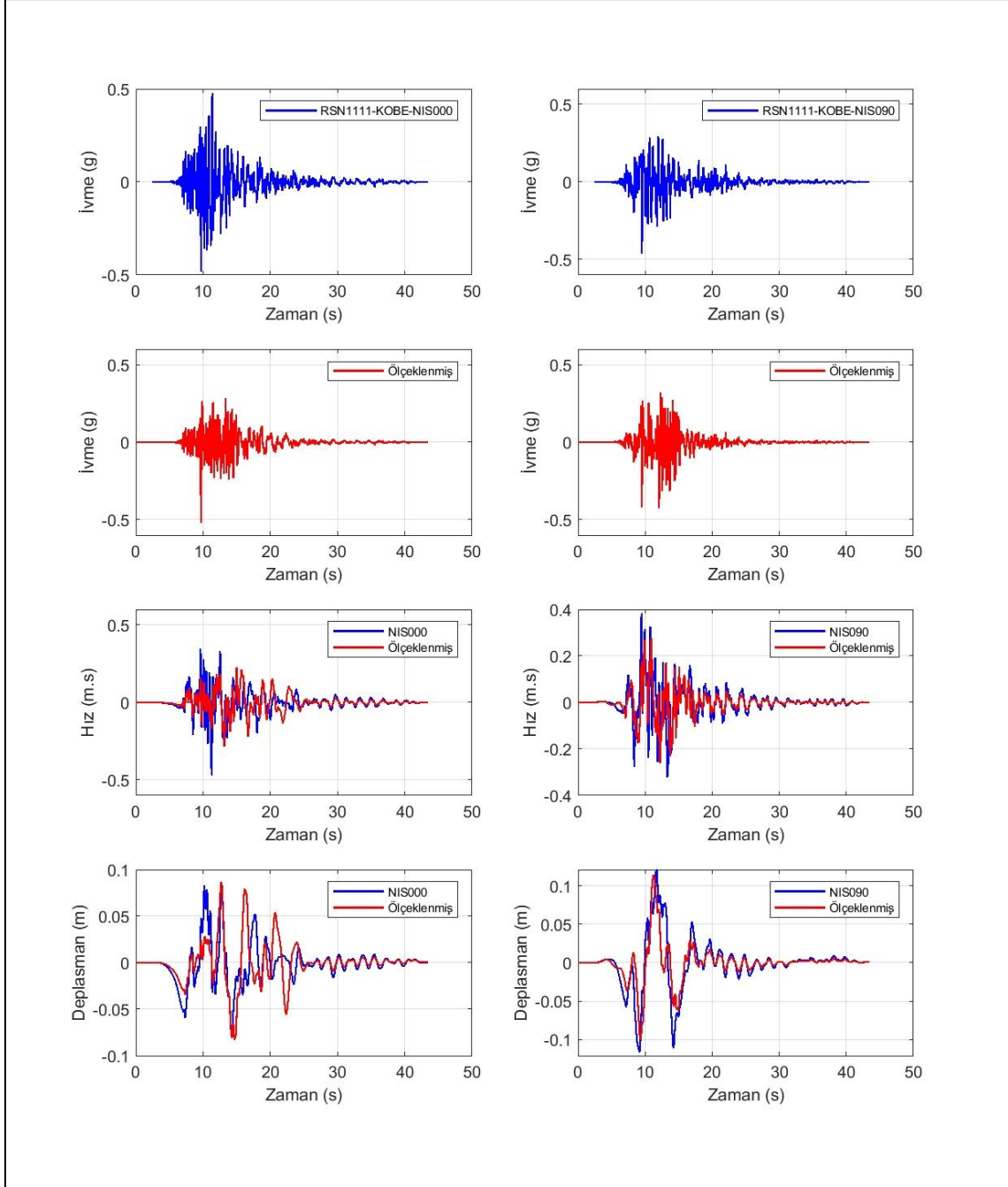


Şekil A.10. Onuncu depreme ait grafikler

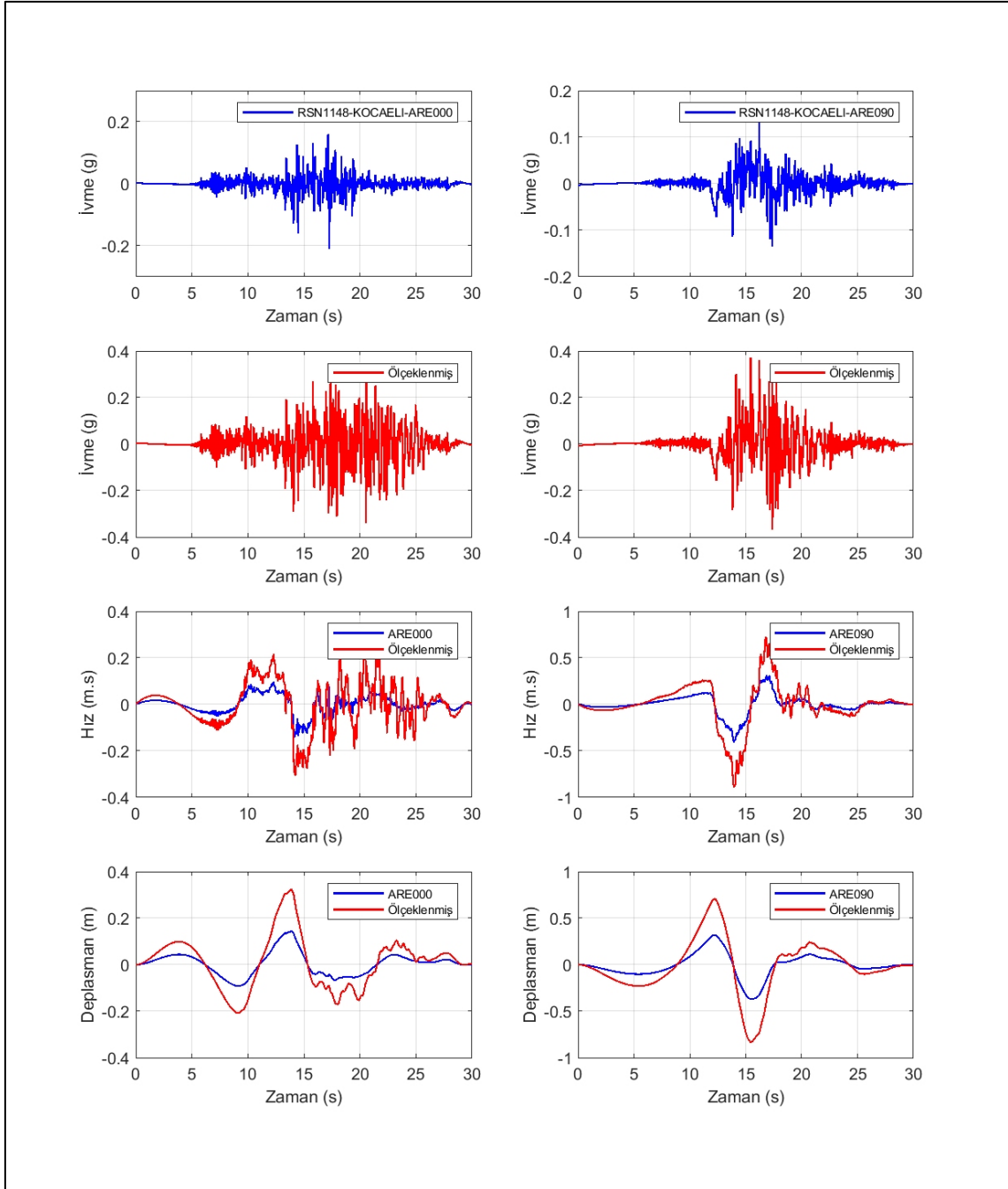


Şekil A.11. On birinci depreme ait grafikler

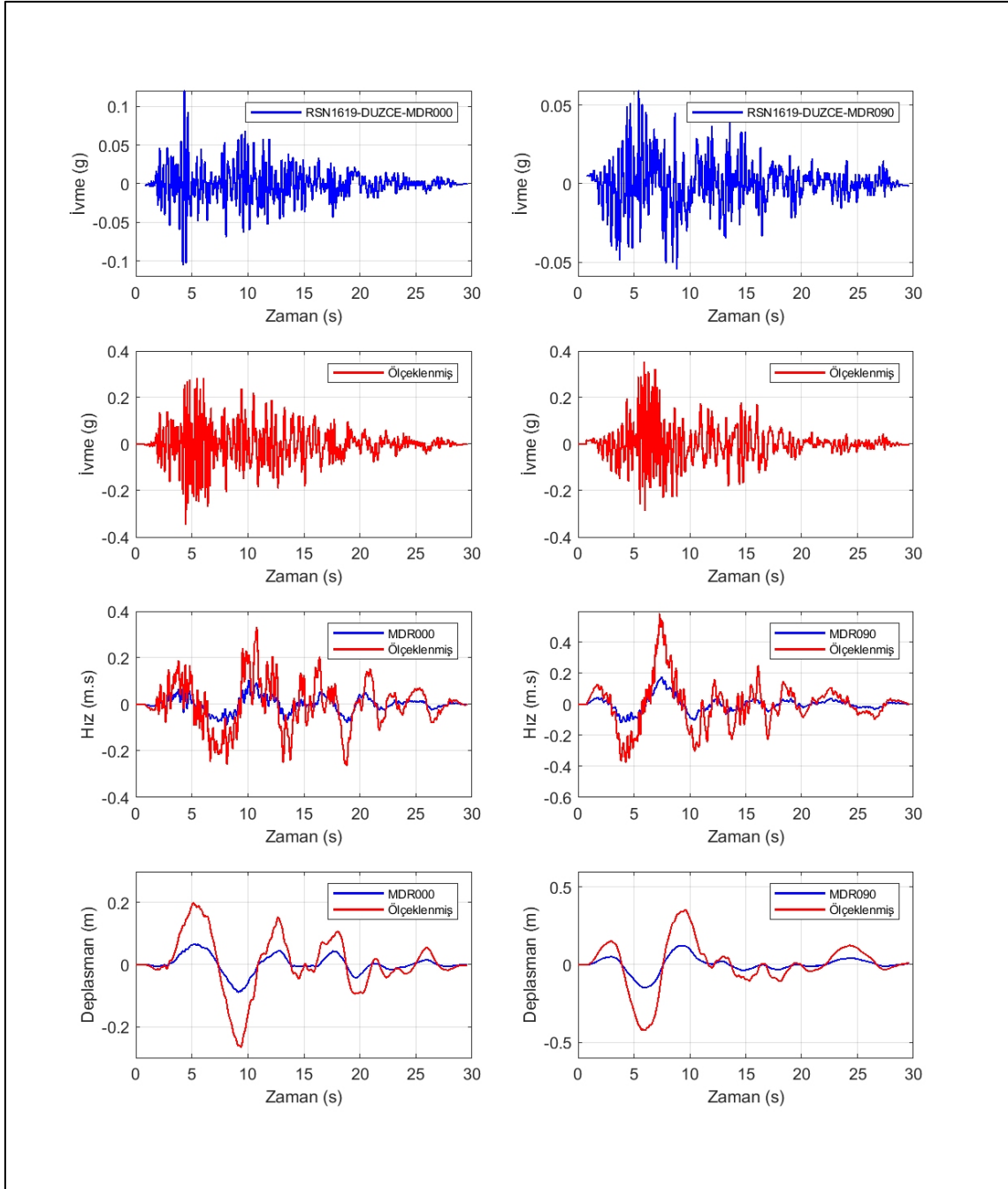
Ek-B: İkinci Deprem Takımı İvme, Hız, Zaman Grafikleri



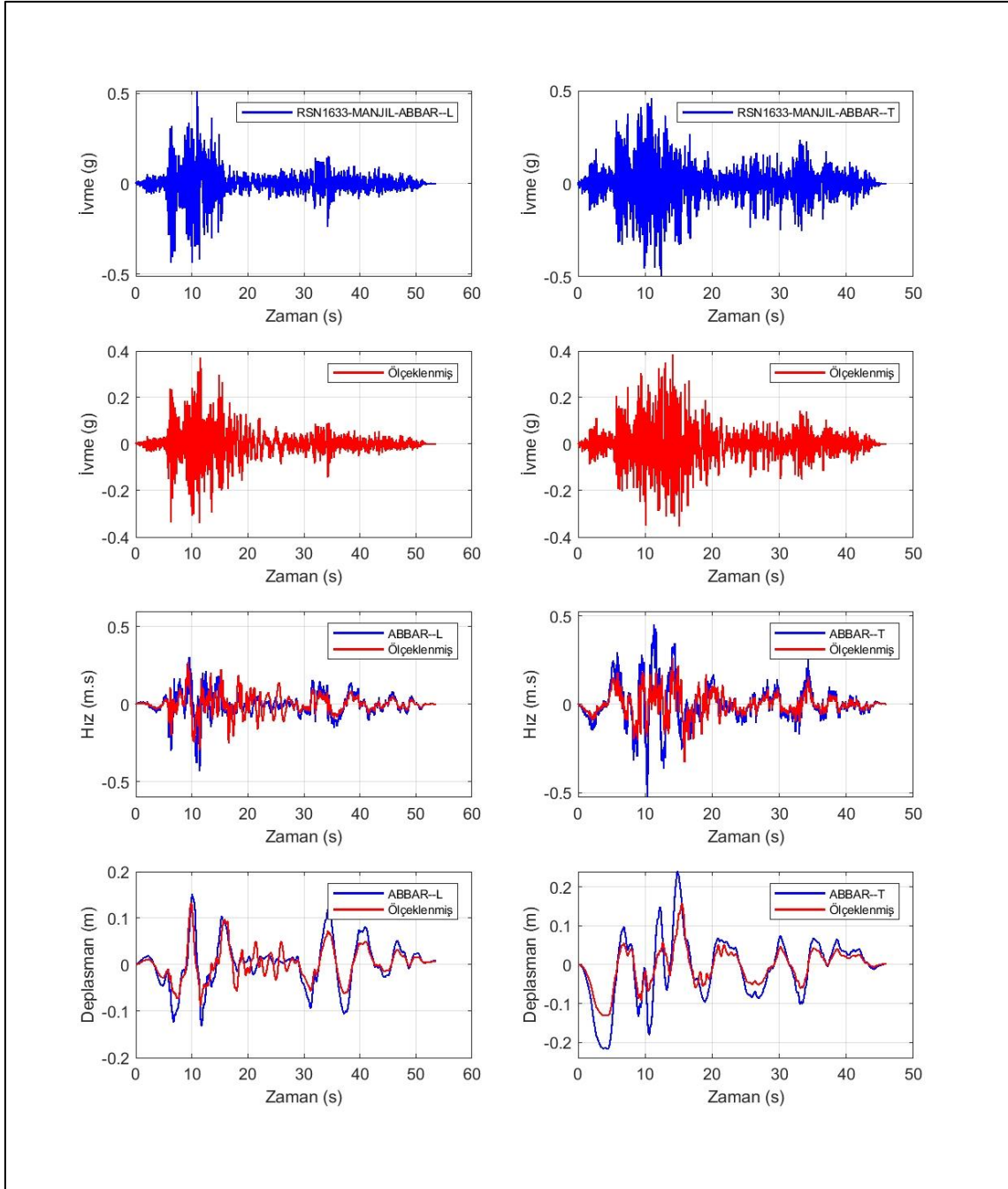
Şekil B.1. Birinci depreme ait grafikler



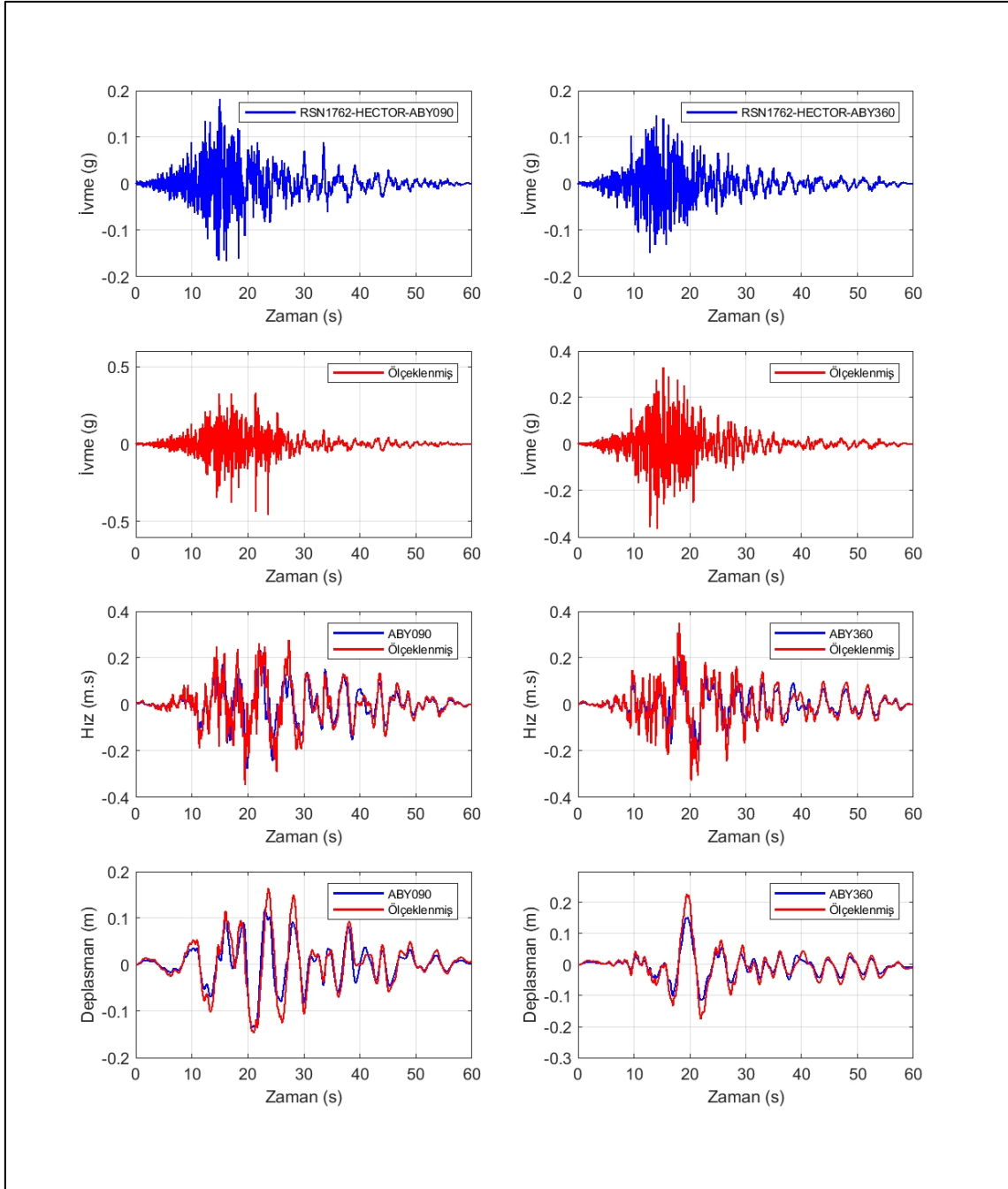
Şekil B.2. İkinci depreme ait grafikler



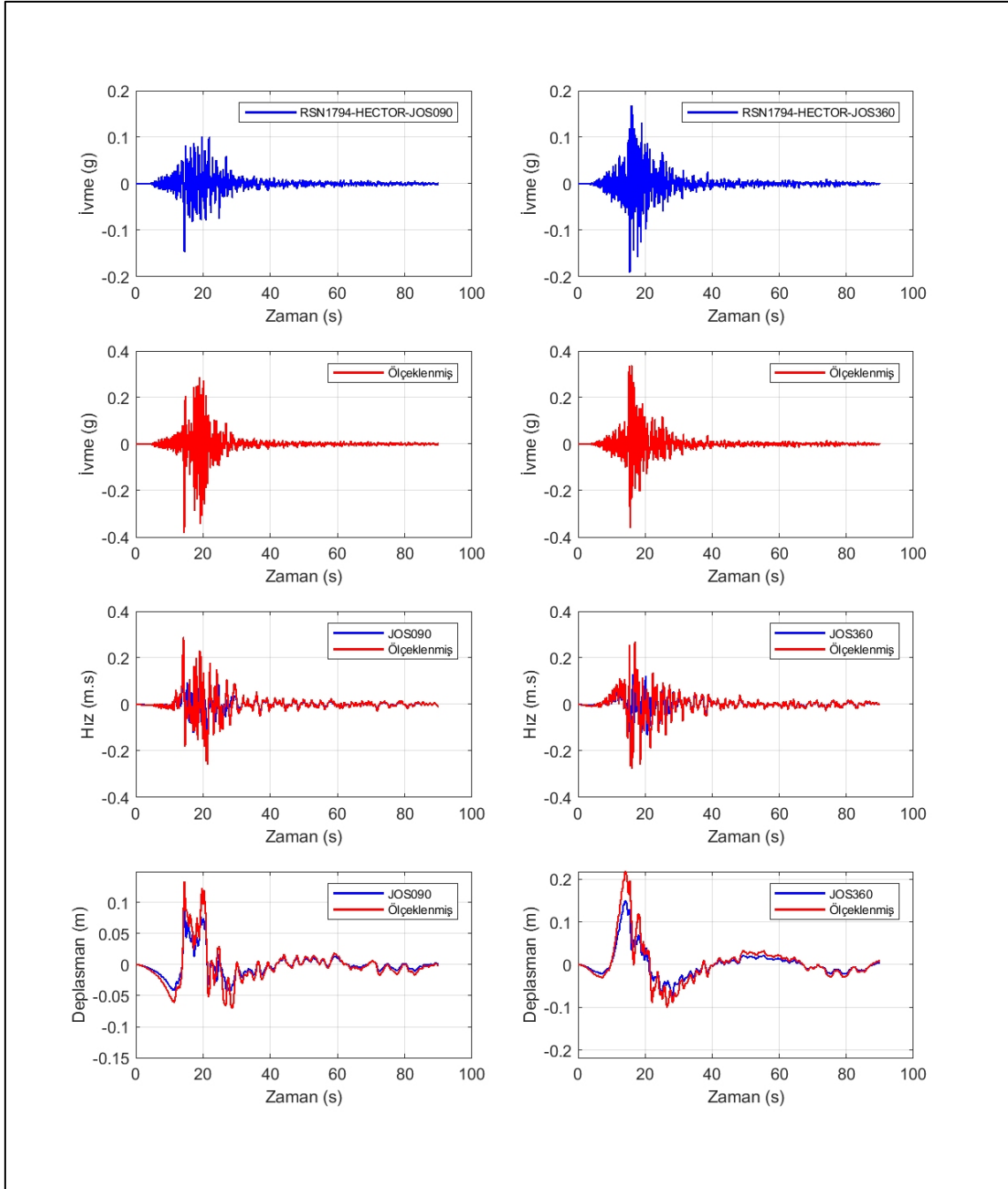
Şekil B.3. Üçüncü depreme ait grafikler



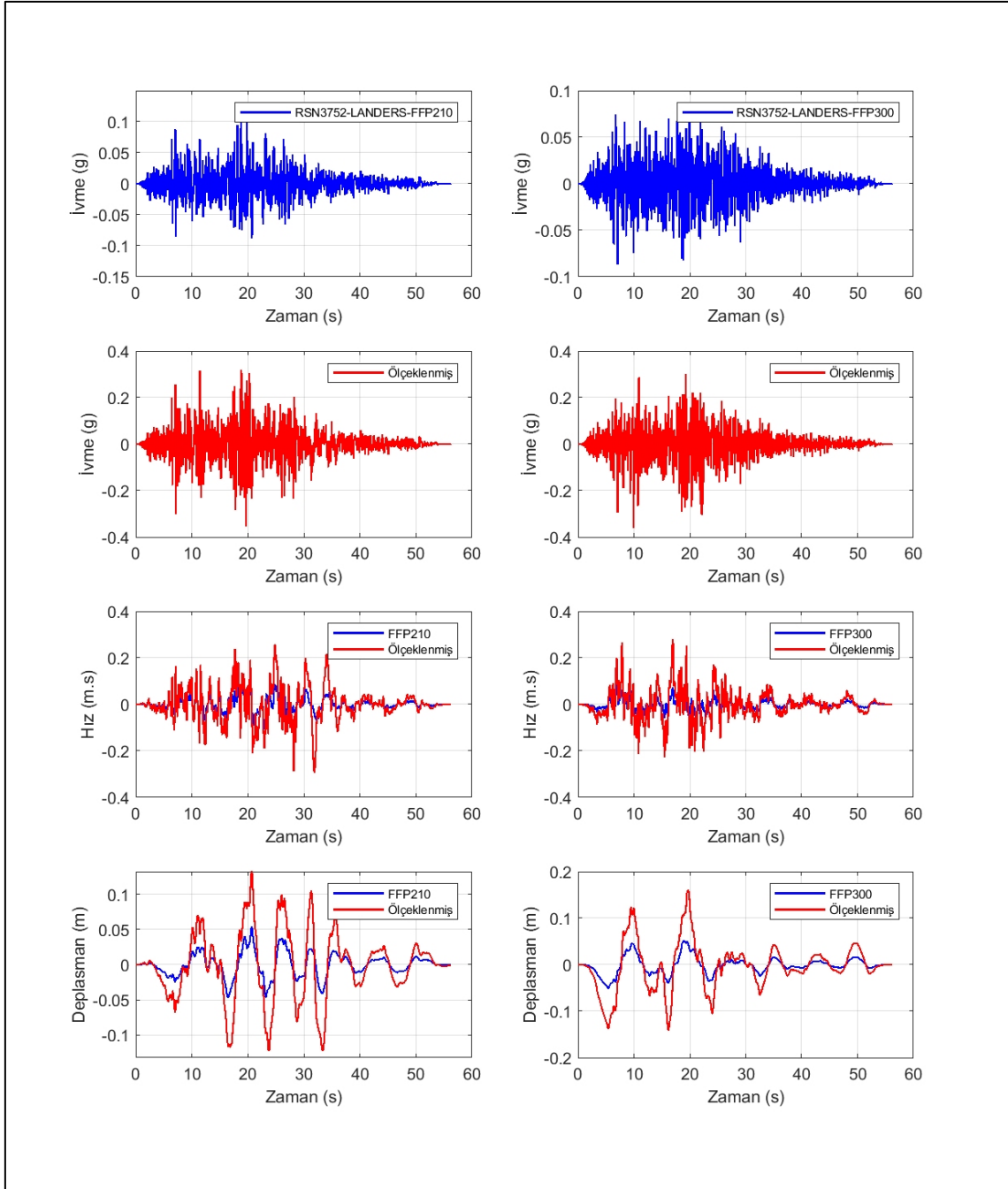
Şekil B.4. Dördüncüdepreme ait grafikler



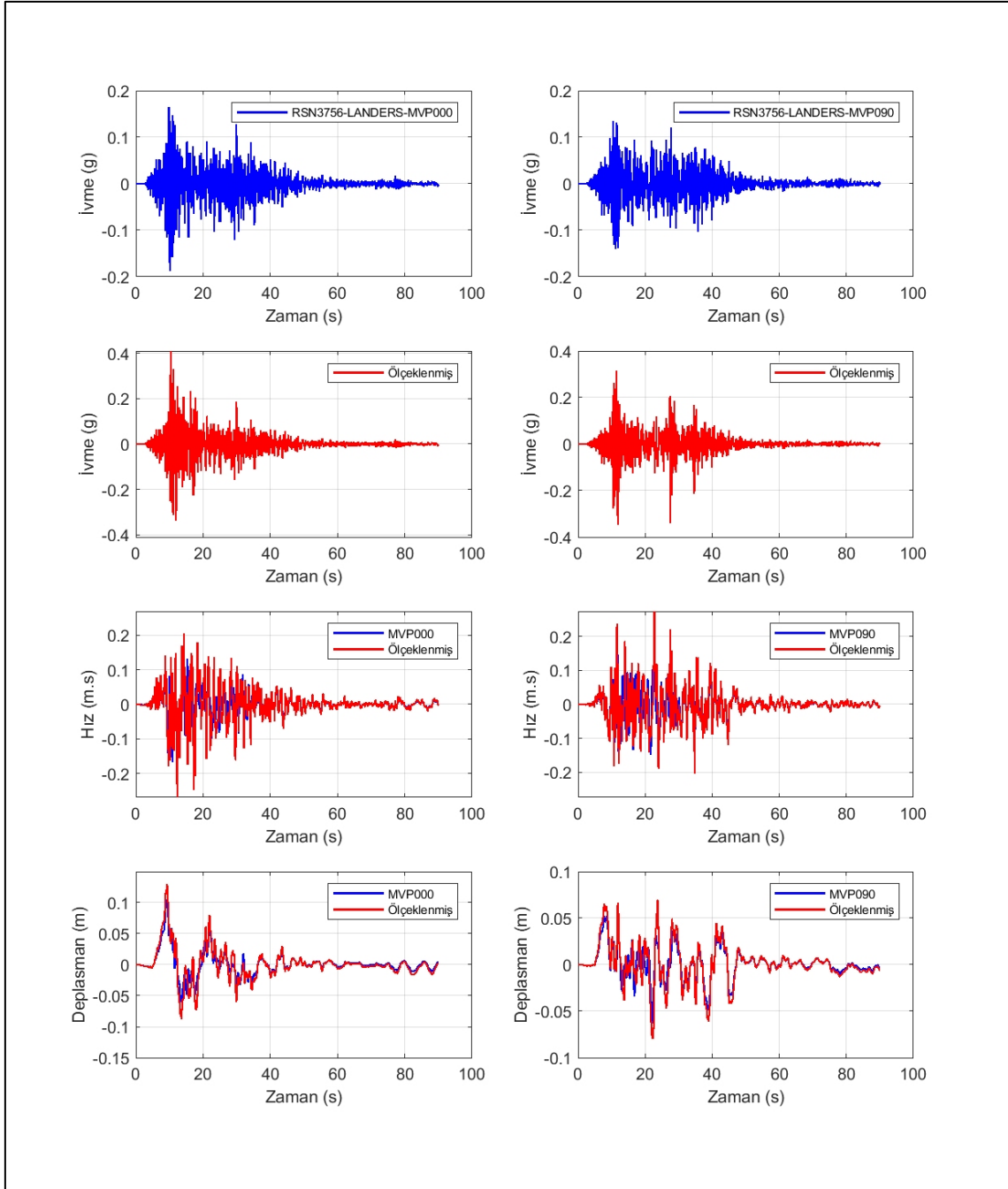
Şekil B.5. Beşinci depreme ait grafikler



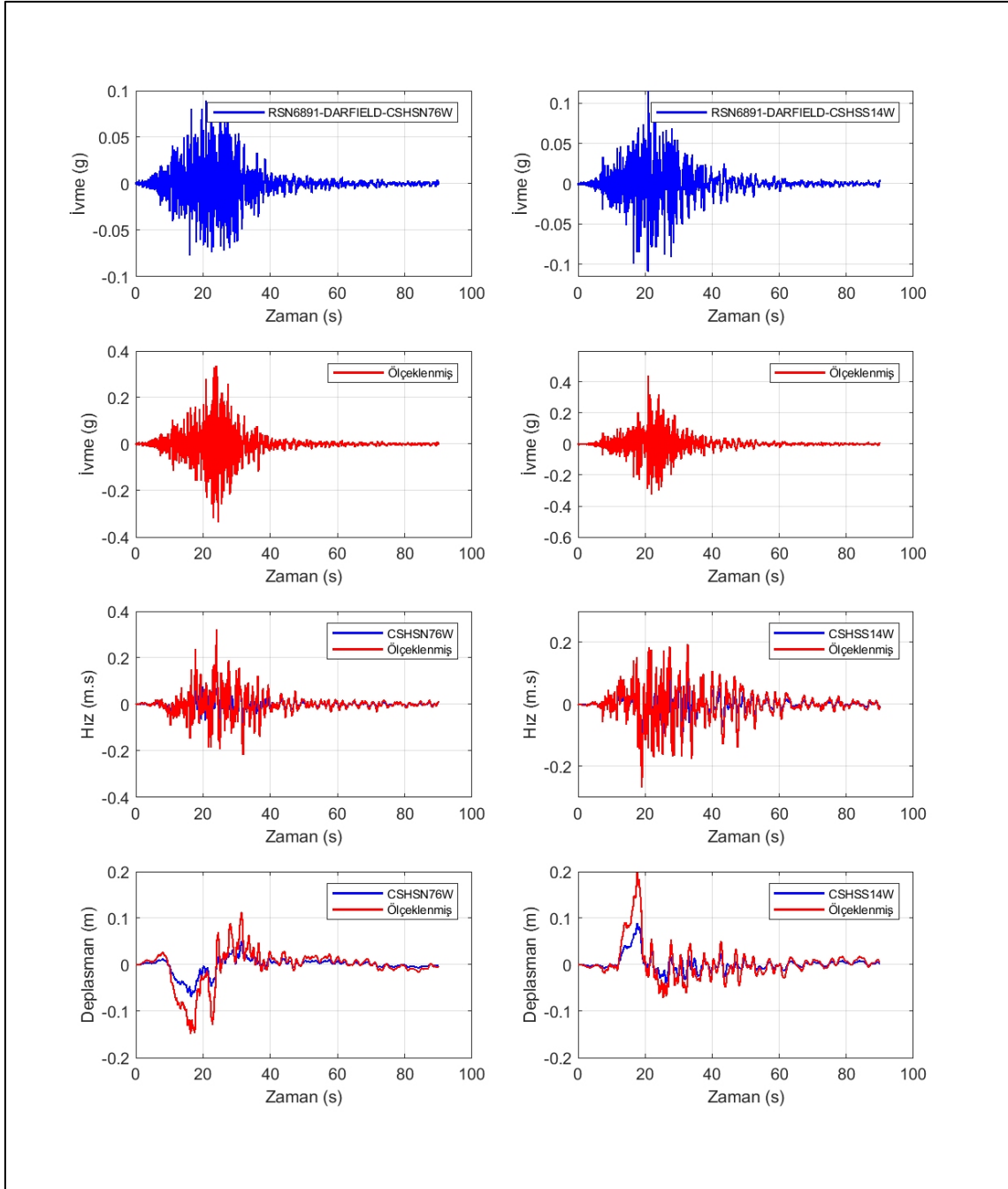
Şekil B.6. Altıncı depreme ait grafikler



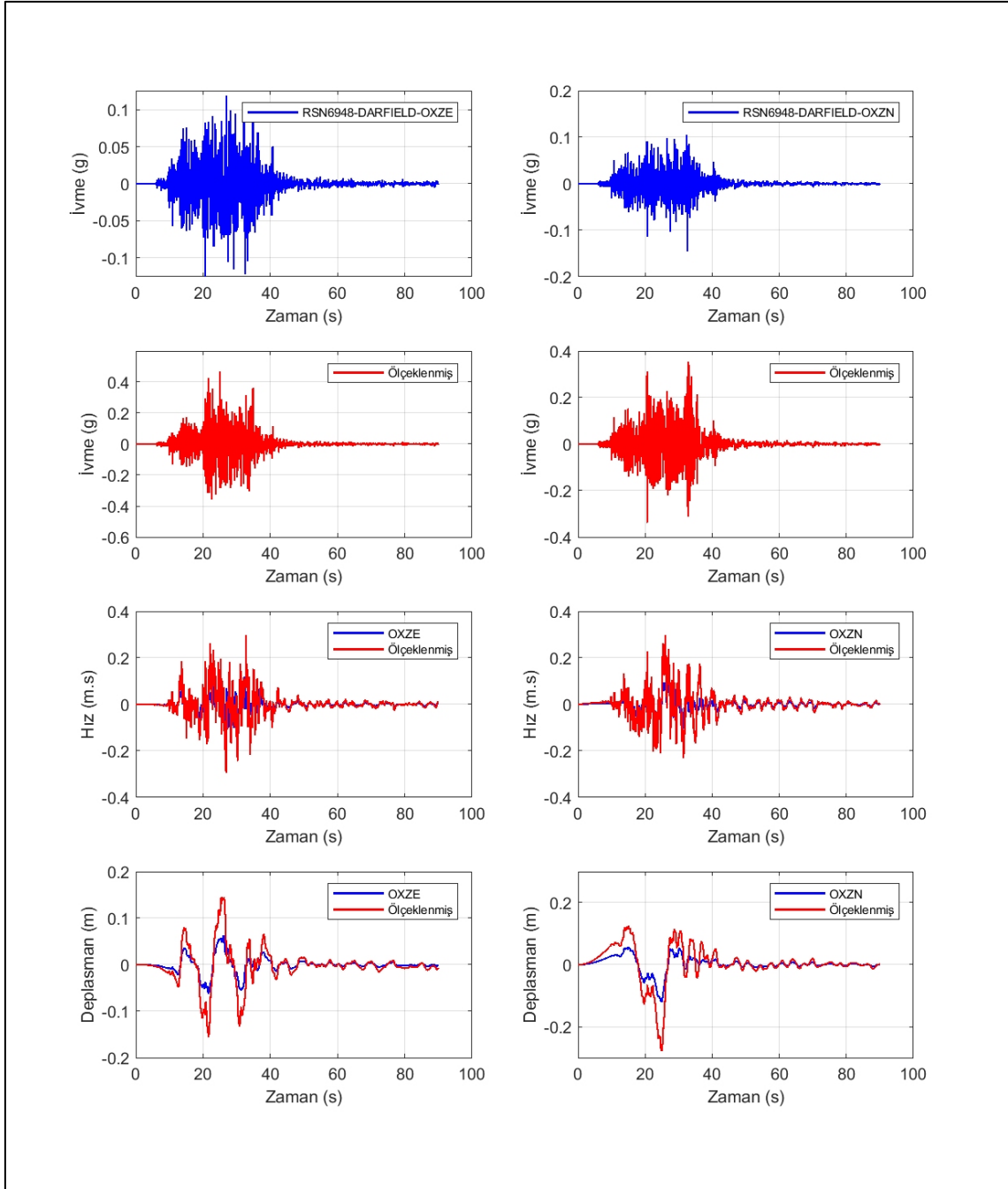
Şekil B.7. Yedinci depreme ait grafikler



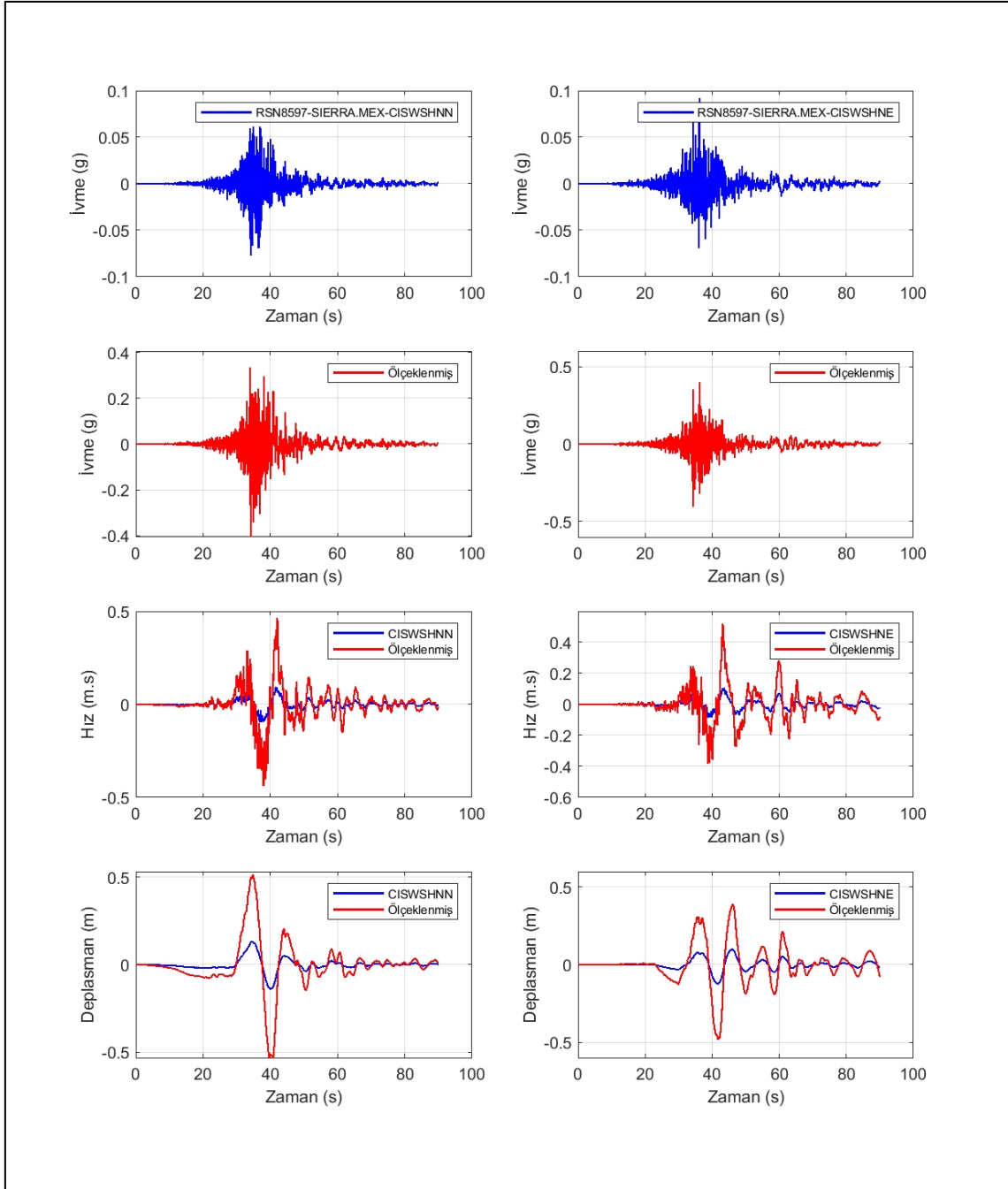
Şekil B.8. Sekizinci depreme ait grafikler



Şekil B.9. Dokuzuncu depreme ait grafikler



Şekil B.10. Onuncu depreme ait grafikler



Şekil B.11. On birinci depreme ait grafikler

Ek-C: Ø120cm Çaplı Kazık İçin Kullanılan P-y Eğrileri

Tablo C.1. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,80$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	13247	k=	17374	k=	21584	k=	32529	k=	43983
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-28,95	-1	-29,02	-1	-24,41	-1	-30,29	-1	-37,23
-0,0241	-28,95	-0,0304	-29,02	-0,0331	-24,41	-0,0308	-30,29	-0,0280	-37,23
-0,0229	-28,95	-0,0288	-29,02	-0,0314	-24,41	-0,0292	-30,29	-0,0266	-37,23
-0,0178	-49,54	-0,0224	-69,22	-0,0244	-83,89	-0,0227	-115,08	-0,0207	-141,46
-0,0127	-70,14	-0,0160	-109,41	-0,0174	-143,37	-0,0162	-199,87	-0,0148	-245,68
-0,0076	-90,72	-0,0096	-149,58	-0,0105	-202,82	-0,0097	-284,62	-0,0089	-349,90
-0,0070	-94,68	-0,0088	-156,12	-0,0096	-211,67	-0,0089	-297,05	-0,0081	-365,12
-0,0064	-96,54	-0,0080	-159,18	-0,0087	-215,83	-0,0081	-302,88	-0,0074	-372,29
-0,0057	-96,93	-0,0072	-159,84	-0,0078	-216,72	-0,0073	-304,13	-0,0066	-373,82
-0,0051	-96,54	-0,0064	-159,18	-0,0070	-215,83	-0,0065	-302,88	-0,0059	-372,29
-0,0044	-94,68	-0,0056	-156,12	-0,0061	-211,67	-0,0057	-297,05	-0,0052	-365,12
-0,0038	-90,72	-0,0048	-149,58	-0,0052	-202,82	-0,0049	-284,62	-0,0044	-349,84
-0,0032	-84,17	-0,0040	-138,79	-0,0044	-188,18	-0,0041	-264,08	-0,0037	-324,60
-0,0025	-74,64	-0,0032	-123,07	-0,0035	-166,86	-0,0032	-234,16	-0,0030	-287,83
-0,0019	-61,76	-0,0024	-101,84	-0,0026	-138,07	-0,0024	-193,76	-0,0022	-238,17
-0,0013	-45,22	-0,0016	-74,56	-0,0017	-101,10	-0,0016	-141,87	-0,0015	-174,39
-0,0006	-24,72	-0,0008	-40,77	-0,0009	-55,28	-0,0008	-77,57	-0,0007	-95,35

Tablo C.2. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,80$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	51065	k=	75583	k=	100173	k=	100173	k=	100173
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-43,23	-1	-57,58	-1	-67,84	-1	-67,84	-1	-67,84
-0,0280	-43,23	-0,0252	-57,58	-0,0224	-67,84	-0,0224	-67,84	-0,0224	-67,84
-0,0266	-43,23	-0,0239	-57,58	-0,0213	-67,84	-0,0213	-67,84	-0,0213	-67,84
-0,0207	-164,23	-0,0186	-218,78	-0,0165	-257,74	-0,0165	-257,74	-0,0165	-257,74
-0,0148	-285,24	-0,0133	-379,97	-0,0118	-447,63	-0,0118	-447,63	-0,0118	-447,63
-0,0089	-406,24	-0,0080	-541,16	-0,0071	-637,43	-0,0071	-637,43	-0,0071	-637,43
-0,0081	-423,91	-0,0073	-564,70	-0,0065	-665,26	-0,0065	-665,26	-0,0065	-665,26
-0,0074	-432,23	-0,0066	-575,78	-0,0059	-678,32	-0,0059	-678,32	-0,0059	-678,32
-0,0066	-434,02	-0,0060	-578,16	-0,0053	-681,12	-0,0053	-681,12	-0,0053	-681,12
-0,0059	-432,23	-0,0053	-575,78	-0,0047	-678,32	-0,0047	-678,32	-0,0047	-678,32
-0,0052	-423,91	-0,0046	-564,70	-0,0041	-665,26	-0,0041	-665,26	-0,0041	-665,26
-0,0044	-406,17	-0,0040	-541,07	-0,0035	-637,43	-0,0035	-637,43	-0,0035	-637,43
-0,0037	-376,86	-0,0033	-502,02	-0,0030	-591,43	-0,0030	-591,43	-0,0030	-591,43
-0,0030	-334,17	-0,0027	-445,16	-0,0024	-524,43	-0,0024	-524,43	-0,0024	-524,43
-0,0022	-276,52	-0,0020	-368,35	-0,0018	-433,95	-0,0018	-433,95	-0,0018	-433,95
-0,0015	-202,47	-0,0013	-269,71	-0,0012	-317,74	-0,0012	-317,74	-0,0012	-317,74
-0,0007	-110,70	-0,0007	-147,47	-0,0006	-173,73	-0,0006	-173,73	-0,0006	-173,73

Tablo C.3. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,80$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	100173	k=	100173	k=	100173	k=	100173	k=	100173
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-67,84	-1	-67,84	-1	-67,84	-1	-67,84	-1	-67,84
-0,0224	-67,84	-0,0224	-67,84	-0,0224	-67,84	-0,0224	-67,84	-0,0224	-67,84
-0,0213	-67,84	-0,0213	-67,84	-0,0213	-67,84	-0,0213	-67,84	-0,0213	-67,84
-0,0165	-257,74	-0,0165	-257,74	-0,0165	-257,74	-0,0165	-257,74	-0,0165	-257,74
-0,0118	-447,63	-0,0118	-447,63	-0,0118	-447,63	-0,0118	-447,63	-0,0118	-447,63
-0,0071	-637,43	-0,0071	-637,43	-0,0071	-637,43	-0,0071	-637,43	-0,0071	-637,43
-0,0065	-665,26	-0,0065	-665,26	-0,0065	-665,26	-0,0065	-665,26	-0,0065	-665,26
-0,0059	-678,32	-0,0059	-678,32	-0,0059	-678,32	-0,0059	-678,32	-0,0059	-678,32
-0,0053	-681,12	-0,0053	-681,12	-0,0053	-681,12	-0,0053	-681,12	-0,0053	-681,12
-0,0047	-678,32	-0,0047	-678,32	-0,0047	-678,32	-0,0047	-678,32	-0,0047	-678,32
-0,0041	-665,26	-0,0041	-665,26	-0,0041	-665,26	-0,0041	-665,26	-0,0041	-665,26
-0,0035	-637,43	-0,0035	-637,43	-0,0035	-637,43	-0,0035	-637,43	-0,0035	-637,43
-0,0030	-591,43	-0,0030	-591,43	-0,0030	-591,43	-0,0030	-591,43	-0,0030	-591,43
-0,0024	-524,43	-0,0024	-524,43	-0,0024	-524,43	-0,0024	-524,43	-0,0024	-524,43
-0,0018	-433,95	-0,0018	-433,95	-0,0018	-433,95	-0,0018	-433,95	-0,0018	-433,95
-0,0012	-317,74	-0,0012	-317,74	-0,0012	-317,74	-0,0012	-317,74	-0,0012	-317,74
-0,0006	-173,73	-0,0006	-173,73	-0,0006	-173,73	-0,0006	-173,73	-0,0006	-173,73

Tablo C.4. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,70$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	11591	k=	15202	k=	18886	k=	28463	k=	38485
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-25,33	-1	-25,39	-1	-21,36	-1	-26,50	-1	-32,58
-0,0241	-25,33	-0,0304	-25,39	-0,0331	-21,36	-0,0308	-26,50	-0,0280	-32,58
-0,0229	-25,33	-0,0288	-25,39	-0,0314	-21,36	-0,0292	-26,50	-0,0266	-32,58
-0,0178	-43,35	-0,0224	-60,56	-0,0244	-73,40	-0,0227	-100,70	-0,0207	-123,77
-0,0127	-61,37	-0,0160	-95,74	-0,0174	-125,45	-0,0162	-174,89	-0,0148	-214,97
-0,0076	-79,38	-0,0096	-130,89	-0,0105	-177,46	-0,0097	-249,04	-0,0089	-306,16
-0,0070	-82,84	-0,0088	-136,60	-0,0096	-185,21	-0,0089	-259,92	-0,0081	-319,48
-0,0064	-84,47	-0,0080	-139,28	-0,0087	-188,85	-0,0081	-265,02	-0,0074	-325,75
-0,0057	-84,82	-0,0072	-139,86	-0,0078	-189,63	-0,0073	-266,11	-0,0066	-327,10
-0,0051	-84,47	-0,0064	-139,28	-0,0070	-188,85	-0,0065	-265,02	-0,0059	-325,75
-0,0044	-82,84	-0,0056	-136,60	-0,0061	-185,21	-0,0057	-259,92	-0,0052	-319,48
-0,0038	-79,38	-0,0048	-130,89	-0,0052	-177,46	-0,0049	-249,04	-0,0044	-306,11
-0,0032	-73,65	-0,0040	-121,44	-0,0044	-164,66	-0,0041	-231,07	-0,0037	-284,02
-0,0025	-65,31	-0,0032	-107,68	-0,0035	-146,00	-0,0032	-204,89	-0,0030	-251,85
-0,0019	-54,04	-0,0024	-89,11	-0,0026	-120,81	-0,0024	-169,54	-0,0022	-208,40
-0,0013	-39,57	-0,0016	-65,24	-0,0017	-88,46	-0,0016	-124,14	-0,0015	-152,59
-0,0006	-21,63	-0,0008	-35,67	-0,0009	-48,37	-0,0008	-67,88	-0,0007	-83,43

Tablo C.5. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,70$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	44682	k=	66135	k=	87651	k=	87651	k=	87651
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-37,82	-1	-50,39	-1	-59,36	-1	-59,36	-1	-59,36
-0,0280	-37,82	-0,0252	-50,39	-0,0224	-59,36	-0,0224	-59,36	-0,0224	-59,36
-0,0266	-37,82	-0,0239	-50,39	-0,0213	-59,36	-0,0213	-59,36	-0,0213	-59,36
-0,0207	-143,70	-0,0186	-191,43	-0,0165	-225,52	-0,0165	-225,52	-0,0165	-225,52
-0,0148	-249,58	-0,0133	-332,47	-0,0118	-391,68	-0,0118	-391,68	-0,0118	-391,68
-0,0089	-355,46	-0,0080	-473,51	-0,0071	-557,75	-0,0071	-557,75	-0,0071	-557,75
-0,0081	-370,92	-0,0073	-494,11	-0,0065	-582,11	-0,0065	-582,11	-0,0065	-582,11
-0,0074	-378,20	-0,0066	-503,81	-0,0059	-593,53	-0,0059	-593,53	-0,0059	-593,53
-0,0066	-379,76	-0,0060	-505,89	-0,0053	-595,98	-0,0053	-595,98	-0,0053	-595,98
-0,0059	-378,20	-0,0053	-503,81	-0,0047	-593,53	-0,0047	-593,53	-0,0047	-593,53
-0,0052	-370,92	-0,0046	-494,11	-0,0041	-582,11	-0,0041	-582,11	-0,0041	-582,11
-0,0044	-355,40	-0,0040	-473,44	-0,0035	-557,75	-0,0035	-557,75	-0,0035	-557,75
-0,0037	-329,75	-0,0033	-439,27	-0,0030	-517,50	-0,0030	-517,50	-0,0030	-517,50
-0,0030	-292,40	-0,0027	-389,51	-0,0024	-458,88	-0,0024	-458,88	-0,0024	-458,88
-0,0022	-241,95	-0,0020	-322,31	-0,0018	-379,71	-0,0018	-379,71	-0,0018	-379,71
-0,0015	-177,16	-0,0013	-235,99	-0,0012	-278,02	-0,0012	-278,02	-0,0012	-278,02
-0,0007	-96,86	-0,0007	-129,03	-0,0006	-152,01	-0,0006	-152,01	-0,0006	-152,01

Tablo C.6. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,70$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	87651	k=	87651	k=	87651	k=	87651	k=	87651
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-59,36	-1	-59,36	-1	-59,36	-1	-59,36	-1	-59,36
-0,0224	-59,36	-0,0224	-59,36	-0,0224	-59,36	-0,0224	-59,36	-0,0224	-59,36
-0,0213	-59,36	-0,0213	-59,36	-0,0213	-59,36	-0,0213	-59,36	-0,0213	-59,36
-0,0165	-225,52	-0,0165	-225,52	-0,0165	-225,52	-0,0165	-225,52	-0,0165	-225,52
-0,0118	-391,68	-0,0118	-391,68	-0,0118	-391,68	-0,0118	-391,68	-0,0118	-391,68
-0,0071	-557,75	-0,0071	-557,75	-0,0071	-557,75	-0,0071	-557,75	-0,0071	-557,75
-0,0065	-582,11	-0,0065	-582,11	-0,0065	-582,11	-0,0065	-582,11	-0,0065	-582,11
-0,0059	-593,53	-0,0059	-593,53	-0,0059	-593,53	-0,0059	-593,53	-0,0059	-593,53
-0,0053	-595,98	-0,0053	-595,98	-0,0053	-595,98	-0,0053	-595,98	-0,0053	-595,98
-0,0047	-593,53	-0,0047	-593,53	-0,0047	-593,53	-0,0047	-593,53	-0,0047	-593,53
-0,0041	-582,11	-0,0041	-582,11	-0,0041	-582,11	-0,0041	-582,11	-0,0041	-582,11
-0,0035	-557,75	-0,0035	-557,75	-0,0035	-557,75	-0,0035	-557,75	-0,0035	-557,75
-0,0030	-517,50	-0,0030	-517,50	-0,0030	-517,50	-0,0030	-517,50	-0,0030	-517,50
-0,0024	-458,88	-0,0024	-458,88	-0,0024	-458,88	-0,0024	-458,88	-0,0024	-458,88
-0,0018	-379,71	-0,0018	-379,71	-0,0018	-379,71	-0,0018	-379,71	-0,0018	-379,71
-0,0012	-278,02	-0,0012	-278,02	-0,0012	-278,02	-0,0012	-278,02	-0,0012	-278,02
-0,0006	-152,01	-0,0006	-152,01	-0,0006	-152,01	-0,0006	-152,01	-0,0006	-152,01

Tablo C.7. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,60$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	9935	k=	13030	k=	16188	k=	24397	k=	32987
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-21,71	-1	-21,77	-1	-18,30	-1	-22,72	-1	-27,92
-0,0241	-21,71	-0,0304	-21,77	-0,0331	-18,30	-0,0308	-22,72	-0,0280	-27,92
-0,0229	-21,71	-0,0288	-21,77	-0,0314	-18,30	-0,0292	-22,72	-0,0266	-27,92
-0,0178	-37,16	-0,0224	-51,91	-0,0244	-62,91	-0,0227	-86,31	-0,0207	-106,09
-0,0127	-52,60	-0,0160	-82,06	-0,0174	-107,53	-0,0162	-149,90	-0,0148	-184,26
-0,0076	-68,04	-0,0096	-112,19	-0,0105	-152,11	-0,0097	-213,46	-0,0089	-262,42
-0,0070	-71,01	-0,0088	-117,09	-0,0096	-158,75	-0,0089	-222,79	-0,0081	-273,84
-0,0064	-72,40	-0,0080	-119,39	-0,0087	-161,87	-0,0081	-227,16	-0,0074	-279,21
-0,0057	-72,70	-0,0072	-119,88	-0,0078	-162,54	-0,0073	-228,10	-0,0066	-280,37
-0,0051	-72,40	-0,0064	-119,39	-0,0070	-161,87	-0,0065	-227,16	-0,0059	-279,21
-0,0044	-71,01	-0,0056	-117,09	-0,0061	-158,75	-0,0057	-222,79	-0,0052	-273,84
-0,0038	-68,04	-0,0048	-112,19	-0,0052	-152,11	-0,0049	-213,46	-0,0044	-262,38
-0,0032	-63,13	-0,0040	-104,09	-0,0044	-141,13	-0,0041	-198,06	-0,0037	-243,45
-0,0025	-55,98	-0,0032	-92,30	-0,0035	-125,15	-0,0032	-175,62	-0,0030	-215,87
-0,0019	-46,32	-0,0024	-76,38	-0,0026	-103,56	-0,0024	-145,32	-0,0022	-178,63
-0,0013	-33,91	-0,0016	-55,92	-0,0017	-75,82	-0,0016	-106,41	-0,0015	-130,79
-0,0006	-18,54	-0,0008	-30,58	-0,0009	-41,46	-0,0008	-58,18	-0,0007	-71,51

Tablo C.8. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,60$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	38298	k=	56687	k=	75130	k=	75130	k=	75130
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-32,42	-1	-43,19	-1	-50,88	-1	-50,88	-1	-50,88
-0,0280	-32,42	-0,0252	-43,19	-0,0224	-50,88	-0,0224	-50,88	-0,0224	-50,88
-0,0266	-32,42	-0,0239	-43,19	-0,0213	-50,88	-0,0213	-50,88	-0,0213	-50,88
-0,0207	-123,17	-0,0186	-164,08	-0,0165	-193,30	-0,0165	-193,30	-0,0165	-193,30
-0,0148	-213,93	-0,0133	-284,98	-0,0118	-335,72	-0,0118	-335,72	-0,0118	-335,72
-0,0089	-304,68	-0,0080	-405,87	-0,0071	-478,07	-0,0071	-478,07	-0,0071	-478,07
-0,0081	-317,93	-0,0073	-423,53	-0,0065	-498,95	-0,0065	-498,95	-0,0065	-498,95
-0,0074	-324,17	-0,0066	-431,84	-0,0059	-508,74	-0,0059	-508,74	-0,0059	-508,74
-0,0066	-325,51	-0,0060	-433,62	-0,0053	-510,84	-0,0053	-510,84	-0,0053	-510,84
-0,0059	-324,17	-0,0053	-431,84	-0,0047	-508,74	-0,0047	-508,74	-0,0047	-508,74
-0,0052	-317,93	-0,0046	-423,53	-0,0041	-498,95	-0,0041	-498,95	-0,0041	-498,95
-0,0044	-304,63	-0,0040	-405,80	-0,0035	-478,07	-0,0035	-478,07	-0,0035	-478,07
-0,0037	-282,65	-0,0033	-376,52	-0,0030	-443,57	-0,0030	-443,57	-0,0030	-443,57
-0,0030	-250,63	-0,0027	-333,87	-0,0024	-393,32	-0,0024	-393,32	-0,0024	-393,32
-0,0022	-207,39	-0,0020	-276,26	-0,0018	-325,46	-0,0018	-325,46	-0,0018	-325,46
-0,0015	-151,85	-0,0013	-202,28	-0,0012	-238,30	-0,0012	-238,30	-0,0012	-238,30
-0,0007	-83,03	-0,0007	-110,60	-0,0006	-130,30	-0,0006	-130,30	-0,0006	-130,30

Tablo C.9. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,60$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	75130	k=	75130	k=	75130	k=	75130	k=	75130
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-50,88	-1	-50,88	-1	-50,88	-1	-50,88	-1	-50,88
-0,0224	-50,88	-0,0224	-50,88	-0,0224	-50,88	-0,0224	-50,88	-0,0224	-50,88
-0,0213	-50,88	-0,0213	-50,88	-0,0213	-50,88	-0,0213	-50,88	-0,0213	-50,88
-0,0165	-193,30	-0,0165	-193,30	-0,0165	-193,30	-0,0165	-193,30	-0,0165	-193,30
-0,0118	-335,72	-0,0118	-335,72	-0,0118	-335,72	-0,0118	-335,72	-0,0118	-335,72
-0,0071	-478,07	-0,0071	-478,07	-0,0071	-478,07	-0,0071	-478,07	-0,0071	-478,07
-0,0065	-498,95	-0,0065	-498,95	-0,0065	-498,95	-0,0065	-498,95	-0,0065	-498,95
-0,0059	-508,74	-0,0059	-508,74	-0,0059	-508,74	-0,0059	-508,74	-0,0059	-508,74
-0,0053	-510,84	-0,0053	-510,84	-0,0053	-510,84	-0,0053	-510,84	-0,0053	-510,84
-0,0047	-508,74	-0,0047	-508,74	-0,0047	-508,74	-0,0047	-508,74	-0,0047	-508,74
-0,0041	-498,95	-0,0041	-498,95	-0,0041	-498,95	-0,0041	-498,95	-0,0041	-498,95
-0,0035	-478,07	-0,0035	-478,07	-0,0035	-478,07	-0,0035	-478,07	-0,0035	-478,07
-0,0030	-443,57	-0,0030	-443,57	-0,0030	-443,57	-0,0030	-443,57	-0,0030	-443,57
-0,0024	-393,32	-0,0024	-393,32	-0,0024	-393,32	-0,0024	-393,32	-0,0024	-393,32
-0,0018	-325,46	-0,0018	-325,46	-0,0018	-325,46	-0,0018	-325,46	-0,0018	-325,46
-0,0012	-238,30	-0,0012	-238,30	-0,0012	-238,30	-0,0012	-238,30	-0,0012	-238,30
-0,0006	-130,30	-0,0006	-130,30	-0,0006	-130,30	-0,0006	-130,30	-0,0006	-130,30

Tablo C.10. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,50$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	8279	k=	10858	k=	13490	k=	20331	k=	27489
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-18,09	-1	-18,14	-1	-15,25	-1	-18,93	-1	-23,27
-0,0241	-18,09	-0,0304	-18,14	-0,0331	-15,25	-0,0308	-18,93	-0,0280	-23,27
-0,0229	-18,09	-0,0288	-18,14	-0,0314	-15,25	-0,0292	-18,93	-0,0266	-23,27
-0,0178	-30,96	-0,0224	-43,26	-0,0244	-52,43	-0,0227	-71,93	-0,0207	-88,41
-0,0127	-43,84	-0,0160	-68,38	-0,0174	-89,60	-0,0162	-124,92	-0,0148	-153,55
-0,0076	-56,70	-0,0096	-93,49	-0,0105	-126,76	-0,0097	-177,89	-0,0089	-218,69
-0,0070	-59,17	-0,0088	-97,57	-0,0096	-132,30	-0,0089	-185,66	-0,0081	-228,20
-0,0064	-60,33	-0,0080	-99,49	-0,0087	-134,89	-0,0081	-189,30	-0,0074	-232,68
-0,0057	-60,58	-0,0072	-99,90	-0,0078	-135,45	-0,0073	-190,08	-0,0066	-233,64
-0,0051	-60,33	-0,0064	-99,49	-0,0070	-134,89	-0,0065	-189,30	-0,0059	-232,68
-0,0044	-59,17	-0,0056	-97,57	-0,0061	-132,30	-0,0057	-185,66	-0,0052	-228,20
-0,0038	-56,70	-0,0048	-93,49	-0,0052	-126,76	-0,0049	-177,89	-0,0044	-218,65
-0,0032	-52,61	-0,0040	-86,74	-0,0044	-117,61	-0,0041	-165,05	-0,0037	-202,87
-0,0025	-46,65	-0,0032	-76,92	-0,0035	-104,29	-0,0032	-146,35	-0,0030	-179,89
-0,0019	-38,60	-0,0024	-63,65	-0,0026	-86,30	-0,0024	-121,10	-0,0022	-148,86
-0,0013	-28,26	-0,0016	-46,60	-0,0017	-63,19	-0,0016	-88,67	-0,0015	-108,99
-0,0006	-15,45	-0,0008	-25,48	-0,0009	-34,55	-0,0008	-48,48	-0,0007	-59,59

Tablo C.11. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,50$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	31915	k=	47239	k=	62608	k=	62608	k=	62608
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-27,02	-1	-35,99	-1	-42,40	-1	-42,40	-1	-42,40
-0,0280	-27,02	-0,0252	-35,99	-0,0224	-42,40	-0,0224	-42,40	-0,0224	-42,40
-0,0266	-27,02	-0,0239	-35,99	-0,0213	-42,40	-0,0213	-42,40	-0,0213	-42,40
-0,0207	-102,64	-0,0186	-136,73	-0,0165	-161,08	-0,0165	-161,08	-0,0165	-161,08
-0,0148	-178,27	-0,0133	-237,48	-0,0118	-279,77	-0,0118	-279,77	-0,0118	-279,77
-0,0089	-253,90	-0,0080	-338,22	-0,0071	-398,39	-0,0071	-398,39	-0,0071	-398,39
-0,0081	-264,95	-0,0073	-352,94	-0,0065	-415,79	-0,0065	-415,79	-0,0065	-415,79
-0,0074	-270,14	-0,0066	-359,86	-0,0059	-423,95	-0,0059	-423,95	-0,0059	-423,95
-0,0066	-271,26	-0,0060	-361,35	-0,0053	-425,70	-0,0053	-425,70	-0,0053	-425,70
-0,0059	-270,14	-0,0053	-359,86	-0,0047	-423,95	-0,0047	-423,95	-0,0047	-423,95
-0,0052	-264,95	-0,0046	-352,94	-0,0041	-415,79	-0,0041	-415,79	-0,0041	-415,79
-0,0044	-253,86	-0,0040	-338,17	-0,0035	-398,39	-0,0035	-398,39	-0,0035	-398,39
-0,0037	-235,54	-0,0033	-313,76	-0,0030	-369,64	-0,0030	-369,64	-0,0030	-369,64
-0,0030	-208,86	-0,0027	-278,22	-0,0024	-327,77	-0,0024	-327,77	-0,0024	-327,77
-0,0022	-172,82	-0,0020	-230,22	-0,0018	-271,22	-0,0018	-271,22	-0,0018	-271,22
-0,0015	-126,54	-0,0013	-168,57	-0,0012	-198,59	-0,0012	-198,59	-0,0012	-198,59
-0,0007	-69,19	-0,0007	-92,17	-0,0006	-108,58	-0,0006	-108,58	-0,0006	-108,58

Tablo C.12. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,50$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	62608	k=	62608	k=	62608	k=	62608	k=	62608
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-42,40	-1	-42,40	-1	-42,40	-1	-42,40	-1	-42,40
-0,0224	-42,40	-0,0224	-42,40	-0,0224	-42,40	-0,0224	-42,40	-0,0224	-42,40
-0,0213	-42,40	-0,0213	-42,40	-0,0213	-42,40	-0,0213	-42,40	-0,0213	-42,40
-0,0165	-161,08	-0,0165	-161,08	-0,0165	-161,08	-0,0165	-161,08	-0,0165	-161,08
-0,0118	-279,77	-0,0118	-279,77	-0,0118	-279,77	-0,0118	-279,77	-0,0118	-279,77
-0,0071	-398,39	-0,0071	-398,39	-0,0071	-398,39	-0,0071	-398,39	-0,0071	-398,39
-0,0065	-415,79	-0,0065	-415,79	-0,0065	-415,79	-0,0065	-415,79	-0,0065	-415,79
-0,0059	-423,95	-0,0059	-423,95	-0,0059	-423,95	-0,0059	-423,95	-0,0059	-423,95
-0,0053	-425,70	-0,0053	-425,70	-0,0053	-425,70	-0,0053	-425,70	-0,0053	-425,70
-0,0047	-423,95	-0,0047	-423,95	-0,0047	-423,95	-0,0047	-423,95	-0,0047	-423,95
-0,0041	-415,79	-0,0041	-415,79	-0,0041	-415,79	-0,0041	-415,79	-0,0041	-415,79
-0,0035	-398,39	-0,0035	-398,39	-0,0035	-398,39	-0,0035	-398,39	-0,0035	-398,39
-0,0030	-369,64	-0,0030	-369,64	-0,0030	-369,64	-0,0030	-369,64	-0,0030	-369,64
-0,0024	-327,77	-0,0024	-327,77	-0,0024	-327,77	-0,0024	-327,77	-0,0024	-327,77
-0,0018	-271,22	-0,0018	-271,22	-0,0018	-271,22	-0,0018	-271,22	-0,0018	-271,22
-0,0012	-198,59	-0,0012	-198,59	-0,0012	-198,59	-0,0012	-198,59	-0,0012	-198,59
-0,0006	-108,58	-0,0006	-108,58	-0,0006	-108,58	-0,0006	-108,58	-0,0006	-108,58

Tablo C.13. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,40$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	6623	k=	8687	k=	10792	k=	16264	k=	21991
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-14,47	-1	-14,51	-1	-12,20	-1	-15,15	-1	-18,62
-0,0241	-14,47	-0,0304	-14,51	-0,0331	-12,20	-0,0308	-15,15	-0,0280	-18,62
-0,0229	-14,47	-0,0288	-14,51	-0,0314	-12,20	-0,0292	-15,15	-0,0266	-18,62
-0,0178	-24,77	-0,0224	-34,61	-0,0244	-41,94	-0,0227	-57,54	-0,0207	-70,73
-0,0127	-35,07	-0,0160	-54,71	-0,0174	-71,68	-0,0162	-99,94	-0,0148	-122,84
-0,0076	-45,36	-0,0096	-74,79	-0,0105	-101,41	-0,0097	-142,31	-0,0089	-174,95
-0,0070	-47,34	-0,0088	-78,06	-0,0096	-105,84	-0,0089	-148,52	-0,0081	-182,56
-0,0064	-48,27	-0,0080	-79,59	-0,0087	-107,91	-0,0081	-151,44	-0,0074	-186,14
-0,0057	-48,47	-0,0072	-79,92	-0,0078	-108,36	-0,0073	-152,06	-0,0066	-186,91
-0,0051	-48,27	-0,0064	-79,59	-0,0070	-107,91	-0,0065	-151,44	-0,0059	-186,14
-0,0044	-47,34	-0,0056	-78,06	-0,0061	-105,84	-0,0057	-148,52	-0,0052	-182,56
-0,0038	-45,36	-0,0048	-74,79	-0,0052	-101,41	-0,0049	-142,31	-0,0044	-174,92
-0,0032	-42,08	-0,0040	-69,39	-0,0044	-94,09	-0,0041	-132,04	-0,0037	-162,30
-0,0025	-37,32	-0,0032	-61,53	-0,0035	-83,43	-0,0032	-117,08	-0,0030	-143,91
-0,0019	-30,88	-0,0024	-50,92	-0,0026	-69,04	-0,0024	-96,88	-0,0022	-119,08
-0,0013	-22,61	-0,0016	-37,28	-0,0017	-50,55	-0,0016	-70,94	-0,0015	-87,19
-0,0006	-12,36	-0,0008	-20,38	-0,0009	-27,64	-0,0008	-38,79	-0,0007	-47,67

Tablo C.14. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,40$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	25532	k=	37791	k=	50086	k=	50086	k=	50086
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-21,61	-1	-28,79	-1	-33,92	-1	-33,92	-1	-33,92
-0,0280	-21,61	-0,0252	-28,79	-0,0224	-33,92	-0,0224	-33,92	-0,0224	-33,92
-0,0266	-21,61	-0,0239	-28,79	-0,0213	-33,92	-0,0213	-33,92	-0,0213	-33,92
-0,0207	-82,12	-0,0186	-109,39	-0,0165	-128,87	-0,0165	-128,87	-0,0165	-128,87
-0,0148	-142,62	-0,0133	-189,98	-0,0118	-223,82	-0,0118	-223,82	-0,0118	-223,82
-0,0089	-203,12	-0,0080	-270,58	-0,0071	-318,71	-0,0071	-318,71	-0,0071	-318,71
-0,0081	-211,96	-0,0073	-282,35	-0,0065	-332,63	-0,0065	-332,63	-0,0065	-332,63
-0,0074	-216,11	-0,0066	-287,89	-0,0059	-339,16	-0,0059	-339,16	-0,0059	-339,16
-0,0066	-217,01	-0,0060	-289,08	-0,0053	-340,56	-0,0053	-340,56	-0,0053	-340,56
-0,0059	-216,11	-0,0053	-287,89	-0,0047	-339,16	-0,0047	-339,16	-0,0047	-339,16
-0,0052	-211,96	-0,0046	-282,35	-0,0041	-332,63	-0,0041	-332,63	-0,0041	-332,63
-0,0044	-203,09	-0,0040	-270,54	-0,0035	-318,71	-0,0035	-318,71	-0,0035	-318,71
-0,0037	-188,43	-0,0033	-251,01	-0,0030	-295,71	-0,0030	-295,71	-0,0030	-295,71
-0,0030	-167,09	-0,0027	-222,58	-0,0024	-262,21	-0,0024	-262,21	-0,0024	-262,21
-0,0022	-138,26	-0,0020	-184,18	-0,0018	-216,98	-0,0018	-216,98	-0,0018	-216,98
-0,0015	-101,23	-0,0013	-134,85	-0,0012	-158,87	-0,0012	-158,87	-0,0012	-158,87
-0,0007	-55,35	-0,0007	-73,73	-0,0006	-86,86	-0,0006	-86,86	-0,0006	-86,86

Tablo C.15. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,40$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	50086	k=	50086	k=	50086	k=	50086	k=	50086
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-33,92	-1	-33,92	-1	-33,92	-1	-33,92	-1	-33,92
-0,0224	-33,92	-0,0224	-33,92	-0,0224	-33,92	-0,0224	-33,92	-0,0224	-33,92
-0,0213	-33,92	-0,0213	-33,92	-0,0213	-33,92	-0,0213	-33,92	-0,0213	-33,92
-0,0165	-128,87	-0,0165	-128,87	-0,0165	-128,87	-0,0165	-128,87	-0,0165	-128,87
-0,0118	-223,82	-0,0118	-223,82	-0,0118	-223,82	-0,0118	-223,82	-0,0118	-223,82
-0,0071	-318,71	-0,0071	-318,71	-0,0071	-318,71	-0,0071	-318,71	-0,0071	-318,71
-0,0065	-332,63	-0,0065	-332,63	-0,0065	-332,63	-0,0065	-332,63	-0,0065	-332,63
-0,0059	-339,16	-0,0059	-339,16	-0,0059	-339,16	-0,0059	-339,16	-0,0059	-339,16
-0,0053	-340,56	-0,0053	-340,56	-0,0053	-340,56	-0,0053	-340,56	-0,0053	-340,56
-0,0047	-339,16	-0,0047	-339,16	-0,0047	-339,16	-0,0047	-339,16	-0,0047	-339,16
-0,0041	-332,63	-0,0041	-332,63	-0,0041	-332,63	-0,0041	-332,63	-0,0041	-332,63
-0,0035	-318,71	-0,0035	-318,71	-0,0035	-318,71	-0,0035	-318,71	-0,0035	-318,71
-0,0030	-295,71	-0,0030	-295,71	-0,0030	-295,71	-0,0030	-295,71	-0,0030	-295,71
-0,0024	-262,21	-0,0024	-262,21	-0,0024	-262,21	-0,0024	-262,21	-0,0024	-262,21
-0,0018	-216,98	-0,0018	-216,98	-0,0018	-216,98	-0,0018	-216,98	-0,0018	-216,98
-0,0012	-158,87	-0,0012	-158,87	-0,0012	-158,87	-0,0012	-158,87	-0,0012	-158,87
-0,0006	-86,86	-0,0006	-86,86	-0,0006	-86,86	-0,0006	-86,86	-0,0006	-86,86

Tablo C.16. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,30$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	4967	k=	6515	k=	8094	k=	12198	k=	16493
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-10,86	-1	-10,88	-1	-9,15	-1	-11,36	-1	-13,96
-0,0241	-10,86	-0,0304	-10,88	-0,0331	-9,15	-0,0308	-11,36	-0,0280	-13,96
-0,0229	-10,86	-0,0288	-10,88	-0,0314	-9,15	-0,0292	-11,36	-0,0266	-13,96
-0,0178	-18,58	-0,0224	-25,96	-0,0244	-31,46	-0,0227	-43,16	-0,0207	-53,05
-0,0127	-26,30	-0,0160	-41,03	-0,0174	-53,76	-0,0162	-74,95	-0,0148	-92,13
-0,0076	-34,02	-0,0096	-56,09	-0,0105	-76,06	-0,0097	-106,73	-0,0089	-131,21
-0,0070	-35,50	-0,0088	-58,54	-0,0096	-79,38	-0,0089	-111,39	-0,0081	-136,92
-0,0064	-36,20	-0,0080	-59,69	-0,0087	-80,93	-0,0081	-113,58	-0,0074	-139,61
-0,0057	-36,35	-0,0072	-59,94	-0,0078	-81,27	-0,0073	-114,05	-0,0066	-140,18
-0,0051	-36,20	-0,0064	-59,69	-0,0070	-80,93	-0,0065	-113,58	-0,0059	-139,61
-0,0044	-35,50	-0,0056	-58,54	-0,0061	-79,38	-0,0057	-111,39	-0,0052	-136,92
-0,0038	-34,02	-0,0048	-56,09	-0,0052	-76,06	-0,0049	-106,73	-0,0044	-131,19
-0,0032	-31,56	-0,0040	-52,05	-0,0044	-70,57	-0,0041	-99,03	-0,0037	-121,72
-0,0025	-27,99	-0,0032	-46,15	-0,0035	-62,57	-0,0032	-87,81	-0,0030	-107,93
-0,0019	-23,16	-0,0024	-38,19	-0,0026	-51,78	-0,0024	-72,66	-0,0022	-89,31
-0,0013	-16,96	-0,0016	-27,96	-0,0017	-37,91	-0,0016	-53,20	-0,0015	-65,40
-0,0006	-9,27	-0,0008	-15,29	-0,0009	-20,73	-0,0008	-29,09	-0,0007	-35,76

Tablo C.17. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,30$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	19149	k=	28343	k=	37565	k=	37565	k=	37565
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-16,21	-1	-21,59	-1	-25,44	-1	-25,44	-1	-25,44
-0,0280	-16,21	-0,0252	-21,59	-0,0224	-25,44	-0,0224	-25,44	-0,0224	-25,44
-0,0266	-16,21	-0,0239	-21,59	-0,0213	-25,44	-0,0213	-25,44	-0,0213	-25,44
-0,0207	-61,59	-0,0186	-82,04	-0,0165	-96,65	-0,0165	-96,65	-0,0165	-96,65
-0,0148	-106,96	-0,0133	-142,49	-0,0118	-167,86	-0,0118	-167,86	-0,0118	-167,86
-0,0089	-152,34	-0,0080	-202,93	-0,0071	-239,03	-0,0071	-239,03	-0,0071	-239,03
-0,0081	-158,97	-0,0073	-211,76	-0,0065	-249,47	-0,0065	-249,47	-0,0065	-249,47
-0,0074	-162,09	-0,0066	-215,92	-0,0059	-254,37	-0,0059	-254,37	-0,0059	-254,37
-0,0066	-162,76	-0,0060	-216,81	-0,0053	-255,42	-0,0053	-255,42	-0,0053	-255,42
-0,0059	-162,09	-0,0053	-215,92	-0,0047	-254,37	-0,0047	-254,37	-0,0047	-254,37
-0,0052	-158,97	-0,0046	-211,76	-0,0041	-249,47	-0,0041	-249,47	-0,0041	-249,47
-0,0044	-152,32	-0,0040	-202,90	-0,0035	-239,03	-0,0035	-239,03	-0,0035	-239,03
-0,0037	-141,32	-0,0033	-188,26	-0,0030	-221,78	-0,0030	-221,78	-0,0030	-221,78
-0,0030	-125,31	-0,0027	-166,93	-0,0024	-196,66	-0,0024	-196,66	-0,0024	-196,66
-0,0022	-103,69	-0,0020	-138,13	-0,0018	-162,73	-0,0018	-162,73	-0,0018	-162,73
-0,0015	-75,92	-0,0013	-101,14	-0,0012	-119,15	-0,0012	-119,15	-0,0012	-119,15
-0,0007	-41,51	-0,0007	-55,30	-0,0006	-65,15	-0,0006	-65,15	-0,0006	-65,15

Tablo C.18. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,30$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	37565	k=	37565	k=	37565	k=	37565	k=	37565
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-25,44	-1	-25,44	-1	-25,44	-1	-25,44	-1	-25,44
-0,0224	-25,44	-0,0224	-25,44	-0,0224	-25,44	-0,0224	-25,44	-0,0224	-25,44
-0,0213	-25,44	-0,0213	-25,44	-0,0213	-25,44	-0,0213	-25,44	-0,0213	-25,44
-0,0165	-96,65	-0,0165	-96,65	-0,0165	-96,65	-0,0165	-96,65	-0,0165	-96,65
-0,0118	-167,86	-0,0118	-167,86	-0,0118	-167,86	-0,0118	-167,86	-0,0118	-167,86
-0,0071	-239,03	-0,0071	-239,03	-0,0071	-239,03	-0,0071	-239,03	-0,0071	-239,03
-0,0065	-249,47	-0,0065	-249,47	-0,0065	-249,47	-0,0065	-249,47	-0,0065	-249,47
-0,0059	-254,37	-0,0059	-254,37	-0,0059	-254,37	-0,0059	-254,37	-0,0059	-254,37
-0,0053	-255,42	-0,0053	-255,42	-0,0053	-255,42	-0,0053	-255,42	-0,0053	-255,42
-0,0047	-254,37	-0,0047	-254,37	-0,0047	-254,37	-0,0047	-254,37	-0,0047	-254,37
-0,0041	-249,47	-0,0041	-249,47	-0,0041	-249,47	-0,0041	-249,47	-0,0041	-249,47
-0,0035	-239,03	-0,0035	-239,03	-0,0035	-239,03	-0,0035	-239,03	-0,0035	-239,03
-0,0030	-221,78	-0,0030	-221,78	-0,0030	-221,78	-0,0030	-221,78	-0,0030	-221,78
-0,0024	-196,66	-0,0024	-196,66	-0,0024	-196,66	-0,0024	-196,66	-0,0024	-196,66
-0,0018	-162,73	-0,0018	-162,73	-0,0018	-162,73	-0,0018	-162,73	-0,0018	-162,73
-0,0012	-119,15	-0,0012	-119,15	-0,0012	-119,15	-0,0012	-119,15	-0,0012	-119,15
-0,0006	-65,15	-0,0006	-65,15	-0,0006	-65,15	-0,0006	-65,15	-0,0006	-65,15

Tablo C.19. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,20$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	3311	k=	4343	k=	5396	k=	8132	k=	10995
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-7,24	-1	-7,26	-1	-6,10	-1	-7,57	-1	-9,31
-0,0241	-7,24	-0,0304	-7,26	-0,0331	-6,10	-0,0308	-7,57	-0,0280	-9,31
-0,0229	-7,24	-0,0288	-7,26	-0,0314	-6,10	-0,0292	-7,57	-0,0266	-9,31
-0,0178	-12,39	-0,0224	-17,30	-0,0244	-20,97	-0,0227	-28,77	-0,0207	-35,36
-0,0127	-17,53	-0,0160	-27,35	-0,0174	-35,84	-0,0162	-49,97	-0,0148	-61,42
-0,0076	-22,68	-0,0096	-37,40	-0,0105	-50,70	-0,0097	-71,15	-0,0089	-87,47
-0,0070	-23,67	-0,0088	-39,03	-0,0096	-52,92	-0,0089	-74,26	-0,0081	-91,28
-0,0064	-24,13	-0,0080	-39,80	-0,0087	-53,96	-0,0081	-75,72	-0,0074	-93,07
-0,0057	-24,23	-0,0072	-39,96	-0,0078	-54,18	-0,0073	-76,03	-0,0066	-93,46
-0,0051	-24,13	-0,0064	-39,80	-0,0070	-53,96	-0,0065	-75,72	-0,0059	-93,07
-0,0044	-23,67	-0,0056	-39,03	-0,0061	-52,92	-0,0057	-74,26	-0,0052	-91,28
-0,0038	-22,68	-0,0048	-37,40	-0,0052	-50,70	-0,0049	-71,15	-0,0044	-87,46
-0,0032	-21,04	-0,0040	-34,70	-0,0044	-47,04	-0,0041	-66,02	-0,0037	-81,15
-0,0025	-18,66	-0,0032	-30,77	-0,0035	-41,72	-0,0032	-58,54	-0,0030	-71,96
-0,0019	-15,44	-0,0024	-25,46	-0,0026	-34,52	-0,0024	-48,44	-0,0022	-59,54
-0,0013	-11,30	-0,0016	-18,64	-0,0017	-25,27	-0,0016	-35,47	-0,0015	-43,60
-0,0006	-6,18	-0,0008	-10,19	-0,0009	-13,82	-0,0008	-19,39	-0,0007	-23,84

Tablo C.20. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,20$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	12766	k=	18895	k=	25043	k=	25043	k=	25043
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-10,81	-1	-14,40	-1	-16,96	-1	-16,96	-1	-16,96
-0,0280	-10,81	-0,0252	-14,40	-0,0224	-16,96	-0,0224	-16,96	-0,0224	-16,96
-0,0266	-10,81	-0,0239	-14,40	-0,0213	-16,96	-0,0213	-16,96	-0,0213	-16,96
-0,0207	-41,06	-0,0186	-54,69	-0,0165	-64,43	-0,0165	-64,43	-0,0165	-64,43
-0,0148	-71,31	-0,0133	-94,99	-0,0118	-111,91	-0,0118	-111,91	-0,0118	-111,91
-0,0089	-101,56	-0,0080	-135,29	-0,0071	-159,36	-0,0071	-159,36	-0,0071	-159,36
-0,0081	-105,98	-0,0073	-141,18	-0,0065	-166,32	-0,0065	-166,32	-0,0065	-166,32
-0,0074	-108,06	-0,0066	-143,95	-0,0059	-169,58	-0,0059	-169,58	-0,0059	-169,58
-0,0066	-108,50	-0,0060	-144,54	-0,0053	-170,28	-0,0053	-170,28	-0,0053	-170,28
-0,0059	-108,06	-0,0053	-143,95	-0,0047	-169,58	-0,0047	-169,58	-0,0047	-169,58
-0,0052	-105,98	-0,0046	-141,18	-0,0041	-166,32	-0,0041	-166,32	-0,0041	-166,32
-0,0044	-101,54	-0,0040	-135,27	-0,0035	-159,36	-0,0035	-159,36	-0,0035	-159,36
-0,0037	-94,22	-0,0033	-125,51	-0,0030	-147,86	-0,0030	-147,86	-0,0030	-147,86
-0,0030	-83,54	-0,0027	-111,29	-0,0024	-131,11	-0,0024	-131,11	-0,0024	-131,11
-0,0022	-69,13	-0,0020	-92,09	-0,0018	-108,49	-0,0018	-108,49	-0,0018	-108,49
-0,0015	-50,62	-0,0013	-67,43	-0,0012	-79,43	-0,0012	-79,43	-0,0012	-79,43
-0,0007	-27,68	-0,0007	-36,87	-0,0006	-43,43	-0,0006	-43,43	-0,0006	-43,43

Tablo C.21. Ø120cm'lik kazık $\beta_G=0,20$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	25043	k=	25043	k=	25043	k=	25043	k=	25043
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-16,96	-1	-16,96	-1	-16,96	-1	-16,96	-1	-16,96
-0,0224	-16,96	-0,0224	-16,96	-0,0224	-16,96	-0,0224	-16,96	-0,0224	-16,96
-0,0213	-16,96	-0,0213	-16,96	-0,0213	-16,96	-0,0213	-16,96	-0,0213	-16,96
-0,0165	-64,43	-0,0165	-64,43	-0,0165	-64,43	-0,0165	-64,43	-0,0165	-64,43
-0,0118	-111,91	-0,0118	-111,91	-0,0118	-111,91	-0,0118	-111,91	-0,0118	-111,91
-0,0071	-159,36	-0,0071	-159,36	-0,0071	-159,36	-0,0071	-159,36	-0,0071	-159,36
-0,0065	-166,32	-0,0065	-166,32	-0,0065	-166,32	-0,0065	-166,32	-0,0065	-166,32
-0,0059	-169,58	-0,0059	-169,58	-0,0059	-169,58	-0,0059	-169,58	-0,0059	-169,58
-0,0053	-170,28	-0,0053	-170,28	-0,0053	-170,28	-0,0053	-170,28	-0,0053	-170,28
-0,0047	-169,58	-0,0047	-169,58	-0,0047	-169,58	-0,0047	-169,58	-0,0047	-169,58
-0,0041	-166,32	-0,0041	-166,32	-0,0041	-166,32	-0,0041	-166,32	-0,0041	-166,32
-0,0035	-159,36	-0,0035	-159,36	-0,0035	-159,36	-0,0035	-159,36	-0,0035	-159,36
-0,0030	-147,86	-0,0030	-147,86	-0,0030	-147,86	-0,0030	-147,86	-0,0030	-147,86
-0,0024	-131,11	-0,0024	-131,11	-0,0024	-131,11	-0,0024	-131,11	-0,0024	-131,11
-0,0018	-108,49	-0,0018	-108,49	-0,0018	-108,49	-0,0018	-108,49	-0,0018	-108,49
-0,0012	-79,43	-0,0012	-79,43	-0,0012	-79,43	-0,0012	-79,43	-0,0012	-79,43
-0,0006	-43,43	-0,0006	-43,43	-0,0006	-43,43	-0,0006	-43,43	-0,0006	-43,43

Ek-D: Ø65cm Çaplı Kazık İçin Kullanılan P-y Eğrileri

Tablo D.1. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,80$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	16570	k=	24687	k=	24849	k=	32529	k=	43983
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-16,05	-1	-13,58	-1	-13,67	-1	-16,41	-1	-20,17
-0,0161	-16,05	-0,0182	-13,58	-0,0182	-13,67	-0,0167	-16,41	-0,0152	-20,17
-0,0152	-16,05	-0,0173	-13,58	-0,0173	-13,67	-0,0158	-16,41	-0,0144	-20,17
-0,0118	-35,87	-0,0134	-51,61	-0,0134	-51,95	-0,0123	-62,34	-0,0112	-76,62
-0,0085	-55,69	-0,0096	-89,63	-0,0096	-90,22	-0,0088	-108,26	-0,0080	-133,08
-0,0051	-75,50	-0,0058	-127,64	-0,0058	-128,47	-0,0053	-154,19	-0,0048	-189,50
-0,0047	-78,80	-0,0053	-133,21	-0,0053	-134,08	-0,0048	-160,90	-0,0044	-197,77
-0,0042	-80,34	-0,0048	-135,83	-0,0048	-136,72	-0,0044	-164,06	-0,0040	-201,65
-0,0038	-80,67	-0,0043	-136,39	-0,0043	-137,28	-0,0040	-164,74	-0,0036	-202,49
-0,0034	-80,34	-0,0038	-135,83	-0,0038	-136,72	-0,0035	-164,06	-0,0032	-201,65
-0,0030	-78,80	-0,0034	-133,21	-0,0034	-134,08	-0,0031	-160,90	-0,0028	-197,77
-0,0025	-75,50	-0,0029	-127,64	-0,0029	-128,47	-0,0026	-154,17	-0,0024	-189,50
-0,0021	-70,05	-0,0024	-118,43	-0,0024	-119,20	-0,0022	-143,04	-0,0020	-175,82
-0,0017	-62,12	-0,0019	-105,01	-0,0019	-105,70	-0,0018	-126,84	-0,0016	-155,91
-0,0013	-51,40	-0,0014	-86,89	-0,0014	-87,46	-0,0013	-104,96	-0,0012	-129,01
-0,0008	-37,20	-0,0010	-63,62	-0,0010	-64,04	-0,0009	-76,85	-0,0008	-94,46
-0,0004	-18,60	-0,0005	-34,79	-0,0005	-35,02	-0,0004	-42,02	-0,0004	-51,65

Tablo D.2. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,80$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	51065	k=	75583	k=	100173	k=	100173	k=	100173
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-23,42	-1,0000	-31,19	-1	-36,75	-1	-36,75	-1	-36,75
-0,0152	-23,42	-0,0137	-31,19	-0,0122	-36,75	-0,0122	-36,75	-0,0122	-36,75
-0,0144	-23,42	-0,0130	-31,19	-0,0115	-36,75	-0,0115	-36,75	-0,0115	-36,75
-0,0112	-88,96	-0,0101	-118,50	-0,0090	-139,61	-0,0090	-139,61	-0,0090	-139,61
-0,0080	-154,50	-0,0072	-205,82	-0,0064	-242,47	-0,0064	-242,47	-0,0064	-242,47
-0,0048	-220,01	-0,0043	-293,13	-0,0038	-345,27	-0,0038	-345,27	-0,0038	-345,27
-0,0044	-229,62	-0,0040	-305,88	-0,0035	-360,35	-0,0035	-360,35	-0,0035	-360,35
-0,0040	-234,12	-0,0036	-311,88	-0,0032	-367,42	-0,0032	-367,42	-0,0032	-367,42
-0,0036	-235,09	-0,0032	-313,17	-0,0029	-368,94	-0,0029	-368,94	-0,0029	-368,94
-0,0032	-234,12	-0,0029	-311,88	-0,0026	-367,42	-0,0026	-367,42	-0,0026	-367,42
-0,0028	-229,62	-0,0025	-305,88	-0,0022	-360,35	-0,0022	-360,35	-0,0022	-360,35
-0,0024	-220,01	-0,0022	-293,08	-0,0019	-345,27	-0,0019	-345,27	-0,0019	-345,27
-0,0020	-204,13	-0,0018	-271,93	-0,0016	-320,36	-0,0016	-320,36	-0,0016	-320,36
-0,0016	-181,01	-0,0014	-241,13	-0,0013	-284,07	-0,0013	-284,07	-0,0013	-284,07
-0,0012	-149,78	-0,0011	-199,52	-0,0010	-235,06	-0,0010	-235,06	-0,0010	-235,06
-0,0008	-109,67	-0,0007	-146,09	-0,0006	-172,11	-0,0006	-172,11	-0,0006	-172,11
-0,0004	-59,96	-0,0004	-79,88	-0,0003	-94,10	-0,0003	-94,10	-0,0003	-94,10

Tablo D.3. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,80$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	100173	k=	100173	k=	100173	k=	100173	k=	100173
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-36,75	-1	-36,75	-1	-36,75	-1	-36,75	-1	-36,75
-0,0122	-36,75	-0,0122	-36,75	-0,0122	-36,75	-0,0122	-36,75	-0,0122	-36,75
-0,0115	-36,75	-0,0115	-36,75	-0,0115	-36,75	-0,0115	-36,75	-0,0115	-36,75
-0,0090	-139,61	-0,0090	-139,61	-0,0090	-139,61	-0,0090	-139,61	-0,0090	-139,61
-0,0064	-242,47	-0,0064	-242,47	-0,0064	-242,47	-0,0064	-242,47	-0,0064	-242,47
-0,0038	-345,27	-0,0038	-345,27	-0,0038	-345,27	-0,0038	-345,27	-0,0038	-345,27
-0,0035	-360,35	-0,0035	-360,35	-0,0035	-360,35	-0,0035	-360,35	-0,0035	-360,35
-0,0032	-367,42	-0,0032	-367,42	-0,0032	-367,42	-0,0032	-367,42	-0,0032	-367,42
-0,0029	-368,94	-0,0029	-368,94	-0,0029	-368,94	-0,0029	-368,94	-0,0029	-368,94
-0,0026	-367,42	-0,0026	-367,42	-0,0026	-367,42	-0,0026	-367,42	-0,0026	-367,42
-0,0022	-360,35	-0,0022	-360,35	-0,0022	-360,35	-0,0022	-360,35	-0,0022	-360,35
-0,0019	-345,27	-0,0019	-345,27	-0,0019	-345,27	-0,0019	-345,27	-0,0019	-345,27
-0,0016	-320,36	-0,0016	-320,36	-0,0016	-320,36	-0,0016	-320,36	-0,0016	-320,36
-0,0013	-284,07	-0,0013	-284,07	-0,0013	-284,07	-0,0013	-284,07	-0,0013	-284,07
-0,0010	-235,06	-0,0010	-235,06	-0,0010	-235,06	-0,0010	-235,06	-0,0010	-235,06
-0,0006	-172,11	-0,0006	-172,11	-0,0006	-172,11	-0,0006	-172,11	-0,0006	-172,11
-0,0003	-94,10	-0,0003	-94,10	-0,0003	-94,10	-0,0003	-94,10	-0,0003	-94,10

Tablo D.4. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,70$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	14499	k=	21601	k=	21743	k=	28463	k=	38485
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-14,04	-1	-11,89	-1	-11,96	-1	-14,36	-1	-17,65
-0,0161	-14,04	-0,0182	-11,89	-0,0182	-11,96	-0,0167	-14,36	-0,0152	-17,65
-0,0152	-14,04	-0,0173	-11,89	-0,0173	-11,96	-0,0158	-14,36	-0,0144	-17,65
-0,0118	-31,38	-0,0134	-45,16	-0,0134	-45,45	-0,0123	-54,54	-0,0112	-67,04
-0,0085	-48,73	-0,0096	-78,43	-0,0096	-78,94	-0,0088	-94,73	-0,0080	-116,44
-0,0051	-66,06	-0,0058	-111,68	-0,0058	-112,41	-0,0053	-134,92	-0,0048	-165,81
-0,0047	-68,95	-0,0053	-116,56	-0,0053	-117,32	-0,0048	-140,79	-0,0044	-173,05
-0,0042	-70,30	-0,0048	-118,85	-0,0048	-119,63	-0,0044	-143,55	-0,0040	-176,45
-0,0038	-70,59	-0,0043	-119,34	-0,0043	-120,12	-0,0040	-144,14	-0,0036	-177,18
-0,0034	-70,30	-0,0038	-118,85	-0,0038	-119,63	-0,0035	-143,55	-0,0032	-176,45
-0,0030	-68,95	-0,0034	-116,56	-0,0034	-117,32	-0,0031	-140,79	-0,0028	-173,05
-0,0025	-66,06	-0,0029	-111,68	-0,0029	-112,41	-0,0026	-134,90	-0,0024	-165,81
-0,0021	-61,29	-0,0024	-103,62	-0,0024	-104,30	-0,0022	-125,16	-0,0020	-153,85
-0,0017	-54,35	-0,0019	-91,89	-0,0019	-92,49	-0,0018	-110,98	-0,0016	-136,42
-0,0013	-44,97	-0,0014	-76,03	-0,0014	-76,53	-0,0013	-91,84	-0,0012	-112,88
-0,0008	-32,55	-0,0010	-55,67	-0,0010	-56,04	-0,0009	-67,24	-0,0008	-82,65
-0,0004	-16,28	-0,0005	-30,44	-0,0005	-30,64	-0,0004	-36,77	-0,0004	-45,19

Tablo D.5. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,70$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	44682	k=	66135	k=	87651	k=	87651	k=	87651
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-20,49	-1	-27,29	-1	-32,15	-1	-32,15	-1	-32,15
-0,0152	-20,49	-0,0137	-27,29	-0,0122	-32,15	-0,0122	-32,15	-0,0122	-32,15
-0,0144	-20,49	-0,0130	-27,29	-0,0115	-32,15	-0,0115	-32,15	-0,0115	-32,15
-0,0112	-77,84	-0,0101	-103,69	-0,0090	-122,16	-0,0090	-122,16	-0,0090	-122,16
-0,0080	-135,19	-0,0072	-180,09	-0,0064	-212,16	-0,0064	-212,16	-0,0064	-212,16
-0,0048	-192,51	-0,0043	-256,49	-0,0038	-302,11	-0,0038	-302,11	-0,0038	-302,11
-0,0044	-200,92	-0,0040	-267,64	-0,0035	-315,31	-0,0035	-315,31	-0,0035	-315,31
-0,0040	-204,86	-0,0036	-272,90	-0,0032	-321,49	-0,0032	-321,49	-0,0032	-321,49
-0,0036	-205,71	-0,0032	-274,02	-0,0029	-322,82	-0,0029	-322,82	-0,0029	-322,82
-0,0032	-204,86	-0,0029	-272,90	-0,0026	-321,49	-0,0026	-321,49	-0,0026	-321,49
-0,0028	-200,92	-0,0025	-267,64	-0,0022	-315,31	-0,0022	-315,31	-0,0022	-315,31
-0,0024	-192,51	-0,0022	-256,45	-0,0019	-302,11	-0,0019	-302,11	-0,0019	-302,11
-0,0020	-178,62	-0,0018	-237,94	-0,0016	-280,31	-0,0016	-280,31	-0,0016	-280,31
-0,0016	-158,38	-0,0014	-210,99	-0,0013	-248,56	-0,0013	-248,56	-0,0013	-248,56
-0,0012	-131,06	-0,0011	-174,58	-0,0010	-205,67	-0,0010	-205,67	-0,0010	-205,67
-0,0008	-95,96	-0,0007	-127,83	-0,0006	-150,59	-0,0006	-150,59	-0,0006	-150,59
-0,0004	-52,47	-0,0004	-69,89	-0,0003	-82,34	-0,0003	-82,34	-0,0003	-82,34

Tablo D.6. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,70$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	87651	k=	87651	k=	87651	k=	87651	k=	87651
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-32,15	-1	-32,15	-1	-32,15	-1	-32,15	-1	-32,15
-0,0122	-32,15	-0,0122	-32,15	-0,0122	-32,15	-0,0122	-32,15	-0,0122	-32,15
-0,0115	-32,15	-0,0115	-32,15	-0,0115	-32,15	-0,0115	-32,15	-0,0115	-32,15
-0,0090	-122,16	-0,0090	-122,16	-0,0090	-122,16	-0,0090	-122,16	-0,0090	-122,16
-0,0064	-212,16	-0,0064	-212,16	-0,0064	-212,16	-0,0064	-212,16	-0,0064	-212,16
-0,0038	-302,11	-0,0038	-302,11	-0,0038	-302,11	-0,0038	-302,11	-0,0038	-302,11
-0,0035	-315,31	-0,0035	-315,31	-0,0035	-315,31	-0,0035	-315,31	-0,0035	-315,31
-0,0032	-321,49	-0,0032	-321,49	-0,0032	-321,49	-0,0032	-321,49	-0,0032	-321,49
-0,0029	-322,82	-0,0029	-322,82	-0,0029	-322,82	-0,0029	-322,82	-0,0029	-322,82
-0,0026	-321,49	-0,0026	-321,49	-0,0026	-321,49	-0,0026	-321,49	-0,0026	-321,49
-0,0022	-315,31	-0,0022	-315,31	-0,0022	-315,31	-0,0022	-315,31	-0,0022	-315,31
-0,0019	-302,11	-0,0019	-302,11	-0,0019	-302,11	-0,0019	-302,11	-0,0019	-302,11
-0,0016	-280,31	-0,0016	-280,31	-0,0016	-280,31	-0,0016	-280,31	-0,0016	-280,31
-0,0013	-248,56	-0,0013	-248,56	-0,0013	-248,56	-0,0013	-248,56	-0,0013	-248,56
-0,0010	-205,67	-0,0010	-205,67	-0,0010	-205,67	-0,0010	-205,67	-0,0010	-205,67
-0,0006	-150,59	-0,0006	-150,59	-0,0006	-150,59	-0,0006	-150,59	-0,0006	-150,59
-0,0003	-82,34	-0,0003	-82,34	-0,0003	-82,34	-0,0003	-82,34	-0,0003	-82,34

Tablo D.7. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,60$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	12427	k=	18515	k=	18636	k=	24397	k=	32987
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-12,04	-1	-10,19	-1	-10,25	-1	-12,31	-1	-15,13
-0,0161	-12,04	-0,0182	-10,19	-0,0182	-10,25	-0,0167	-12,31	-0,0152	-15,13
-0,0152	-12,04	-0,0173	-10,19	-0,0173	-10,25	-0,0158	-12,31	-0,0144	-15,13
-0,0118	-26,90	-0,0134	-38,71	-0,0134	-38,96	-0,0123	-46,75	-0,0112	-57,47
-0,0085	-41,77	-0,0096	-67,23	-0,0096	-67,67	-0,0088	-81,20	-0,0080	-99,81
-0,0051	-56,62	-0,0058	-95,73	-0,0058	-96,36	-0,0053	-115,64	-0,0048	-142,12
-0,0047	-59,10	-0,0053	-99,91	-0,0053	-100,56	-0,0048	-120,68	-0,0044	-148,33
-0,0042	-60,26	-0,0048	-101,87	-0,0048	-102,54	-0,0044	-123,04	-0,0040	-151,24
-0,0038	-60,51	-0,0043	-102,29	-0,0043	-102,96	-0,0040	-123,55	-0,0036	-151,87
-0,0034	-60,26	-0,0038	-101,87	-0,0038	-102,54	-0,0035	-123,04	-0,0032	-151,24
-0,0030	-59,10	-0,0034	-99,91	-0,0034	-100,56	-0,0031	-120,68	-0,0028	-148,33
-0,0025	-56,62	-0,0029	-95,73	-0,0029	-96,36	-0,0026	-115,63	-0,0024	-142,12
-0,0021	-52,54	-0,0024	-88,82	-0,0024	-89,40	-0,0022	-107,28	-0,0020	-131,87
-0,0017	-46,59	-0,0019	-78,76	-0,0019	-79,27	-0,0018	-95,13	-0,0016	-116,93
-0,0013	-38,55	-0,0014	-65,17	-0,0014	-65,60	-0,0013	-78,72	-0,0012	-96,76
-0,0008	-27,90	-0,0010	-47,72	-0,0010	-48,03	-0,0009	-57,64	-0,0008	-70,84
-0,0004	-13,95	-0,0005	-26,09	-0,0005	-26,26	-0,0004	-31,51	-0,0004	-38,74

Tablo D.8. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,60$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	38298	k=	56687	k=	75130	k=	75130	k=	75130
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-17,56	-1	-23,39	-1	-27,56	-1	-27,56	-1	-27,56
-0,0152	-17,56	-0,0137	-23,39	-0,0122	-27,56	-0,0122	-27,56	-0,0122	-27,56
-0,0144	-17,56	-0,0130	-23,39	-0,0115	-27,56	-0,0115	-27,56	-0,0115	-27,56
-0,0112	-66,72	-0,0101	-88,88	-0,0090	-104,71	-0,0090	-104,71	-0,0090	-104,71
-0,0080	-115,88	-0,0072	-154,36	-0,0064	-181,85	-0,0064	-181,85	-0,0064	-181,85
-0,0048	-165,01	-0,0043	-219,85	-0,0038	-258,95	-0,0038	-258,95	-0,0038	-258,95
-0,0044	-172,21	-0,0040	-229,41	-0,0035	-270,26	-0,0035	-270,26	-0,0035	-270,26
-0,0040	-175,59	-0,0036	-233,91	-0,0032	-275,57	-0,0032	-275,57	-0,0032	-275,57
-0,0036	-176,32	-0,0032	-234,88	-0,0029	-276,71	-0,0029	-276,71	-0,0029	-276,71
-0,0032	-175,59	-0,0029	-233,91	-0,0026	-275,57	-0,0026	-275,57	-0,0026	-275,57
-0,0028	-172,21	-0,0025	-229,41	-0,0022	-270,26	-0,0022	-270,26	-0,0022	-270,26
-0,0024	-165,01	-0,0022	-219,81	-0,0019	-258,95	-0,0019	-258,95	-0,0019	-258,95
-0,0020	-153,10	-0,0018	-203,95	-0,0016	-240,27	-0,0016	-240,27	-0,0016	-240,27
-0,0016	-135,76	-0,0014	-180,84	-0,0013	-213,05	-0,0013	-213,05	-0,0013	-213,05
-0,0012	-112,34	-0,0011	-149,64	-0,0010	-176,29	-0,0010	-176,29	-0,0010	-176,29
-0,0008	-82,25	-0,0007	-109,57	-0,0006	-129,08	-0,0006	-129,08	-0,0006	-129,08
-0,0004	-44,97	-0,0004	-59,91	-0,0003	-70,58	-0,0003	-70,58	-0,0003	-70,58

Tablo D.9. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,60$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	75130	k=	75130	k=	75130	k=	75130	k=	75130
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-27,56	-1	-27,56	-1	-27,56	-1	-27,56	-1	-27,56
-0,0122	-27,56	-0,0122	-27,56	-0,0122	-27,56	-0,0122	-27,56	-0,0122	-27,56
-0,0115	-27,56	-0,0115	-27,56	-0,0115	-27,56	-0,0115	-27,56	-0,0115	-27,56
-0,0090	-104,71	-0,0090	-104,71	-0,0090	-104,71	-0,0090	-104,71	-0,0090	-104,71
-0,0064	-181,85	-0,0064	-181,85	-0,0064	-181,85	-0,0064	-181,85	-0,0064	-181,85
-0,0038	-258,95	-0,0038	-258,95	-0,0038	-258,95	-0,0038	-258,95	-0,0038	-258,95
-0,0035	-270,26	-0,0035	-270,26	-0,0035	-270,26	-0,0035	-270,26	-0,0035	-270,26
-0,0032	-275,57	-0,0032	-275,57	-0,0032	-275,57	-0,0032	-275,57	-0,0032	-275,57
-0,0029	-276,71	-0,0029	-276,71	-0,0029	-276,71	-0,0029	-276,71	-0,0029	-276,71
-0,0026	-275,57	-0,0026	-275,57	-0,0026	-275,57	-0,0026	-275,57	-0,0026	-275,57
-0,0022	-270,26	-0,0022	-270,26	-0,0022	-270,26	-0,0022	-270,26	-0,0022	-270,26
-0,0019	-258,95	-0,0019	-258,95	-0,0019	-258,95	-0,0019	-258,95	-0,0019	-258,95
-0,0016	-240,27	-0,0016	-240,27	-0,0016	-240,27	-0,0016	-240,27	-0,0016	-240,27
-0,0013	-213,05	-0,0013	-213,05	-0,0013	-213,05	-0,0013	-213,05	-0,0013	-213,05
-0,0010	-176,29	-0,0010	-176,29	-0,0010	-176,29	-0,0010	-176,29	-0,0010	-176,29
-0,0006	-129,08	-0,0006	-129,08	-0,0006	-129,08	-0,0006	-129,08	-0,0006	-129,08
-0,0003	-70,58	-0,0003	-70,58	-0,0003	-70,58	-0,0003	-70,58	-0,0003	-70,58

Tablo D.10. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,50$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	10356	k=	15429	k=	15530	k=	20331	k=	27489
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-10,03	-1	-8,49	-1	-8,55	-1	-10,25	-1	-12,60
-0,0161	-10,03	-0,0182	-8,49	-0,0182	-8,55	-0,0167	-10,25	-0,0152	-12,60
-0,0152	-10,03	-0,0173	-8,49	-0,0173	-8,55	-0,0158	-10,25	-0,0144	-12,60
-0,0118	-22,42	-0,0134	-32,26	-0,0134	-32,47	-0,0123	-38,96	-0,0112	-47,89
-0,0085	-34,81	-0,0096	-56,02	-0,0096	-56,39	-0,0088	-67,67	-0,0080	-83,17
-0,0051	-47,19	-0,0058	-79,77	-0,0058	-80,30	-0,0053	-96,37	-0,0048	-118,44
-0,0047	-49,25	-0,0053	-83,26	-0,0053	-83,80	-0,0048	-100,56	-0,0044	-123,61
-0,0042	-50,21	-0,0048	-84,89	-0,0048	-85,45	-0,0044	-102,54	-0,0040	-126,03
-0,0038	-50,42	-0,0043	-85,24	-0,0043	-85,80	-0,0040	-102,96	-0,0036	-126,56
-0,0034	-50,21	-0,0038	-84,89	-0,0038	-85,45	-0,0035	-102,54	-0,0032	-126,03
-0,0030	-49,25	-0,0034	-83,26	-0,0034	-83,80	-0,0031	-100,56	-0,0028	-123,61
-0,0025	-47,19	-0,0029	-79,77	-0,0029	-80,30	-0,0026	-96,36	-0,0024	-118,44
-0,0021	-43,78	-0,0024	-74,02	-0,0024	-74,50	-0,0022	-89,40	-0,0020	-109,89
-0,0017	-38,82	-0,0019	-65,63	-0,0019	-66,06	-0,0018	-79,27	-0,0016	-97,44
-0,0013	-32,12	-0,0014	-54,31	-0,0014	-54,66	-0,0013	-65,60	-0,0012	-80,63
-0,0008	-23,25	-0,0010	-39,77	-0,0010	-40,03	-0,0009	-48,03	-0,0008	-59,04
-0,0004	-11,63	-0,0005	-21,74	-0,0005	-21,88	-0,0004	-26,26	-0,0004	-32,28

Tablo D.11. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,50$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	31915	k=	47239	k=	62608	k=	62608	k=	62608
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-14,63	-1	-19,49	-1	-22,97	-1	-22,97	-1	-22,97
-0,0152	-14,63	-0,0137	-19,49	-0,0122	-22,97	-0,0122	-22,97	-0,0122	-22,97
-0,0144	-14,63	-0,0130	-19,49	-0,0115	-22,97	-0,0115	-22,97	-0,0115	-22,97
-0,0112	-55,60	-0,0101	-74,06	-0,0090	-87,25	-0,0090	-87,25	-0,0090	-87,25
-0,0080	-96,56	-0,0072	-128,63	-0,0064	-151,54	-0,0064	-151,54	-0,0064	-151,54
-0,0048	-137,51	-0,0043	-183,20	-0,0038	-215,80	-0,0038	-215,80	-0,0038	-215,80
-0,0044	-143,51	-0,0040	-191,17	-0,0035	-225,22	-0,0035	-225,22	-0,0035	-225,22
-0,0040	-146,33	-0,0036	-194,93	-0,0032	-229,64	-0,0032	-229,64	-0,0032	-229,64
-0,0036	-146,93	-0,0032	-195,73	-0,0029	-230,59	-0,0029	-230,59	-0,0029	-230,59
-0,0032	-146,33	-0,0029	-194,93	-0,0026	-229,64	-0,0026	-229,64	-0,0026	-229,64
-0,0028	-143,51	-0,0025	-191,17	-0,0022	-225,22	-0,0022	-225,22	-0,0022	-225,22
-0,0024	-137,51	-0,0022	-183,18	-0,0019	-215,80	-0,0019	-215,80	-0,0019	-215,80
-0,0020	-127,58	-0,0018	-169,96	-0,0016	-200,22	-0,0016	-200,22	-0,0016	-200,22
-0,0016	-113,13	-0,0014	-150,70	-0,0013	-177,54	-0,0013	-177,54	-0,0013	-177,54
-0,0012	-93,61	-0,0011	-124,70	-0,0010	-146,91	-0,0010	-146,91	-0,0010	-146,91
-0,0008	-68,54	-0,0007	-91,31	-0,0006	-107,57	-0,0006	-107,57	-0,0006	-107,57
-0,0004	-37,48	-0,0004	-49,92	-0,0003	-58,81	-0,0003	-58,81	-0,0003	-58,81

Tablo D.12. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,50$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	62608	k=	62608	k=	62608	k=	62608	k=	62608
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-22,97	-1	-22,97	-1	-22,97	-1	-22,97	-1	-22,97
-0,0122	-22,97	-0,0122	-22,97	-0,0122	-22,97	-0,0122	-22,97	-0,0122	-22,97
-0,0115	-22,97	-0,0115	-22,97	-0,0115	-22,97	-0,0115	-22,97	-0,0115	-22,97
-0,0090	-87,25	-0,0090	-87,25	-0,0090	-87,25	-0,0090	-87,25	-0,0090	-87,25
-0,0064	-151,54	-0,0064	-151,54	-0,0064	-151,54	-0,0064	-151,54	-0,0064	-151,54
-0,0038	-215,80	-0,0038	-215,80	-0,0038	-215,80	-0,0038	-215,80	-0,0038	-215,80
-0,0035	-225,22	-0,0035	-225,22	-0,0035	-225,22	-0,0035	-225,22	-0,0035	-225,22
-0,0032	-229,64	-0,0032	-229,64	-0,0032	-229,64	-0,0032	-229,64	-0,0032	-229,64
-0,0029	-230,59	-0,0029	-230,59	-0,0029	-230,59	-0,0029	-230,59	-0,0029	-230,59
-0,0026	-229,64	-0,0026	-229,64	-0,0026	-229,64	-0,0026	-229,64	-0,0026	-229,64
-0,0022	-225,22	-0,0022	-225,22	-0,0022	-225,22	-0,0022	-225,22	-0,0022	-225,22
-0,0019	-215,80	-0,0019	-215,80	-0,0019	-215,80	-0,0019	-215,80	-0,0019	-215,80
-0,0016	-200,22	-0,0016	-200,22	-0,0016	-200,22	-0,0016	-200,22	-0,0016	-200,22
-0,0013	-177,54	-0,0013	-177,54	-0,0013	-177,54	-0,0013	-177,54	-0,0013	-177,54
-0,0010	-146,91	-0,0010	-146,91	-0,0010	-146,91	-0,0010	-146,91	-0,0010	-146,91
-0,0006	-107,57	-0,0006	-107,57	-0,0006	-107,57	-0,0006	-107,57	-0,0006	-107,57
-0,0003	-58,81	-0,0003	-58,81	-0,0003	-58,81	-0,0003	-58,81	-0,0003	-58,81

Tablo D.13. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,40$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	8285	k=	12343	k=	12424	k=	16264	k=	21991
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-8,02	-1	-6,79	-1	-6,84	-1	-8,20	-1	-10,08
-0,0161	-8,02	-0,0182	-6,79	-0,0182	-6,84	-0,0167	-8,20	-0,0152	-10,08
-0,0152	-8,02	-0,0173	-6,79	-0,0173	-6,84	-0,0158	-8,20	-0,0144	-10,08
-0,0118	-17,93	-0,0134	-25,80	-0,0134	-25,97	-0,0123	-31,17	-0,0112	-38,31
-0,0085	-27,84	-0,0096	-44,82	-0,0096	-45,11	-0,0088	-54,13	-0,0080	-66,54
-0,0051	-37,75	-0,0058	-63,82	-0,0058	-64,24	-0,0053	-77,10	-0,0048	-94,75
-0,0047	-39,40	-0,0053	-66,61	-0,0053	-67,04	-0,0048	-80,45	-0,0044	-98,89
-0,0042	-40,17	-0,0048	-67,91	-0,0048	-68,36	-0,0044	-82,03	-0,0040	-100,83
-0,0038	-40,34	-0,0043	-68,19	-0,0043	-68,64	-0,0040	-82,37	-0,0036	-101,24
-0,0034	-40,17	-0,0038	-67,91	-0,0038	-68,36	-0,0035	-82,03	-0,0032	-100,83
-0,0030	-39,40	-0,0034	-66,61	-0,0034	-67,04	-0,0031	-80,45	-0,0028	-98,89
-0,0025	-37,75	-0,0029	-63,82	-0,0029	-64,24	-0,0026	-77,08	-0,0024	-94,75
-0,0021	-35,03	-0,0024	-59,21	-0,0024	-59,60	-0,0022	-71,52	-0,0020	-87,91
-0,0017	-31,06	-0,0019	-52,51	-0,0019	-52,85	-0,0018	-63,42	-0,0016	-77,95
-0,0013	-25,70	-0,0014	-43,45	-0,0014	-43,73	-0,0013	-52,48	-0,0012	-64,50
-0,0008	-18,60	-0,0010	-31,81	-0,0010	-32,02	-0,0009	-38,42	-0,0008	-47,23
-0,0004	-9,30	-0,0005	-17,39	-0,0005	-17,51	-0,0004	-21,01	-0,0004	-25,82

Tablo D.14. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,40$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	25532	k=	37791	k=	50086	k=	50086	k=	50086
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-11,71	-1	-15,60	-1	-18,37	-1	-18,37	-1	-18,37
-0,0152	-11,71	-0,0137	-15,60	-0,0122	-18,37	-0,0122	-18,37	-0,0122	-18,37
-0,0144	-11,71	-0,0130	-15,60	-0,0115	-18,37	-0,0115	-18,37	-0,0115	-18,37
-0,0112	-44,48	-0,0101	-59,25	-0,0090	-69,80	-0,0090	-69,80	-0,0090	-69,80
-0,0080	-77,25	-0,0072	-102,91	-0,0064	-121,23	-0,0064	-121,23	-0,0064	-121,23
-0,0048	-110,01	-0,0043	-146,56	-0,0038	-172,64	-0,0038	-172,64	-0,0038	-172,64
-0,0044	-114,81	-0,0040	-152,94	-0,0035	-180,18	-0,0035	-180,18	-0,0035	-180,18
-0,0040	-117,06	-0,0036	-155,94	-0,0032	-183,71	-0,0032	-183,71	-0,0032	-183,71
-0,0036	-117,55	-0,0032	-156,59	-0,0029	-184,47	-0,0029	-184,47	-0,0029	-184,47
-0,0032	-117,06	-0,0029	-155,94	-0,0026	-183,71	-0,0026	-183,71	-0,0026	-183,71
-0,0028	-114,81	-0,0025	-152,94	-0,0022	-180,18	-0,0022	-180,18	-0,0022	-180,18
-0,0024	-110,01	-0,0022	-146,54	-0,0019	-172,64	-0,0019	-172,64	-0,0019	-172,64
-0,0020	-102,07	-0,0018	-135,96	-0,0016	-160,18	-0,0016	-160,18	-0,0016	-160,18
-0,0016	-90,50	-0,0014	-120,56	-0,0013	-142,03	-0,0013	-142,03	-0,0013	-142,03
-0,0012	-74,89	-0,0011	-99,76	-0,0010	-117,53	-0,0010	-117,53	-0,0010	-117,53
-0,0008	-54,83	-0,0007	-73,05	-0,0006	-86,05	-0,0006	-86,05	-0,0006	-86,05
-0,0004	-29,98	-0,0004	-39,94	-0,0003	-47,05	-0,0003	-47,05	-0,0003	-47,05

Tablo D.15. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,40$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	50086	k=	50086	k=	50086	k=	50086	k=	50086
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-18,37	-1	-18,37	-1	-18,37	-1	-18,37	-1	-18,37
-0,0122	-18,37	-0,0122	-18,37	-0,0122	-18,37	-0,0122	-18,37	-0,0122	-18,37
-0,0115	-18,37	-0,0115	-18,37	-0,0115	-18,37	-0,0115	-18,37	-0,0115	-18,37
-0,0090	-69,80	-0,0090	-69,80	-0,0090	-69,80	-0,0090	-69,80	-0,0090	-69,80
-0,0064	-121,23	-0,0064	-121,23	-0,0064	-121,23	-0,0064	-121,23	-0,0064	-121,23
-0,0038	-172,64	-0,0038	-172,64	-0,0038	-172,64	-0,0038	-172,64	-0,0038	-172,64
-0,0035	-180,18	-0,0035	-180,18	-0,0035	-180,18	-0,0035	-180,18	-0,0035	-180,18
-0,0032	-183,71	-0,0032	-183,71	-0,0032	-183,71	-0,0032	-183,71	-0,0032	-183,71
-0,0029	-184,47	-0,0029	-184,47	-0,0029	-184,47	-0,0029	-184,47	-0,0029	-184,47
-0,0026	-183,71	-0,0026	-183,71	-0,0026	-183,71	-0,0026	-183,71	-0,0026	-183,71
-0,0022	-180,18	-0,0022	-180,18	-0,0022	-180,18	-0,0022	-180,18	-0,0022	-180,18
-0,0019	-172,64	-0,0019	-172,64	-0,0019	-172,64	-0,0019	-172,64	-0,0019	-172,64
-0,0016	-160,18	-0,0016	-160,18	-0,0016	-160,18	-0,0016	-160,18	-0,0016	-160,18
-0,0013	-142,03	-0,0013	-142,03	-0,0013	-142,03	-0,0013	-142,03	-0,0013	-142,03
-0,0010	-117,53	-0,0010	-117,53	-0,0010	-117,53	-0,0010	-117,53	-0,0010	-117,53
-0,0006	-86,05	-0,0006	-86,05	-0,0006	-86,05	-0,0006	-86,05	-0,0006	-86,05
-0,0003	-47,05	-0,0003	-47,05	-0,0003	-47,05	-0,0003	-47,05	-0,0003	-47,05

Tablo D.16. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,30$ için P(kN)-y(m) yayları (1-5m)

k=	6213	k=	9257	k=	9318	k=	12198	k=	16493
Derinlik = 1,00 m		Derinlik = 2,00 m		Derinlik = 3,00 m		Derinlik = 4,00 m		Derinlik = 5,00 m	
-1	-6,02	-1	-5,09	-1	-5,13	-1	-6,15	-1	-7,56
-0,0161	-6,02	-0,0182	-5,09	-0,0182	-5,13	-0,0167	-6,15	-0,0152	-7,56
-0,0152	-6,02	-0,0173	-5,09	-0,0173	-5,13	-0,0158	-6,15	-0,0144	-7,56
-0,0118	-13,45	-0,0134	-19,35	-0,0134	-19,48	-0,0123	-23,38	-0,0112	-28,73
-0,0085	-20,88	-0,0096	-33,61	-0,0096	-33,83	-0,0088	-40,60	-0,0080	-49,90
-0,0051	-28,31	-0,0058	-47,86	-0,0058	-48,18	-0,0053	-57,82	-0,0048	-71,06
-0,0047	-29,55	-0,0053	-49,95	-0,0053	-50,28	-0,0048	-60,34	-0,0044	-74,17
-0,0042	-30,13	-0,0048	-50,93	-0,0048	-51,27	-0,0044	-61,52	-0,0040	-75,62
-0,0038	-30,25	-0,0043	-51,15	-0,0043	-51,48	-0,0040	-61,78	-0,0036	-75,93
-0,0034	-30,13	-0,0038	-50,93	-0,0038	-51,27	-0,0035	-61,52	-0,0032	-75,62
-0,0030	-29,55	-0,0034	-49,95	-0,0034	-50,28	-0,0031	-60,34	-0,0028	-74,17
-0,0025	-28,31	-0,0029	-47,86	-0,0029	-48,18	-0,0026	-57,81	-0,0024	-71,06
-0,0021	-26,27	-0,0024	-44,41	-0,0024	-44,70	-0,0022	-53,64	-0,0020	-65,93
-0,0017	-23,29	-0,0019	-39,38	-0,0019	-39,64	-0,0018	-47,56	-0,0016	-58,46
-0,0013	-19,27	-0,0014	-32,59	-0,0014	-32,80	-0,0013	-39,36	-0,0012	-48,38
-0,0008	-13,95	-0,0010	-23,86	-0,0010	-24,02	-0,0009	-28,82	-0,0008	-35,42
-0,0004	-6,98	-0,0005	-13,05	-0,0005	-13,13	-0,0004	-15,76	-0,0004	-19,37

Tablo D.17. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,30$ için P(kN)-y(m) yayları (6-10m)

k=	19149	k=	28343	k=	37565	k=	37565	k=	37565
Derinlik = 6,00 m		Derinlik = 7,00 m		Derinlik = 8,00 m		Derinlik = 9,00 m		Derinlik = 10,00 m	
-1	-8,78	-1	-11,70	-1	-13,78	-1	-13,78	-1	-13,78
-0,0152	-8,78	-0,0137	-11,70	-0,0122	-13,78	-0,0122	-13,78	-0,0122	-13,78
-0,0144	-8,78	-0,0130	-11,70	-0,0115	-13,78	-0,0115	-13,78	-0,0115	-13,78
-0,0112	-33,36	-0,0101	-44,44	-0,0090	-52,35	-0,0090	-52,35	-0,0090	-52,35
-0,0080	-57,94	-0,0072	-77,18	-0,0064	-90,93	-0,0064	-90,93	-0,0064	-90,93
-0,0048	-82,50	-0,0043	-109,92	-0,0038	-129,48	-0,0038	-129,48	-0,0038	-129,48
-0,0044	-86,11	-0,0040	-114,70	-0,0035	-135,13	-0,0035	-135,13	-0,0035	-135,13
-0,0040	-87,80	-0,0036	-116,96	-0,0032	-137,78	-0,0032	-137,78	-0,0032	-137,78
-0,0036	-88,16	-0,0032	-117,44	-0,0029	-138,35	-0,0029	-138,35	-0,0029	-138,35
-0,0032	-87,80	-0,0029	-116,96	-0,0026	-137,78	-0,0026	-137,78	-0,0026	-137,78
-0,0028	-86,11	-0,0025	-114,70	-0,0022	-135,13	-0,0022	-135,13	-0,0022	-135,13
-0,0024	-82,50	-0,0022	-109,91	-0,0019	-129,48	-0,0019	-129,48	-0,0019	-129,48
-0,0020	-76,55	-0,0018	-101,97	-0,0016	-120,13	-0,0016	-120,13	-0,0016	-120,13
-0,0016	-67,88	-0,0014	-90,42	-0,0013	-106,52	-0,0013	-106,52	-0,0013	-106,52
-0,0012	-56,17	-0,0011	-74,82	-0,0010	-88,15	-0,0010	-88,15	-0,0010	-88,15
-0,0008	-41,13	-0,0007	-54,78	-0,0006	-64,54	-0,0006	-64,54	-0,0006	-64,54
-0,0004	-22,49	-0,0004	-29,95	-0,0003	-35,29	-0,0003	-35,29	-0,0003	-35,29

Tablo D.18. Ø65cm'lik kazık $\beta_G=0,30$ için P(kN)-y(m) yayları (11-15m)

k=	37565	k=	37565	k=	37565	k=	37565	k=	37565
Derinlik = 11,00 m		Derinlik = 12,00 m		Derinlik = 13,00 m		Derinlik = 14,00 m		Derinlik = 15,00 m	
-1	-13,78	-1	-13,78	-1	-13,78	-1	-13,78	-1	-13,78
-0,0122	-13,78	-0,0122	-13,78	-0,0122	-13,78	-0,0122	-13,78	-0,0122	-13,78
-0,0115	-13,78	-0,0115	-13,78	-0,0115	-13,78	-0,0115	-13,78	-0,0115	-13,78
-0,0090	-52,35	-0,0090	-52,35	-0,0090	-52,35	-0,0090	-52,35	-0,0090	-52,35
-0,0064	-90,93	-0,0064	-90,93	-0,0064	-90,93	-0,0064	-90,93	-0,0064	-90,93
-0,0038	-129,48	-0,0038	-129,48	-0,0038	-129,48	-0,0038	-129,48	-0,0038	-129,48
-0,0035	-135,13	-0,0035	-135,13	-0,0035	-135,13	-0,0035	-135,13	-0,0035	-135,13
-0,0032	-137,78	-0,0032	-137,78	-0,0032	-137,78	-0,0032	-137,78	-0,0032	-137,78
-0,0029	-138,35	-0,0029	-138,35	-0,0029	-138,35	-0,0029	-138,35	-0,0029	-138,35
-0,0026	-137,78	-0,0026	-137,78	-0,0026	-137,78	-0,0026	-137,78	-0,0026	-137,78
-0,0022	-135,13	-0,0022	-135,13	-0,0022	-135,13	-0,0022	-135,13	-0,0022	-135,13
-0,0019	-129,48	-0,0019	-129,48	-0,0019	-129,48	-0,0019	-129,48	-0,0019	-129,48
-0,0016	-120,13	-0,0016	-120,13	-0,0016	-120,13	-0,0016	-120,13	-0,0016	-120,13
-0,0013	-106,52	-0,0013	-106,52	-0,0013	-106,52	-0,0013	-106,52	-0,0013	-106,52
-0,0010	-88,15	-0,0010	-88,15	-0,0010	-88,15	-0,0010	-88,15	-0,0010	-88,15
-0,0006	-64,54	-0,0006	-64,54	-0,0006	-64,54	-0,0006	-64,54	-0,0006	-64,54
-0,0003	-35,29	-0,0003	-35,29	-0,0003	-35,29	-0,0003	-35,29	-0,0003	-35,29

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Akın M.S., Mutman, U., Deprem Etkisi Altında Yapı-Kazık-Zemin Etkileşimi-Bir Vaka Analizi, *Uluslararası Mühendislik Fen Bilimleri ve Mimarlık Sempozyumu*, Kocaeli, 20 Mayıs 2021.



ÖZGEÇMİŞ

Muhammed Selahaddin AKIN, orta öğrenimini Diyarbakır Atatürk İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimini ise Diyarbakır Rekabet Kurumu Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2013 yılında girdiği İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'dan 2018 yılında İnşaat mühendisi ünvanı ile mezun oldu. 2020 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans öğrenimine, tez çalışmasıyla devam etmektedir.

