



**KARABÜK İL SINIRLARI İÇERİSİNDE İNŞA  
EDİLEN YAPILARDA KARŞILAŞILAN ÖNEMLİ  
GEOTEKNİK SORUNLARIN İRDELENMESİ**

**Mehmet Fatih YAZICI**

**2021  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. İnan KESKİN**

**KARABÜK İL SINIRLARI İÇERİSİNDE İNŞA EDİLEN YAPILARDA  
KARŞILAŞILAN ÖNEMLİ GEOTEKNİK SORUNLARIN İRDELENMESİ**

**Mehmet Fatih YAZICI**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. İnan KESKİN**

**KARABÜK  
Mayıs 2021**

Mehmet Fatih YAZICI tarafından hazırlanan “KARABÜK İL SINIRLARI İÇERİSİNDE İNŞA EDİLEN YAPILARDA KARŞILAŞILAN ÖNEMLİ GEOTEKNİK SORUNLARIN İRDELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. İnan KESKİN

.....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 26/05/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Ali ATEŞ (BAİBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. İnan KESKİN (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim YUMRUTAŞ (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Mehmet Fatih YAZICI

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **KARABÜK İL SINIRLARI İÇERİSİNDE İNŞA EDİLEN YAPILARDA KARŞILAŞILAN ÖNEMLİ GEOTEKNİK SORUNLARIN İRDELENMESİ**

**Mehmet Fatih YAZICI**

**Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. İnan KESKİN**

**Mayıs 2021, 129 sayfa**

Günümüzde yapılaşma ihtiyacının artmasıyla deprem etkilerinin, yapı-temel ve yapı-çevre etkileşimlerinin önemi artmakta dolayısıyla da Zemin ve Temel Etüt Raporu'nun önemi gün geçtikçe daha da artmaktadır. Bu raporlardaki değerlendirmeye altlık oluşturan bilgiler ve teknik değerlendirmelerin, planlanan yapının tasarımından maliyet ve emniyetine kadar ki birçok usundaki etkisi göz ardı edilemeyecek bir önemdedir. Bu sebeple raporların teknik değerlendirmesi yanında altlık oluşturan parametrelerin kalitesi ve güvenilirliği oldukça önemlidir. Ancak genel bir değerlendirme ile “Zemin ve Temel Etüdü Veri Raporu” ve “Zemin ve Temel Etüdü Geoteknik Raporu” incelemelerine ve analizlerine gereken özenin verilmediğini söylemek mümkündür. Bu çalışmada, Karabük ili özelinde seçilen bazı geoteknik projeler, arazi araştırmaları, laboratuvar çalışmaları, geoteknik hesaplar ve geoteknik öneriler bağlamında irdelenerek yaygın hatalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda konuyla ilgili yönetmelikler ve çeşitli bilimsel kriter göz önünde

bulundurularak her bir rapordaki tanımlanan problemin oluşma nedenleri, geoteknik analizler ve önerilen çözümler tartışmaya açılmıştır. Elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak Karabük ili özelinde hazırlanan geoteknik raporlarda yapılan yaygın hatalar tespit edilerek genel değerlendirmeler yapılmıştır. Ve bulunan hata ve eksikliklerin ortadan kaldırılması için tavsiyeler ve çözüm yolları sunulmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Geoteknik arazi karakterizasyonu, geoteknik rapor, zemin ve temel etüdü veri raporu, zemin ve temel etüdü geoteknik raporu.

**Bilim Kodu** : 91105

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **INVESTIGATION OF SIGNIFICANT GEOTECHNICAL PROBLEMS ENCOUNTERED IN BUILDINGS CONSTRUCTED IN KARABUK PROVINCIAL BOUNDARIES**

**Mehmet Fatih YAZICI**

**Karabük University  
Institute of Graduate Programs  
Department of Civil Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Assoc. Prof. Dr. İnan KESKİN**

**May 2021, 129 pages**

Today, with the increase in demand for housing, the importance of earthquake effects, structure-foundation and structure-environment interactions is increasing thus the importance of the soil and foundation investigation report is increasing day by day. The effects of the information and technical analysis that form the basis for the evaluation process in these reports, from the design of the planned structure to the cost and safety, are of undeniable importance. Therefore, besides the technical evaluation of the reports, the quality and reliability of the parameters forming the basis are very significant. However, with a general evaluation, it is possible to say that the due care has not been exercised to the investigations and analyses of the "Soil and Foundation Investigation Data Report" and "Soil and Foundation Investigation Geotechnical Report". In this study, some geotechnical projects selected in Karabuk province were investigated in the light of field surveys, laboratory studies, geotechnical calculations

and geotechnical proposals, and common mistakes were tried to be obtained. In this context, the reasons for the rising of the problem defined in each report, geotechnical analysis, and proposed solutions were opened for discussion, considering the relevant regulations and various scientific criteria. Based on the results obtained, common mistakes in geotechnical reports prepared specifically for Karabük province were determined and general evaluations were carried out and some recommendations and solutions were offered to prevent the mistakes or deficiencies.

**Key Words** : Geotechnical characterization, geotechnical report, soil and foundation study data report, soil and foundation investigation geotechnical report.

**Science Code** : 91105



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Doç. Dr. İnan KESKİN'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme, eőim Ecem YAZICI'ya manevi hiçbir yardımını esirgemedен yanımda oldukları ve bu tez için veri toplama ve işlemede yardımlarından dolayı Karabük Belediyesinde görevli Jeoloji Mühendisi Mustafa SÖNMEZ'e ve meslektaşım Semih APUL'a tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xviii
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. KARABÜK İLİ DEPREMSELLİĞİ VE YEREL ZEMİN KOŞULLARI.. 3	
1.1.1. Karabük İlinin Depremselliği .....	3
1.1.2. Karabük İlinin Poisson Olasılık Dağılımı ile Deprem Risk Analizi .....	6
1.1.3. Karabük İli Yerel Zemin Koşulları.....	6
BÖLÜM 2 .....	9
ZEMİN VE TEMEL ETÜD RAPORU VE GEOTEKNİK PROJELERİN GENEL KAPSAMI, DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR.....	9
2.1. ZEMİN ETÜD RAPORU TANIMI VE İÇERİĞİ.....	9
2.2. ZEMİN ETÜT RAPORU KATEGORİLERİ.....	10
2.3. GEOTEKNİK RAPOR İÇİN ETÜD KAPSAMLARI.....	10
2.3.1. Etüt Kapsamındaki Sondajlar .....	11
2.3.2. Etüt Kapsamındaki Jeofizik Araştırmalar.....	11
2.3.2.1. Elektrik Yöntemler.....	12
2.3.2.2. Mikrotremör Ölçümü .....	12
2.3.2.3. SPAC Yöntemi.....	12
2.3.2.4. Sismik Kırılma Ölçümü .....	12
2.3.2.5. Sismik Yansıma Yöntemi .....	13

## **Sayfa**

2.3.2.6. Aktif (MASW) ve Pasif (REMİ) Kaynaklı Yüzey Dalgası Analizi	13
2.3.2.7. Yer Radarı (GPR) Yöntemi .....	13
2.3.2.8. Kuyu Logu ve Kuyu İçi Sismik Ölçümü .....	14
2.3.3. Etüt Kapsamındaki Arazi Deneyleri.....	14
2.3.3.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT).....	14
2.3.3.2. Sondalar .....	15
2.3.4. Etüt Kapsamındaki Laboratuvar Deneyleri .....	17
2.3.4.1. Elek Analizi ve Hidrometre Analizi .....	17
2.3.4.2. Kıvam Limitleri .....	18
2.3.4.3. Piknometre Deneyi.....	18
2.3.4.4. Kompaksiyon Deneyi.....	18
2.3.4.5. Serbest Basınç Deneyi .....	18
2.3.4.6. Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) Deneyi.....	19
2.3.4.7. Kesme Kutusu Deneyi .....	19
2.3.4.8. Serbest Şişme Deneyi .....	19
2.3.4.9. Permeabilite (Geçirimsizlik) Deneyi.....	19
2.3.4.10. Konsolidasyon Deneyi.....	20
2.3.4.11. Üç Eksenli Basınç Deneyi .....	20
2.4. GEOTEKNİK RAPOR VE PROJE HAZIRLAMA ESASLARI .....	20
2.4.1. Ön Çalışmalar .....	21
2.4.2. Geoteknik Rapor Formatı .....	22
2.4.2.1. Giriş.....	22
2.4.2.2. İnşaat Sahası Hakkında Bilgiler.....	23
2.4.2.3. Yapı Hakkında Bilgiler .....	23
2.4.2.4. Mevcut Zemin Araştırmaları.....	23
2.4.2.5. İlave Zemin Araştırmaları.....	23
2.4.2.6. İdealize Zemin Profilleri (Arazi Zemin Modeli) ve Yeraltı Suyu Durumları.....	24
2.4.2.7. Geoteknik Tasarım Parametrelerinin Tespiti .....	24
2.4.2.8. Depremsellik .....	25
2.4.2.9. Yapı Zemin Etkileşiminin İrdelenmesi.....	26
2.4.2.10. İksa Sistemleri- Şev Duraylılık Analizleri ve Değerlendirmesi ...	27

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.4.2.11. Sonuç ve Öneriler .....	28
2.4.2.12. Yararlanılan Kaynaklar .....	29
2.4.2.13. Ekler .....	29
<b>BÖLÜM 3 .....</b>	<b>30</b>
<b>İRDELENEN PROJELERİN DETAYLARI VE GEOTEKNİK ÇÖZÜMLER İLE DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>30</b>
3.1. VAKA 1 .....	30
3.1.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler .....	30
3.1.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi .....	31
3.1.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme .....	34
3.2. VAKA 2 .....	39
3.2.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler .....	39
3.2.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi .....	41
3.2.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme .....	43
3.3. VAKA 3 .....	47
3.3.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler .....	47
3.3.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi .....	50
3.3.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme .....	51
3.4. VAKA 4 .....	56
3.4.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler .....	56
3.4.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi .....	58
3.4.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme .....	60
3.5. VAKA 5 .....	63
3.5.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler .....	63
3.5.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi .....	65
3.5.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme .....	68
3.6. VAKA 6 .....	70
3.6.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler .....	70
3.6.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi .....	72
3.6.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme .....	74
3.7. VAKA 7 .....	77

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.7.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler .....	77
3.7.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi .....	79
3.7.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme .....	80
3.8. VAKA 8 .....	84
3.8.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler .....	84
3.8.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi .....	89
3.8.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme .....	92
3.9. VAKA 9 .....	95
3.9.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler .....	95
3.9.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi .....	96
3.9.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme .....	98
3.10. VAKA 10 .....	101
3.10.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler .....	101
3.10.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi .....	102
3.10.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme .....	104
3.11. VAKA 11 .....	108
3.11.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler .....	108
3.11.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi .....	110
3.11.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme .....	112
3.12. VAKA 12 .....	115
3.12.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler .....	115
3.12.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi .....	117
3.12.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme .....	119
BÖLÜM 4 .....	123
SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR .....	123
KAYNAKLAR .....	128
ÖZGEÇMİŞ .....	129

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1. Türkiye Diri Fay Haritası. Maden Tetk. Arama Genel Müdürlüğü, Ankara. .....	4
Şekil 1.2. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018).....	5
Şekil 1.3. Karabük İli Deprem Tehlike Haritası (Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018)). .....	6
Şekil 2.1 Örnek zemin profili.....	24
Şekil 3.1 Proje alanı profil görünümü ve sondaj lokasyonları.....	31
Şekil 3.2. Proje alanı uydu görünümü ve sondaj lokasyonları.....	32
Şekil 3.3. Nihai kazı kotu statik durumda oluşan yatay deplasmanlar.....	33
Şekil 3.4. Analiz sonrası statik ve dinamik durum güvenlik katsayılarıÇ .....	33
Şekil 3.5. Rapor ve arazi arasındaki modelleme farklılığı. a) gerçek durum, b) analizdeki durum. ....	35
Şekil 3.6. Forekazık özellikleri yazılım ekranı. ....	36
Şekil 3.7. Analizler arasındaki farklılıklar (Toplam deplasmanlar) (a. Tez çalışması kapsamında yapılan analiz b. Rapor kapsamında belirtilen analiz). .....	37
Şekil 3.8. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.....	38
Şekil 3.9. Proje alanı profil görünümü ve sondaj lokasyonları.....	40
Şekil 3.10. Proje alanı plan görünümü ve sondaj lokasyonları.....	41
Şekil 3.11. Vaka 2 uygulama projesi analiz sonuçları. ....	42
Şekil 3.12. Rapor ve arazi arasındaki modelleme karşılaştırması. a) gerçek durum, b) söz konusu rapordaki geoteknik model.....	44
Şekil 3.13. Analiz sonrası sonuçları. a) toplam yer değiştirme, b) kesme kuvvetleri, c) ksenel kuvvetler, d) moment değerleri. ....	46
Şekil 3.14. Proje alanı profil görünümü ve sondaj noktaları.....	47
Şekil 3.15. Zemin profilleri. a) 1-1 kesiti, b) 2-2 kesiti. ....	48
Şekil 3.16. Kazıklı zemin profili, kazık yerleşim planı, analiz sonuçları yazılım ekran görüntüleri. a) A blok, b) B blok, c) blok, d) D blok, e) E blok.....	55
Şekil 3.17. Parsel proje alanı ve sondaj kuyularının konumu.....	57
Şekil 3.18. Geoteknik ön tasarım arazi profili. ....	58
Şekil 3.19. Analiz programında yapılan veri giriş ekranı. ....	59

Şekil 3.20. Vaka 4 geoteknik rapor analiz sonuçları.....	60
Şekil 3.21. Ön tasarım arazi kesiti ve Plaxis modelleme ekranı. ....	61
Şekil 3.22. Plaxis yazılımı forekazık veri giriş ekranı. ....	61
Şekil 3.23. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.....	62
Şekil 3.24. Proje alanı sondaj planı görünümü. ....	64
Şekil 3.25. Vaka 5 zemin profili. ....	64
Şekil 3.26. Proje alanı plan görünümü ve iksa sistemlerinin yeri.....	66
Şekil 3.27. Kritik kesit ve kazık analiz sonuçları.....	67
Şekil 3.28. Geoteknik raporda verilen arazi kesiti ve analiz sonuçları. ....	67
Şekil 3.29. Vaka 5 Plaxis modelleme ekranı.....	68
Şekil 3.30. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.....	69
Şekil 3.31. Zemin etüdü yapılan sondaj noktalarını gösteren vaziyet planı. ....	71
Şekil 3.32. Zemin Profili.....	71
Şekil 3.33. Proje alanı plan görünümü ve iksa sistemlerinin yeri.....	73
Şekil 3.34. Yol cephesi Doğu Batı kesiti iksa destek sistemi görünüşü. ....	73
Şekil 3.35. Vaka 6 analiz sonucu kesit tesirleri. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık eğilme momentleri, c) kazık kesme kuvvetleri.....	74
Şekil 3.36. Vaka 6 Plaxis modelleme ekranı.....	75
Şekil 3.37. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık eksenel kuvvetleri, c) kazık maksimum yer değiştirmeleri, d) kazık kesme kuvvetleri, e) kazık eğilme momentleri. ....	76
Şekil 3.38. Araziye ait oluşturulmuş zemin profili. ....	78
Şekil 3.39. Arazi konumu ve iksa yerleşimini gösterir uydu görüntüsü. ....	79
Şekil 3.40. Geoteknik raporda verilen kesit tesirleri. a) kesme kuvveti, b) eğilme momenti.....	80
Şekil 3.41. Plankoteye göre hazırlanan zemin profili. ....	81
Şekil 3.42. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazıkkesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.....	82
Şekil 3.43. Mevcut arazi plankotesine göre oluşturulan model. ....	83
Şekil 3.44. Analiz 2 toplam yer değiştirme ekranı.....	83
Şekil 3.45. Çalışma alanı uydu görüntüsü ve sondaj lokasyonları.....	85

## Sayfa

Şekil 3.46. İlk yapılan sondajlara göre çıkarılan zemin profili.....	86
Şekil 3.47. Ek yapılan sondajlara göre çıkarılan zemin profilleri.....	87
Şekil 3.48. Proje alanı iksa yerleşim planı. ....	89
Şekil 3.49. Vaka 8 geoteknik zemin profili.....	90
Şekil 3.50. Vaka 8 geoteknik rapor analiz sonuç ekranı.....	90
Şekil 3.51. Araziye uygulanacak iksa sistemi kesiti. ....	91
Şekil 3.52. a) Sahaya ait zemin etüd raporu deney sonuçları, b) sahaya ait hazırlanan geoteknik raporda kullanılan zemin verileri.....	92
Şekil 3.53. Plaxis yazılımında modellenmiş iksa ve zemin profili. ....	93
Şekil 3.54. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.....	94
Şekil 3.55. Vaka 9 inceleme alanı krokisi.....	95
Şekil 3.56. Yapının yamaç üzerinde konumu ve zemin kesiti (Etüd raporundan alınmıştır). ....	96
Şekil 3.57. Vaka 9 temel altı kazık sistemine ait arazi kesiti.....	98
Şekil 3.58. Vaka 9 Geo5 yazılımı arazi kesiti.....	99
Şekil 3.59. Alternatif model Plaxis yazılımı model ekranı. ....	99
Şekil 3.60. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.....	100
Şekil 3.61. Arazi üzerinde zemin etüd araştırmalarını gösteren uydu görüntüsü. ...	102
Şekil 3.62. Projeye ait forekazık konumlarını gösterir vaziyet planı.....	103
Şekil 3.63. Analiz programı arazi modellemesi ekran görüntüsü. ....	104
Şekil 3.64. Geoteknik rapor analiz sonuçları ve kullanılan parametreler. ....	105
Şekil 3.65. Geoteknik raporda betonarme hesaplara katılan kuvvetler.....	105
Şekil 3.66. Vaka 5 Plaxis modelleme ekranı.....	106
Şekil 3.67. Plaxis yazılımı analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.....	107
Şekil 3.68. a) çalışma alanı ve b) zemin profili.....	109
Şekil 3.69. a) forekazık iksa yerleşim planı, b) iksa arazi kesiti.....	110
Şekil 3.70. Analiz programı ekran görüntüsü. ....	111
Şekil 3.71. Kesit tesirleri. a) maksimum kazık kesme kuvveti, b) maksimum kazık eğilme momenti, c) kazık eksenel kuvveti. ....	112
Şekil 3.72. Vaka 11 alternatif tasarım arazi kesiti. ....	113



## **Sayfa**

Şekil 3.73. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) maksimum kazık kesme kuvveti, c) maksimum kazık eğilme momenti, d) kazık aksenal kuvveti. ....	114
Şekil 3.74. Arazi üzerinde yapılan jeolojik ve jeofizik çalışmaların konumu. ....	116
Şekil 3.75. Araziye ait oluşturulmuş zemin profili. ....	117
Şekil 3.76. Arazi konumu ve iksa yerleşimini gösterir uydu görüntüsü. ....	118
Şekil 3.77. Analiz sonuçları. a) arazi maksimum yer değiştirme, b) kazık üzerindeki maksimum yer değiştirme, c) kazık maksimum kesme kuvveti, d) kazık maksimum moment değeri. ....	119
Şekil 3.78. Vaka 12 Analiz programı modelleme ekranı. ....	120
Şekil 3.79. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık aksenal kuvvetleri.....	121

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 1.1. Çalışma kapsamında irdelenen geoteknik projeler .....	3
Çizelge 2.1. Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı.....	25
Çizelge 2.2. 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı. ....	25
Çizelge 3.1. Vaka 1 zemin türü ve parametreleri .....	31
Çizelge 3.2. Vaka 2 zemin mühendislik özellikleri.....	41
Çizelge 3.3. Vaka 3 zemin mühendislik özellikleri.....	49
Çizelge 3.4. Vaka 4 zemin mühendislik özellikleri.....	57
Çizelge 3.5. Vaka 5 zemin mühendislik özellikleri.....	65
Çizelge 3.6. Vaka 6 zemin mühendislik özellikleri.....	72
Çizelge 3.7. Vaka 7 zemin mühendislik özellikleri.....	78
Çizelge 3.8. Vaka 8 zemin mühendislik özellikleri.....	88
Çizelge 3.9. Vaka 9 zemin mühendislik özellikleri.....	96
Çizelge 3.10. Taşıma gücü hesabında kullanılan zemin parametreleri.....	97
Çizelge 3.11. Vaka 10 zemin mühendislik özellikleri .....	102
Çizelge 3.12. Vaka 11 zemin mühendislik parametreleri .....	109
Çizelge 3.13. Vaka 12 zemin mühendislik özellikleri .....	116

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

- PGA : En büyük yer ivmesi (g)  
K<sub>o</sub> : Zemin yatak katsayısı  
A<sub>o</sub> : Deprem bölge katsayısı  
R : Deprem davranış katsayısı

### KISALTMALAR

- ASTM : American Society for Testing and Materials (Amerika Deneme ve Malzeme Topluluğu)  
Eurocode : Avrupa Yapısal Tasarım Yönetmeliği/Standardı  
ISO : International Organization of Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilatı)  
BSI : British Standards Institution (Birleşik Krallık Ulusal Standartlar Kurumu)  
DIN : Deutsches Institut für Normung (Alman Standartlar Enstitüsü)  
TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği  
BYS : Bina Yükseklik Sınıfı  
SPT : Standart Penetrasyon Testi  
UD : Örselenmemiş Örnek

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Yapılacak olan herhangi bir mühendislik yapısının tasarımını etkileyecek hesapların sonuçlarının doğruluğu, yapılması planlanan bu mühendislik yapısının sağlığı ve görevini yerine getirebilmesi açısından önemli bir unsurdur. Bu hesapların doğruluğunu sağlayabilmesi için zeminin davranışı, yapısı ve mekaniği büyük önem taşımaktadır. Zemin mühendislik özellikleri, literatürde belirlenen hesap yöntemleri ile hesaplanarak teknik olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilen sonuçlar ve mühendislik analizleri ile planlanan mühendislik yapısının tasarımı yapılmalıdır. Mühendislik yapısının, olası bütün olumsuz etkilere karşı güvenliğini sağlamak amacıyla geoteknik hesapların doğru ve güncel veriler ışığında yapılması güvenli yapı tasarımı açısından oldukça önemlidir. Tasarımı yapılan mühendislik yapısının temel zemininin, geoteknik açıdan profesyonel şekilde irdelenmemesi bazen de literatüre uygun hesapların yapılmaması nedeniyle birçok projede oturma, toptan göçme, sıvılaşma gibi olayların gözlenmesine neden olmaktadır. Geoteknik rapor ya da projelerin, mesleki bilgi ve yeterliliklere haiz ve konu ile ilgili literatüre hâkim kişiler tarafından onaylanması en az raporları oluşturan kişilerin mesleki tecrübeleri kadar önemli olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Sürecin belirlenen kurallar ve geoteknik etik çerçevesinde işlemesi yapılan çalışmaların en az hata ile tamamlanmasını sağlayacaktır.

Türkiye Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarından oluşan Dünya Adası olarak isimlendirilen kara parçalarının arasında bağlayıcı konumda bulunan bir ülkedir. Ülkemizde çok farklı zemin tipleri ve çok farklı yükselti eğrileri bulunmaktadır. Bu bağlamda konumu itibarıyla farklı ve tehlikeli fay zonları üzerinde bulunan ülkemiz içerisinde yapılması planlanan tüm yapıların, geoteknik açıdan iyi irdelenmesi gerekmektedir. Geoteknik açıdan iyi irdelenmeyen projelerin yapım maliyeti kimi

zaman az olsa bile sonrasında karşılaşılan problemlerin ortadan kaldırılması için çok yüksek bütçeler gerekmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin batı Karadeniz bölgesinde bulunan Karabük ilinde inşa edilen bazı mühendislik projelerinin geoteknik raporlar derlenerek, Karabük iline özel yaygın olarak karşılaşılan geoteknik problemler tespit edilecektir. Bunun yanı sıra çalışma kapsamında irdelenen projelerden yola çıkılarak geoteknik raporlarda yapılan yaygın hata-eksiklikler derlenecektir. Son olarak da raporlarda tespit edilen sorunlar için önerilen çözümler tartışılarak, teknik olarak yeniden değerlendirip uygulanan çözüm önerisi geoteknik açıdan tartışılacaktır. Bu tez çalışması ile Karabük ilinde oluşan geoteknik sorunların sebeplerinin değerlendirilmesi, bu sorunların çözümü için yapılan uygulamalar ve yapılan uygulamaların irdelenmesi ile yeniden analiz edilmesi sonucunda tartışmalar yapılmış olacaktır.

Karabük ili genel olarak iki yakın konum arasında yükselti farklarının fazla olduğu tipik bir Karadeniz bölgesi ilidir. Bu sebepten şev problemleri ile (Kazı-İksa göçmesi) fazla karşılaşılmaktadır. Oturma, şişme ve sıvılaşma problemleri ile ise Karabük ilinde fazla karşılaşılmamaktadır. Bu nedenle envanteri yapılan çalışmaların geneli şev problemleri ile ilgilidir. Ancak, Karabük ili imarsal olarak kat adeti genellikle en çok 5 kat olarak belirlenmesine rağmen kimi mühendislik yapıları daha yüksek kat sayısına çıkmakta, bu bağlamda da irdelenen projeler arasında zeminlerde taşıma gücü problemleri yaşanmaması için zemin iyileştirme yöntemlerinin uygulandığı projeler de bulunmaktadır. Çalışma kapsamında belirtilen bu amaç ve bilgiler doğrultusunda seçilen 12 adet proje irdelenmiş olup problem temelli sınıflandırma yapılarak Çizelge 1.1'de sunulmuştur. Çizelgeden de görüldüğü gibi irdelenen çalışmaların çoğunluğu "Fore Kazıklı Kalıcı İksa Yapısı" kapsamında oluşturulan raporlar olmakla birlikte "Zemin iyileştirme, Temel altı kazık" ve "Geçici inşaat kazısı için iksa yapısı" türünde raporlar da mevcuttur. İrdelenen projelerin iki genel özelliği vardır. Bunlardan ilki; şev ve yamaç stabilitesini sağlamak amacıyla uygun kazı ve destek sistemlerinin belirlenmesi şeklindedir. İkincisi ise; yapılacak olan mühendislik yapısının temel seviyesinde uygun taşıyıcı özellikte zemin koşullarının sağlanmamasından kaynaklı uygun iyileştirme yönteminin bulunması ve projelendirilmesidir.

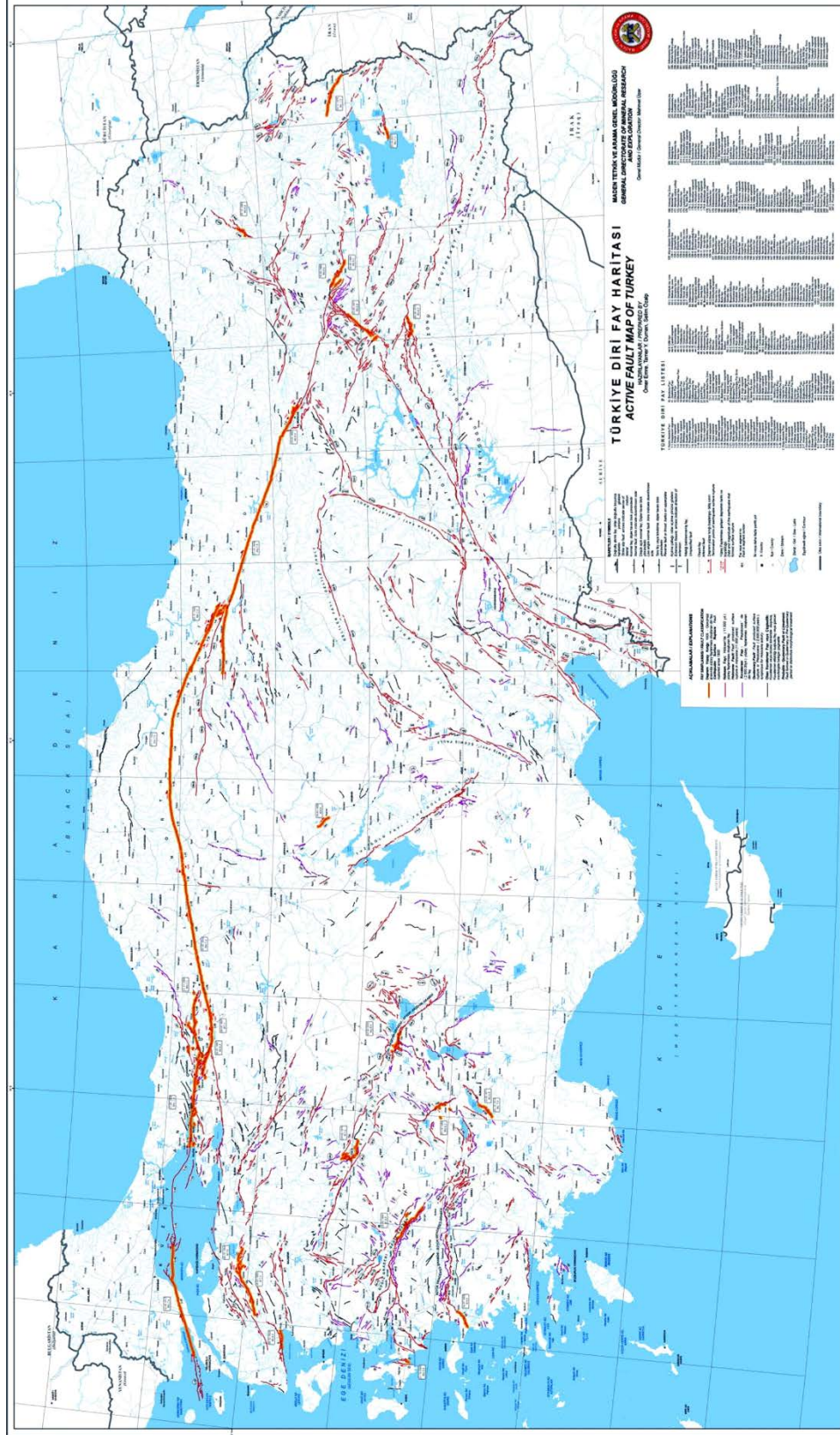
Çizelge 1.1. Çalışma kapsamında irdelenen geoteknik projeler.

Vaka	Konumu	Geoteknik proje özelliği
1	Merkez ilçe	Fore Kazıklı Kalıcı İksa Yapısı
2	Merkez ilçe	Fore Kazıklı Kalıcı İksa Yapısı
3	Merkez ilçe	Zemin iyileştirme, Temel altı kazık
4	Merkez ilçe	Fore Kazıklı Kalıcı İksa Yapısı
5	Merkez ilçe	Geçici inşaat kazısı için iksa yapısı
6	Merkez ilçe	Fore Kazıklı Kalıcı İksa Yapısı
7	Merkez ilçe	Fore Kazıklı Kalıcı İksa Yapısı
8	Merkez ilçe	Fore Kazıklı Kalıcı İksa Yapısı
9	Merkez ilçe	Zemin iyileştirme, Temel altı kazık
10	Merkez ilçe	Fore Kazıklı Kalıcı İksa Yapısı
11	Merkez ilçe	Fore Kazıklı Kalıcı İksa Yapısı
12	Merkez ilçe	Fore Kazıklı Kalıcı İksa Yapısı

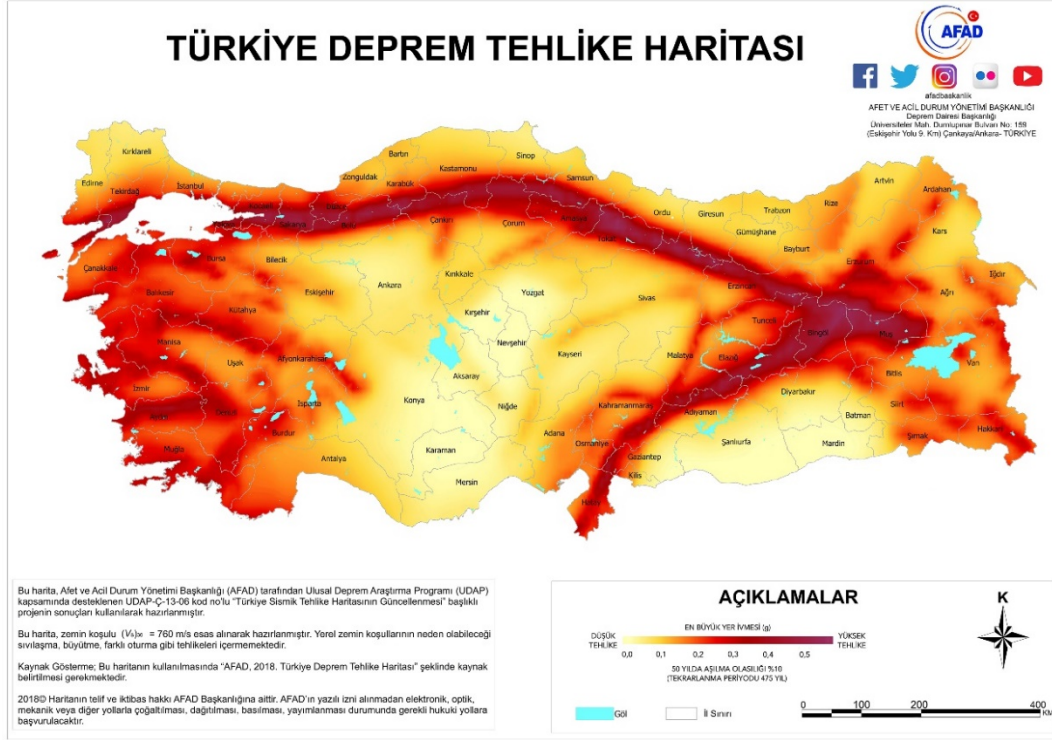
## 1.1. KARABÜK İLİ DEPREMSELLİĞİ VE YEREL ZEMİN KOŞULLARI

### 1.1.1. Karabük İlinin Depremselliği

Türkiye’de fay hatlarının dağılışı Arap plakası tarafından kuzeye doğru itilerek, Doğu Anadolu’da sıkıştırılan Anadolu plakasının batıya hareket etmesinin sonucu, fay hatları oluşmuştur (Atalay, 1987). Oluşan 3 fay hattı; Doğu Anadolu fay hattı, Batı Anadolu fay hattı ve Kuzey Anadolu fay hattıdır. Türkiye diri fay hatları haritası Şekil 1.1’ de verilmiştir. 2018 yılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından yayınlanan Türkiye Deprem Tehlike Haritası Şekil 1.2’de gösterilmiştir. Karabük ili Batı Karadeniz Bölgesinde bulunmaktadır.



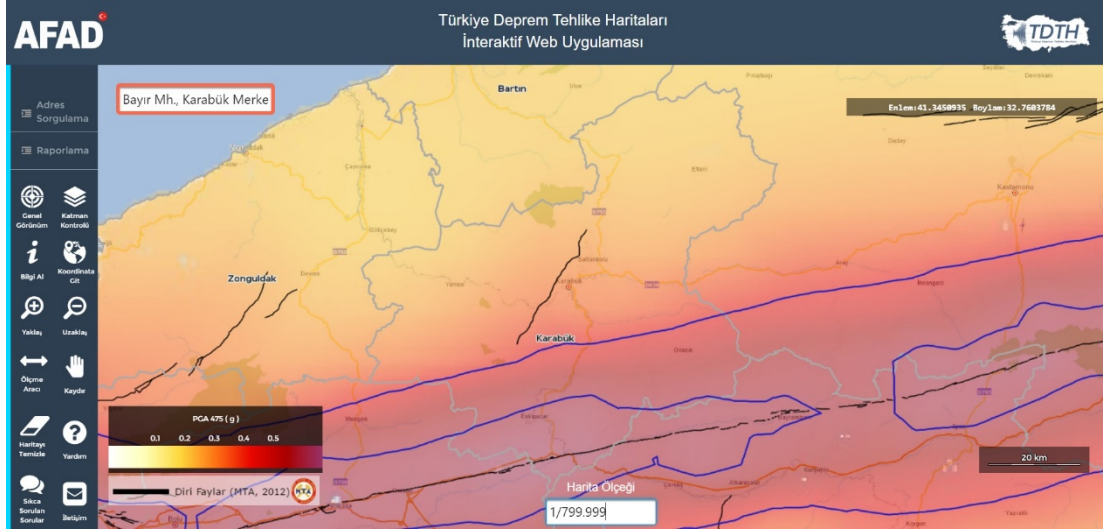
Şekil 1.1. Türkiye Diri Fay Haritası. Maden Tetk. Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.



Şekil 1.2. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018).

Batı Karadeniz Bölgesi Kuzey Anadolu fay hattının üzerindedir. Fay hattının bu bölümü Bolu ili Gerede ilçesinden başlayıp Karabük ili Eskipazar ilçesi ile Kastamonu ili Tosya ilçesi arasından geçmektedir. Şekil 1.3'te Karabük ilinin deprem tehlike haritası gösterilmektedir. Bu haritaya göre Karabük ilinin güney ucu Enlem: 40.83636, Boylam: 32.583545 üzerinde PGA: 0.724g iken kuzey ucu Enlem: 41.584494, Boylam: 32.973213 üzerinde PGA: 0.216g değerindedir. Buradan da anlaşıldığı üzere Karabük ilinin güneyinden kuzeyine doğru gidildikçe yer ivmesi azalmaktadır. Yapılacak olan tüm statik tahkiklerde 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamındaki PGA değeri <https://tdth.afad.gov.tr> sitesinden yapının konumuna ve zemin özelliklerine bağlı olarak alınmakta ve bu değer kullanılmaktadır.





Şekil 1.3. Karabük İli Deprem Tehlike Haritası (Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018)).

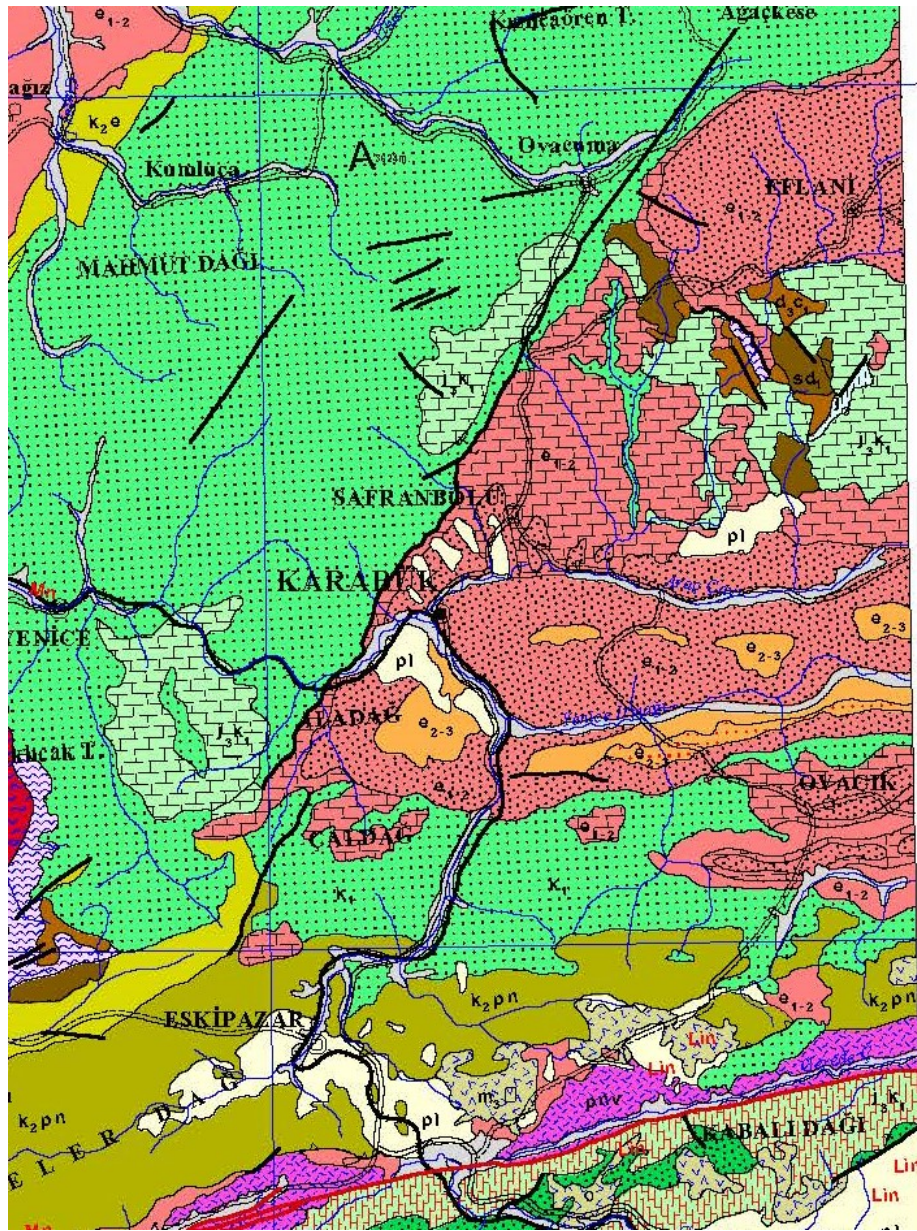
### 1.1.2. Karabük İlinin Poisson Olasılık Dağılımı ile Deprem Risk Analizi

Poisson modeli ile herhangi bir büyüklükteki depremin kaç yılda bir olacağı saptanabilmektedir. Bu değerlendirmeler yapıların tasarımında göz önünde bulundurulması gereken önemli kriterlerdendir. (Ersöz, Ersöz, Kıvrak, & Kardeş, 2016) çalışmalarında Karabük ilinin poisson olasılık dağılımı ile deprem dönüş periyotlarını saptamışlardır. Bu çalışmadan elde edilen sonuca göre büyüklüğü 7 olan bir depremin 10 yıl içinde oluşma olasılığı %19,5'tür. Bu da gösteriyor ki normal bir yapı ömrünü 50 yıl olarak düşünürsek bu büyüklükteki bir depremin yapıyı etkileme olasılığı %66,3'tür. Ve bu depremin dönüş periyodu 46 yıl olarak hesaplanmıştır. 1944 yılında 7,5 büyüklüğünde Gerede'de meydana gelen depremin dönüş periyodu yapılan çalışmaya göre 92 yıldır. Buradan hareketle Karabük ilinde yapılacak yapılar bu büyüklükteki depremler ve sismik risk analizleri göz önünde bulundurularak projelendirilmelidir.



### 1.1.3. Karabük İli Yerel Zemin Koşulları

Karabük ili Safranbolu ve çevre ilçelerinde çoğunlukla Tersiyer yaşlı kayalar gözükmektedir. Güney batıda bulunan Bolu ilinden başlayıp kuzey doğuda Kastamonu iline kadar uzanan Eosen ve sonrası yaşlı kayaların hâkim olduğu bölge Karabük-

Safranbolu Tersiyer havzası olarak adlandırılmıştır (Koçyiğit, 1987) (Şekil 1.4). Bu bölge jeolojik zaman içerisinde maruz kaldığı orojenik hareketlerden dolayı kıvrılmaya ve faylanmaya uğramıştır. Karabük ilinin üzerinden geçen Tersiyer çökellerini sınırlayan kuzey doğu- güney batı hattında ilerleyen Karabük fayı 60km boyundadır (Şekil 1.3). Bu fay şu anda aktif değildir. Ancak yerel gözlemlerde fayın durumu kolaylıkla izlenebilmektedir. Oluşan faylanma ve hareketlerden dolayı bu bölge engebeli topoğrafik bir yapıya sahiptir. Bu sebepten ötürü şehir merkezinin gelişimi ve yerleşimi engellenmektedir.



Şekil 1.4. Karabük ili ve yakın çevresinin jeoloji haritası (<http://www.mta.gov.tr>).

ÜST MİYOSEN - PLYOSEN UPPER MIOCENE - PLYOCENE		Evaporitli sedimenter kayalar Evaporite sedimentary rocks
ALT - ORTA MİYOSEN LOWER - MIDDLE MIOCENE		Ölümlü kireçtaşı, mam. çeyi vb. Lithified limestone, marl, shale etc.
OLİGOSEN - ALT MİYOSEN OLIGOCENE - LOWER MIOCENE		Evaporitli sedimenter kayalar Evaporite sedimentary rocks
ORTA - ÜST EOSEN MIDDLE - UPPER MIOCENE		Neritlik kireçtaşı (yer yer kırıntılı) Neritic limestone (clastic rocks in places)
ORTA - ÜST EOSEN MIDDLE - UPPER EOCENE		Kırıntılar ve karbonatlar Clastic and carbonate rocks
ORTA - ÜST EOSEN MIDDLE - UPPER EOCENE		Karasal kırıntılar Continental clastic rocks
ALT - ORTA EOSEN LOWER - MIDDLE EOCENE		Neritlik kireçtaşı Neritic limestone
ALT - ORTA EOSEN LOWER - MIDDLE EOCENE		Kırıntılar ve karbonatlar Clastic and carbonate rocks
ALT - ORTA EOSEN LOWER - MIDDLE EOCENE		Kırıntılar (yer yer karasal) Clastic rocks (continental places)
EOSEN EOCENE		Volkanik ve sedimenter kayalar Volcanic and sedimentary rocks
PALEOSEN PALEOCENE		Karasal kırıntılar Continental clastic rocks
ÜST KRETASE - EOSEN UPPER CRETACEOUS - EOCENE		Kırıntılar ve karbonatlar Clastic and carbonate rocks
ÜST KRETASE - PALEOSEN UPPER CRETACEOUS - PALEOCENE		Kırıntılar ve karbonatlar (bloklı fiş) Clastic and carbonate rocks (with flysch)
ÜST KRETASE - PALEOSEN UPPER CRETACEOUS - PALEOCENE		Neritlik kireçtaşı (yer yer kırıntılı) Neritic limestone (clastic rocks in places)
SENONİYEN SENONIAN		Volkanik ve sedimenter kayalar Volcanic and sedimentary rocks
ALT KRETASE LOWER CRETACEOUS		Kırıntılar ve karbonatlar Clastic and carbonate rocks
KRETASE CRETACEOUS		Kırıntılar ve karbonatlar Clastic and carbonate rocks
ÜST JURA - ALT KRETASE		Kırıntılar ve karbonatlar Clastic and carbonate rocks

Şekil 1.4. (devam ediyor).

## BÖLÜM 2

### ZEMİN VE TEMEL ETÜD RAPORU VE GEOTEKNİK PROJELERİN GENEL KAPSAMI, DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

#### 2.1. ZEMİN ETÜD RAPORU TANIMI VE İÇERİĞİ

Zemin etüt raporu ve geoteknik rapor birbirinden ayrılmaz bir bütündür. Yapılacak olan geoteknik tahkiklerin tümü için zeminin iyi incelenmesi gerekmektedir. 9 Mart 2019 tarihli resmî gazetede zemin ve temel etüdü uygulama esasları ve rapor formatı tebliğ şeklinde yayımlanmıştır. Bu Tebliğin amacı; bina ve bina türü yapıların tasarım, projelendirme, inşa ve denetimi için yapılması zorunlu olan zemin ve temel etütlerinin planlaması, arazi araştırmaları ve laboratuvar çalışmalarının yapılması, sahada karşılaşılan zemin birimlerinin (zemin ve/veya kaya) mühendislik özellikleri ile yeraltı suyuna ilişkin verilerin toplanması, yerel deprem etkilerinin belirlenmesi ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda zemin ve temel etüt raporlarının hazırlanmasına ilişkin usul ve esasları belirlemektir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatına Dair Tebliğ, 2019).

Bu zemin etüt uygulama esasları rapor formatı 18/3/2018 tarihli TBDY Bölüm 16'ya göre düzenlenmiş ve yayımlanmıştır. Zemin ve temel etüt raporları Türk standartları ve uluslararası kabul görmüş standartlara uygun olarak düzenlenmelidir. Bu uluslararası standartlardan bazıları; ASTM, Eurocode, ISO, BSI, DIN şeklindedir. Yapılacak olan tüm deney ve yöntemler ve bu deneylerde kullanılacak malzemeler de dahil olmak üzere tamamı bu standartlar veya yönetmeliklere uygun olmalıdır.

## **2.2. ZEMİN ETÜT RAPORU KATEGORİLERİ**

Zemin ve temel etütleri üç kategoriye ayrılmıştır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatına Dair Tebliğ, 2019);

Kategori 1: Eğimi %5'i geçmeyen, şişme ve yüksek oturma potansiyeli bulunmayan, heyelan gibi kütle hareketi beklenmeyen zeminlerde yapılması planlanan en çok 1 bodrumlu ve en çok 2 normal katlı konut ve basit atölye türü yapılar ile yükseklik farkının 2,00 m'yi geçmediği istinat ve kazı iksaları bu kategoride değerlendirilmektedir.

Kategori 2: BYS 4-8 arasında olan yapıların inşasında sakınca görülmeyen bölgelerde yapılacak olan yüzeysel temelli ve/veya zemin iyileştirmesi gerektiren yapılar ile yüksekli farkı 2,00 m'yi geçen istinat yapıları ve zemin veya kaya ankrajı gibi iksa yapıları da bu kategoride yer almaktadır.

Kategori 3: Kategori 1 ve 2'ye girmeyen BYS 1-3 arasında olan veya deprem yalıtımlı binalar ve çok bodrumlu derin kazılar, kimyasal madde içeren depolar, silolar bu kategoride yer alır. Ayrıca çalışma sahasında aktif fayın görüldüğü veya sahaya özel analiz gerektiren sahalarda bu kategoride değerlendirilmektedir.

## **2.3. GEOTEKNİK RAPOR İÇİN ETÜD KAPSAMLARI**

Kategori 1 kapsamındaki durumlar tehlikesiz olarak adlandırılacak zemin ve yapılar için olduğundan dolayı hazırlanması gereken geoteknik raporlar daha çok kategori 2'ye ve kategori 3'e giren yapılar için hazırlanmaktadır. Bu nedenle kategori 2 ve 3 durumunda yapılacak olan araştırmalar neticesinde zemin veya kaya biriminin fiziksel, mekaniksel özellikleri varsa yeraltı suyu özellikleri rapor kapsamında belirlenir. Yukarıdaki özelliklerin belirlenmesi için sondajlar, jeofizik çalışmalar, arazi ve laboratuvar deneyleri yapılmalıdır. Bu deney ve çalışmaların tamamı ilgili yönetmelik ve standartlar çerçevesinde yapılmalıdır.

### 2.3.1. Etüt Kapsamındaki Sondajlar

Sondajların temel amacı yeraltındaki yapı etki bölgesindeki zeminin yatayda ve düşeyde fiziksel ve mekaniksel olarak özelliklerinin belirlenebilmesi için örselenmiş veya örselenmemiş şekilde numuneler alınmasıdır. Sondajların sayıları ve derinlikleri yapılacak olan yapıya, arazinin büyüklüğü ve eğimine, mevcut ve çevre yapıların durumlarına göre belirlenir. Zeminin özelliklerine ve yapılacak deneylere göre sondaj kuyusundan alınacak numune tipleri örselenmiş (SPT) veya örselenmemiş (UD) olarak alınır. Kaya tipi zeminde çalışılacaksa karot alımı yapılmalıdır.

Şev açısı fazla olan ve derin kazı yapılması gereken arazilerde stabilite analizleri yapılabilmesi için gerekli görüldüğü şekilde mutlaka arazi dışında da sondaj yapılmalıdır. Böylece ankraj kök bölgelerindeki zemin özellikleri belirlenmelidir. Aksi takdirde yapılacak olan iksa yapısında yenilmeler oluşabilmektedir.

Sondajlar yapıdan zemine gelecek yükleri taşıyabilecek nitelikteki zemine kadar yapılması esastır. Zemin ve temel etüdü uygulama esaslarında belirtildiği gibi “sondaj derinliği, bina temelleri için yapı genişliğinin en az 1.5 katı veya net temel taban basıncından kaynaklanan zemindeki gerilme artışının ( $\Delta\sigma$ ) zeminin kendi ağırlığından kaynaklanan efektif gerilmenin ( $\sigma'_{vo}$ ) % 10'una eşit olduğu derinlikten ( $\Delta\sigma = 0.10 \sigma'_{vo}$ ) daha elverişsiz olacak şekilde seçilecektir” sondaj derinliğine karar verilmelidir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatına Dair Tebliğ, 2019).

### 2.3.2. Etüt Kapsamındaki Jeofizik Araştırmalar

Jeofizik araştırmalar yapının etki gördüğü alanı kapsayacak şekilde, yeterli çeşit ve sayıda, gerekli tasarımlarda kullanılacak şekilde yapılmalı, araştırılan zemin birimlerinin yanal ve düşey yayılımlarını belirleyecek nitelikte olmalıdır. Uygulanacak jeofizik yöntemlerin seçiminde ASTM D 6429-99 Standartlarından da yararlanılabilir. Jeofizik araştırmaları ile sahadaki zeminin: Fiziksel, mekanik dinamik özellikleri; zemin içerisindeki karstik boşluklar, zemin içerisinde bulunan yapay dolgu alanları; mevcut kütle hareketleri, zeminin sıvılaşma potansiyeli ve taşıma gücü; deprem

dalgalarının yayılma özellikleri ve frekansları, varsa yer altı suyunun yeri ve yanal yöndeki değişimi, yerin altındaki doğal ve yapay yapılar; problemleri çözmek için kullanılacak veriler de elde edilebilir.

Tasarımların etütlerinin kapsamında kullanılacak jeofizik araştırma yöntemleri; elektrik yöntemler, mikrotremör ölçümü, SPAC yöntemi, sismik kırılma ölçümü, sismik yansıma yöntemi, GPR (yer radarı) yöntemi, kuyu logu ve kuyu içi sismik ölçümü yöntemleridir.

#### **2.3.2.1. Elektrik Yöntemler**

Jeolojik katmanların yatay ve düşey yöndeki eğilimlerini anlamak, sondaj noktalarını birbirine bağlamak ve zemin yapısını anlayabilmek, yeraltı suyu seviyesini ve akış yönünü anlayabilmek amacıyla yapılır. Heyelan ve kütle hareketi olması muhtemel zeminlerde, özdirenç ile zemin içinde korozyona sebep verecek birimlerin anlaşılmasında kullanılır.

#### **2.3.2.2. Mikrotremör Ölçümü**

Patlatma, vibratör ve balyoz gibi herhangi yapay kaynağa ihtiyaç duyulmadan, zeminin doğal titreşimi dinlenerek zemin hâkim titreşim periyodunun bulunması için kullanılır. Zemine dışarıdan etkisi olan titreşimlerin en az olduğunda zamanda ölçümler yapılmalıdır.

#### **2.3.2.3. SPAC Yöntemi**

Çalışma alanında derin S dalgası hızı verisine ihtiyaç duyması halinde bu yöntem kullanılır.

#### **2.3.2.4. Sismik Kırılma Ölçümü**

Jeolojik katmanların düşey ve yatay yönlerdeki değişimlerini tanımlamak, dinamik esneklik direnişlerini tanımlamak, sıvılaşma potansiyellerini saptamak amacıyla

boyuna (P) dalga ve enine (S) dalga hızları ölçülecek şekilde yapılan 2 boyutlu jeofizik çalışmalardır. Bu ölçümlerle ana kayanın ve üzerindeki sedimanların fiziksel özellikleri, heyelanların kayma yüzeyleri, yeraltı suyunun durumu, zemin tabakalarının taşıma gücü elde edilir. Heyelan geometrisi tasarlanabilir.

### **2.3.2.5. Sismik Yansıma Yöntemi**

Jeolojik birimlerin düşey ve yatay yönlerdeki değişimini tanımlamak, sığ ve çok sığ yeraltı problemlerinin gösterilmesi amacıyla kullanılır. Sonuç kesitleri üzerinde; tabaka ara yüzeyleri, fay süreksizlikleri, kaya derinlikleri ve konumu gibi unsurlar çizilerek yorumlamalar yapılır.

### **2.3.2.6. Aktif (MASW) ve Pasif (REMİ) Kaynaklı Yüzey Dalgası Analizi**

MASW analizleri şehir merkezlerinde, dar alanlarda, gürültü ve sinyal oranı yüksek olan yerlerde, yer altı suyu olan, dayanımı düşük katmanları bulunan arazilerde S dalgası hızının belirlenmesi ile ana kaya ve üzerindeki birikim tabakalarındaki yumuşaklık, katılık, gevşeklik, sıkılık gibi zemin profillerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. REMİ analizleri daha çok yüksek gürültülü olan ortamlarda, derin katmanlardan veri alınması,  $V_{S30}$  ve S dalgası hızlarının tespit edilmesi gerektiği durumlarda kullanılır.

### **2.3.2.7. Yer Radarı (GPR) Yöntemi**

Kullanılacak olan anten frekansına göre jeolojik katmanların, yapıların veya boşlukların araştırılması ve bu birimlerin kesitlerinin 2 ve 3 boyutta çıkarılması amacıyla yapılan, yüksek çözünürlüklü, hızlı ve zararsız bir yöntemdir. Yer radarı çalışmalarından yeraltı yapılarının yerini boyutunu ve hangi derinlikte olduğunu, yüzeye yakın yeraltı suyu seviyesini ve yeraltı suyunun akım yönünü; su ve kanalizasyon hatlarındaki sızıntıları, heyelanların kayma yüzeylerini, zemin yüzeyine yakın yerlerdeki kırık ve çatlakların yerlerinin bulunması sağlanır.



### **2.3.2.8. Kuyu Logu ve Kuyu İçi Sismik Ölçümü**

Sondaj kuyularında kuyu çeperindeki yanal değişimlerin belirlenmesi, kuyu içerisine sızan sıvıların tespiti, S ve P dalga hızlarının belirlenmesi, açılan sondaj kuyuları arasındaki boşlukların tanımlanması ve tabakaların detaylı irdelenmesi için kuyu içinde yapılan jeofizik ölçüm yöntemidir.

### **2.3.3. Etüt Kapsamındaki Arazi Deneyleri**

Zeminler, yapı malzemesi olarak ve yapıların temeli olarak çeşitli dinamik ve statik yüklere maruz kalmaktadır. Yük altında, zeminlerin davranışlarını belirlemek için zemin parametrelerinin derinlikle olan değişimlerinin bilinmesi gerekir. Bu değerler, arazi ve laboratuvar deneyleri ile bulunabilir. Arazi deneylerinin sonuçları hızlı elde edildiğinden, arazi şartlarında yapılan arazi deneyleri daha fazla önem taşımaktadır.

Arazi deneyleri; zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde, derinlikle değişen zemin katmanlarının cinsini ve arazi profilinin belirlenmesinde, zeminlerin davranışlarının belirlenmesinde, yapılacak temel tasarımında, olası sıvılaşma tahmininde, zemin iyileştirilmesinde ve zemin iyileştirme kontrolünde kullanılır. Zemin katmanlarının türü ve yer altı suyu seviyesi arazi deneylerinden hangisinin seçileceğı konusunda önemlidir.

#### **2.3.3.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)**

Geoteknik mühendisliğinde kullanılan arazi deneylerinden en eskilerindedir. Sondaj işleminde esnasında kuyu içerisinde kolayca uygulanabildiğinden maliyeti daha azdır. Deneyin önemli özelliklerinden biri deneyde sondaj çukurundan numune alınabilmesidir. SPT tüm zemin gruplarında yeraltı suyu seviyesi altında uygulanabilen bir deneydir.

SPT, ön inceleme ve tasarım aşamalarında kullanılabilir. Sıvılaşma hesabında ve temel tasarımında etkili olan parametrelerin kolaylıkla bulunmasını sağlar. SPT, temiz ince kumlar, ince çakıllı kumlar ve az siltli kumların mühendislik özelliklerinin bulunması

ve yorumlanması için faydalı olan bir deney türüdür. SPT, esas olarak kohezyonsuz zeminlerin sıkılık, özgül yoğunluk ve içsel sürtünme açısının bulunmasında ve kohezyonlu zeminlerin kıvam indislerinin bulunmasında kullanılır. Deneyin en sakıncalı olan kısmı dane çapı 20mm'den büyük olan çakıllı ve içerisinde büyük taşlar bulunduran zeminlerde yanlış sonuçlar verebiliyor olmasıdır.

### **2.3.3.2. Sondalar**

#### **Dinamik Sonda Deneyi**

Arazi incelemelerinde zemin tabakalarının sıklıklarını, kalınlıklarını, sert ve sağlam tabaka derinliklerini ve penetrasyon dirençlerini belirlemek amacıyla zemin sondajları ile birlikte uygulanır.

#### **Ağırlık Sondası Deneyi**

Kolay ve hızlı bir arazi penetrasyon deneyi olup, çelik çubuklara takılı vida ucun döndürülerek zemin tabakalarının içerisine girmesi için gerekli kuvvet ölçülmesi işlemidir. Sonda deneyleri genellikle yumuşak ve gevşek zeminlerde gerçekleştirilir. Sonda deneyleri ile zemin tabakalarının sıklığı killi zemin tabakalarının kayma mukavemeti, zemin tabaka kalınlıkları, sert tabaka kalınlıkları hesaplanabilir.

#### **Koni Penetrasyon (CPT)**

Sondaj kuyusu olmasa da çelik uçlu bir sondanın sabit bir hız ile zemine itilerek zemin direncinin ölçülmesi ile gerçekleştirilir. Alüvyon içerikli zeminlerin bulunduğu bölgelerde yoğun bir şekilde kullanılır ve yumuşak killerden sıkı kumlara kadar olan zeminler için uygundur. Çakıllar ve kayaçlarda uygun değildir. Zemin tabakalarının kalınlığını, katmanların değişimlerini, zemin cinslerini tanımlamayı, sığ ve kazık temellerin taşıma güçlerini hesaplamayı, sıvılaşma hesabının yapılmasını ve zemin iyileştirme kontrolünün yapılmasını sağlar. Bu deney ile zeminin mühendislik özelliklerinden bağıl sıkılık, içsel sürtünme açısı, iletkenlik, drenajsız kayma mukavemeti hesaplanabilir. Konik penetrasyon deneyinin dört çeşidi vardır;

- Mekanik Koni Penetrasyon
- Elektronik Koni Penetrasyon
- Piyezokon (CPT<sub>u</sub>)
- Sismik Koni Penetrasyon (SCPT<sub>u</sub>)

### **Dilatometre Deneyi (DMT)**

Çelik uçlu yassı bir bıçağın zemine itilmesi ve yatay yönde basınç uygulanması esasıyla çalışır. Yassı bıçağın üzerinde genleşebilir çelik membran bulunur ve bu çelik membran nitrojen gazı ile şişirilerek zemine yanal basınç uygular. Bu deney kum, silt ve killerde, sert zemin ve yumuşak kayalarda kullanılabilir. Fakat iri çakıllarda, çimentolaşmış ve bloklaşmış zemin katmanlarında kullanılamaz.

Dilatometre deneyi ile: derinlik ile drenajsız kayma mukavemeti, oturma ve deformasyon tahminleri, zemin tabakalarının tahmini, zemin iyileştirmelerinin kontrolü, kil şevlerin kayma yüzeylerinin anlaşılması sağlanır.

### **Presiyometre Deneyi (PMT)**

Zeminlerde ve kayalarda yapılabilir. Zeminlerin deformasyon ve mukavemet özellikleri aynı zamanda belirlenebilen, sondaj kuyusu içerisinde gerçekleştirilen bir deneydir. Bu deney sondaj için açılmış olan delikteki iç çeperlere silindir biçimindeki ölçüm hücresinin basınç uygulanması esasına dayanır. Presiyometre deneyinin amacı yanal basınç ile oluşan deformasyon arasındaki ilişkiden zemin rijitliğini bulmak ve malzeme dayanımını hesaplamaktır. Presiyometre deneyinden yatak toprak basıncı, drenajsız kayma mukavemeti, kayma mukavemeti açısı, ön konsolidasyon basıncı, deformasyon (elastisite) modülü hesaplanabilir. Presiyometre deneyi ile temellerde taşıma gücü ve temellerin oturma miktarları bulunabilir. Presiyometre deneyinin üç çeşidi vardır;

- Menard Tipi Presiyometre Deneyi
- Kendiliğinden Delgili Presiyometre Deneyi
- İtmeli Presiyometre Deneyi

### **Arazi Kanatlı Kesici (Veyn) Deneyi**

Zeminlerin drenajsız kayma mukavemeti değerini belirleyebilmek için yapılan, düzenli olarak 1m’de bir ölçüm alınan önemli bir arazi deneyidir. Yumuşak killerde uygun olmasına rağmen katı kil ve siltlerde de kullanılabilir. Deneyin yapımındaki prensip zemin içine yerleştirilen artı şeklindeki metal kanatlı kesicinin döndürülmesi ile zeminin direnci ve kayma mukavemetinin belirlenmesidir.

### **Plaka Yükleme Deneyi (PLT)**

Sağlam ve rijit bir plaka üzerine yük yüklenerek plaka altındaki oturma ve göçmenin ölçülmesi esasına dayanır. Yükleme şekli kademeli şekilde yapılarak oturma miktarı ölçülebildiği gibi sabit bir hızla itilerek de ölçüm yapılabilir. Plaka yükleme deneyi sonucunda zeminin taşıma gücü, oturma miktarı, yatak katsayısı, elastisite modülü ve drenajsız kayma mukavemeti tespit edilebilir.

## **2.3.4. Etüt Kapsamındaki Laboratuvar Deneyleri**

### **2.3.4.1. Elek Analizi ve Hidrometre Analizi**

Zemin malzemelerinin içerisinde bulunan danelerin boylarını ve farklı boylarda bulunan danelerin ağırlıklarını saptamak için yapılan deneydir. İnce elek çözümlenmesi ve iri elek çözümlenmesi olarak ikiye ayrılır. Zeminlerin dane boylarının belirlenmesinde, zemin sınıflandırmasında, baraj çekirdeğinin belirlenmesinde ve baraj çekirdeğinde kullanılacak malzemenin saptanmasında, ağırlıkça zemin dane dağılımının belirlenmesinde kullanılır.

Dane boyu 76,2 mm ile 0,075mm arasında olan zeminlerde elek analizi yöntemi kullanılırken, dane boyu 0,075mm’den az olan zeminlerde hidrometre (ıslak analiz) analizi kullanılır. Elek ve hidrometre analizlerinden çıkan sonuçlar porozite, hidrolik iletkenlik, su tutma özellikleri ve dayanım özelliklerinin hesaplanmasına yarar.

#### **2.3.4.2. Kıvam Limitleri**

Zeminlerin içerisinde bulunan su miktarına göre değişik özellikler göstermesi esasına dayanır. Bu özellikleri tanımlamaya yarar. Zeminlerin içerisinde bulunan sınırlı su içerikleri Atterberg sınırları olarak tanımlanabilir. Atterberg sınırları üçe ayrılır;

- Likit Limit
  - *Casagrande Yöntemi*
  - *Düşen Koni Yöntemi*
- Plastik Limit
- Rötne Limiti

#### **2.3.4.3. Piknometre Deneyi**

Zeminlerin birim ağırlığını hesaplamak için yapılan bir deneydir. Zeminlerin davranışlarını anlayabilmek amacıyla fiziksel özelliklerini bilmek gerekir. Zeminlerin en önemli fiziksel özellikleri su içeriği, yoğunluk, birim hacim ağırlık ve gözenekliliktir.

#### **2.3.4.4. Kompaksiyon Deneyi**

Zeminlerin taşıma gücünü yükseltmek, yükler altındaki oturma miktarlarını azaltmak ve zemin geçirimsizliğini azaltmak için zeminlerin içerisindeki hava dışarı çıkarılarak zemin tanelerinin sıkıştırılması işlemine kompaksiyon denir. Eğer bir zemin sıkıştırılmışsa kompaksiyon ile bulunan değer o sıkıştırılmış zeminin birim hacim ağırlığıdır. Yani bir zeminin kuru birim hacim ağırlığı ne kadar yüksek ise o zemin o kadar iyi sıkıştırılmış demektir. Kompaksiyon deneyi ile optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlık elde edilir.

#### **2.3.4.5. Serbest Basınç Deneyi**

Suya doymuş olan homojen kil içerikli zeminlerde yapılan mohr dairesinin bulunması ve bulunan mohr dairesi yardımıyla da kayma direncinin hesaplanmasını sağlayan bir

deneydir. Deney numuneleri suya doygun ve üzerinde çatlak bulunmayan numuneler olmalıdır.

#### **2.3.4.6. Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) Deneyi**

Temel, alt temel ve doğal zeminlerin nispeten taşıma değerleri CBR ile ifade edilir. Bu deney 50mm çaplı çelik bir çubuğun belirli bir yükseklikten numune içerisine düşürülmesi ve bu düşürülme sonucu zemin içerisine batması esasına. Zeminlerin CBR değeri yoğunluğa, sıkıştırma nemine ve su içeriğine bağlıdır.

#### **2.3.4.7. Kesme Kutusu Deneyi**

Temel taşıma gücü hesabında, karayolu projelerinde ve hava alanı projelerinde kayma dayanımı parametresi çok önemli bir etkidir. Kesme kutusu deneyi ile kohezyon, içsel sürtünme açısı ve drenajsız kayma dayanımı parametreleri hesaplanır. Kesme kutusu deneyinde zemin numunesi poroz taşlar arasında rijit numune hücrelerine konular ve makaslama kuvveti yardımıyla zemin kaymaya zorlanır.

#### **2.3.4.8. Serbest Şişme Deneyi**

Zeminlerin doygun haldeyken 1 kPa sürşarj yükü etkisi altındaki şişme miktarıdır. Şişme parametrelerinin hesaplanması için yapılan deneydir.

#### **2.3.4.9. Permeabilite (Geçirimsizlik) Deneyi**

Zeminlerin içerisindeki birbirleriyle bağlantılı hava boşluklarından su kolayca akabilir. Bu akım miktarı bize permeabiliteyi verir. Zeminlerin geçirimsizliği laboratuvar ortamında permeabiliteyle, arazide pompaj deneyleri ile sağlanır.

Zeminlerin geçirimsizliğine etki eden faktörler dane boyu dağılımı, tanecik şekli, tanelerin kimyasal özellikleri, zeminin boşluk oranı, zeminin doygunluk derecesi, suyun akış tipi, sıcaklık, zeminde akan suyun viskozitesidir. Laboratuvar ortamında iri taneli zeminlerin geçirimsizlik katsayısı sabit seviyeli permeabilite ile, ince taneli zeminlerin permeabilitesi ise düşen seviyeli permeabilite ile bulunabilir.

#### **2.3.4.10. Konsolidasyon Deneyi**

Kil içerikli zeminlerin sabit gerilmeler etkisi altında zamana bağılı olarak içerisindeki suyu atması ile sıkışması olayına konsolidasyon denir. Kil tabakası içerisinde bulunan boşlukları dolduran suyun yük altında dışarı çıkması sonucu oluşan hacim değişimine konsolidasyon oturması denir. Bu olay gözenek suyu basıncı düşene kadar devam eder. Yanal deformasyonu önlenmiş suya doygun dairesel kesitli numunelerin alt ve üst yüzeylerinde drenaj sağlanarak yatay ve düşey basınç etkisiyle hesaplanan bir deneydir. Deney sonucunda hacimsel sıkışma katsayısı ( $m_v$ ) ve konsolidasyon katsayısı ( $c_v$ ) hesaplanır.

#### **2.3.4.11. Üç Eksenli Basınç Deneyi**

Kayma dayanımı parametresini hesaplayabilmek için yapılan en kesin deneydir. Bu deneyde boşluk suyu basıncı hesaba katılmaksızın silindirik numuneye üç eksen den gerilme uygulanır ve böylece zeminlerin makaslama dayanımları, içsel sürtünme açıları, kohezyon değerleri, dayanımları ve deformasyon modülleri hesaplanır.

### **2.4. GEOTEKNİK RAPOR VE PROJE HAZIRLAMA ESASLARI**

Yapı-zemin etkileşiminin değerlendirmesinin yapıldığı bu bölümde geoteknik rapor hazırlayabilmek için öncelikle problem oluşturabilecek ihtimallerin belirlenmesi gereklidir. Bu problemlerin belirlenebilmesi için ofis ön çalışmaları, arazi geçmişi hakkında bilgi toplanması ve arazi gezisi yapılmalıdır. Bu çalışmalar yapıldıktan sonra gerekli etüt deneyleri ve araştırmalar teknik veri toplayabilmek için belirlenir. Daha sonra tüm bu verilerle birlikte problemleri önlemeye yönelik tasarım ve hesaplar yapılır. Yapılan tasarımlar raporlanır, projelendirilir ve araziye tatbik edilmek üzere uygulayıcı ve kontrol edici kişi veya kurumlara gönderilir.

### 2.4.1. Ön Çalışmalar

Saha incelemesi, bir inşaat projesinin inşasını veya performansını etkileyebilecek jeolojik, jeoteknik ve diğer ilgili bilgilerin elde edildiği işlemdir (Clayton, M. C., & N. E. , 1995). Ön çalışma aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar şu şekildedir;

- İnşaat alanının belirlenmesi: Tünel, baraj, viyadük, yüksek katlı yapılar gibi büyük projelerde yapı yerlerinin belirlenmesi çok önemlidir. Şev problemi veya zemin problemi olan alanlardan kaçınmak inşaat maliyetlerinin çok büyük oranda azaltabilmektedir.
- Geçici inşaat işlerinin belirlenmesi: İnşaat faaliyet devam ederken kenar şevleri açılmış olabilir. Bu şevlerin güvenliğini sağlamak yapı, çevresi ve iş güvenliği açısından önemlidir. Bu gibi geçici zorlukların aşırı durumlarında önlenmesi için ciddi zorluklarla karşılaşılabilir.
- Projenin çevresel etkisi: İnşaat başladığı zaman yapılacak olan kazı çalışmaları çevresindeki yapılara yeraltı suyundaki yer değiştirmeden dolayı veya çevre yapının altındaki zeminin hareketinden dolayı ciddi zararlar verebilir. Bu gibi tehlikeli etkileri de araştırmak gerekir.
- Mevcut yapıların ve arazi geçmişinin izlenmesi: Mevcut yapılar yapılırken benzer özellikteki zeminler üzerine yapılmış olabilir. Bu yapılar inşa edilirken karşılaşılan zorluklar ve zemindeki özellikler gözlenmeli ve öğrenilmelidir. Yapılarda varsa oluşan oturmaların hızları, zeminin dayanımı gözlenmeli ve bize ön bilgi sağlamalıdır. Çevre arazilerde oluşmuş şev yenilmeleri, heyelan, erozyon, fay kırıkları, yeraltı, yerüstü suyu, geçmiş yıllarda oluşan kuru dere yatağı veya su kaynağı varsa bu bilgilerin belirlenmesi gerekir. Mevcut yapılarda oluşan yıkılmalar veya yıkılmaya yakın olanlar gözlemlenmeli ve not edilmelidir.

Yukarıda bahsedilen durumlar ışığında yapılan saha incelemeleri tüm teknik tasarımlara veri sağlamak için kullanılmalıdır. Bu ön incelemeler inşaatın yapılacağı sahada olan şartlara ve planlanan inşaatın şekillenmesinde çok iyi karar verilmiş işlemler olmalıdır. Bu incelemelerden en iyi verimi alabilmek için mühendislik disiplinleri, mimarlar, topoğrafı ve mühendis olmayan konusunda uzman ekibin



birlikte fikir birliğine varması gerekmektedir. Bu sebeple, inşaat ekonomiklik ve güvenilirlik açısından optimum düzeyde olursa tüm araziler uzman geoteknik mühendisi tarafından incelenmeli ve böylece deney ve rapor aşamasına geçilmelidir.

#### **2.4.2. Geoteknik Rapor Formatı**

Saha incelemeleri, arazi ve laboratuvar deneyleri sonunda geoteknik hesaplar ve değerlendirmelerin bulunduğu bir rapor hazırlanır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan ve ülkemizde de kullanılan geoteknik değerlendirme genel formatı aşağıdaki maddeler şeklindedir. (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatına Dair Tebliğ, 2019)

- Giriş
- İnşaat sahası hakkında bilgiler
- Yapı hakkında bilgiler
- Mevcut zemin araştırmaları
- İlave zemin araştırmaları
- İdealize zemin profilleri (Arazi zemin modeli) ve yeraltı suyu durumları
- Geoteknik tasarım parametrelerinin tespiti
- Depremsellik
- Yapı zemin etkileşiminin irdelenmesi
- İksa sistemleri, şev duraylılık analizleri ve değerlendirmesi
- Sonuç, öneriler
- Yararlanılan kaynaklar
- Ekler

##### **2.4.2.1. Giriş**

Bu bölüm raporun amaç ve kapsamını içerir. İnşaatın yapılacağı alanın konumu, imar bilgileri, işveren ve rapora esas alınan (plankote, mimari proje vb.) bilgilerden bahsedilir. Ayrıca yapılan saha incelemesi gibi ön çalışmalar, geoteknik raporun

gerekliliğinin değerlendirilmesi ve düşünölen çözümler sistemi de bu bölümde anlatılır.

#### **2.4.2.2. İnşaat Sahası Hakkında Bilgiler**

Bu bölümde inşaat sahasının günümüze kadar olan kullanım amacı, yüz ölçümü, kenar uzunlukları, topoğrafik yapısı, en yüksek ve en alçak kotlar arasındaki farklar, çevre yolları ve çevre yapıların (varsa yer altı mühendislik yapıları vb.) söz konusu araziden ve yapılacak binadan uzaklıkları detaylı olarak anlatılır.

#### **2.4.2.3. Yapı Hakkında Bilgiler**

Bu bölümde inşa edilecek yapının taşıyıcı sistem özellikleri, bodrum ve normal kat bilgileri, ölçüleri, inşaat alanı, kullanım amacı (sağlık, eğitim, yeraltı veya yerüstü mühendislik yapısı vb.), bina kullanım sınıfı (BKS), bina yükseklik sınıfı (BYS), bina önem katsayısı gibi bilgiler bu bölümde anlatılır. Ayrıca yapılacak olan yapının katlarından zemine ve çevre yapılara gelecek olan sürşarj yükleri de hesaplanır.

#### **2.4.2.4. Mevcut Zemin Araştırmaları**

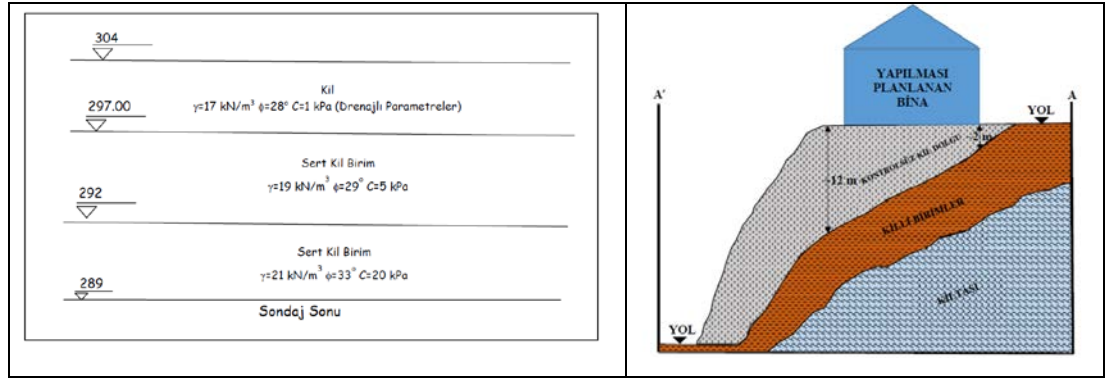
Bu bölümde jeoloji ve jeofizik mühendisleri tarafından yapılmış arazi ve laboratuvar deneylerinden bahsedilir. Yapılan deney türleri, deney çalışma ve sonuç tarihleri, raporları, sondaj ve araştırma çukuru derinlik ve sayısı, jeofizik araştırmalar detaylı olarak incelenir ve raporlanır. Bu raporların ne amaçla yapıldığı da anlatılmalıdır.

#### **2.4.2.5. İlave Zemin Araştırmaları**

Bu bölümde mevcut yapılmış olan zemin araştırmalarının geoteknik mühendisi tarafından yetersiz kaldığı alanlarda ve sayılarda olduğu düşünölürse ek araştırmalar yapılır. Bu araştırmalar tamamen geoteknik mühendisinin inşa edilecek yapı hakkında yeterli veriyi sağlamasını düşündüğü şekilde yapılır. Mutlaka yeni yapılan arazi ve laboratuvar deneylerinin amacı, detayları ve sonucu detayları ile beraber bu bölümde verilmelidir.

#### 2.4.2.6. İdealize Zemin Profilleri (Arazi Zemin Modeli) ve Yeraltı Suyu Durumları

Bu bölümde yapılan tüm zemin deney ve sonuçlarından faydalanarak belirlenen zemin veya kaya birimlerin tanımları, kalınlıkları, özellikleri ve zemin profilleri gösterilmelidir. Bu profil üzerindeki her tabakada zemin parametreleri de üzerine işlenmiş şekilde verilmelidir. Şekil 2.1’de örnek bir zemin profili sunulmuştur.



Şekil 2.1 Örnek zemin profili.

Yapılan farklı sondaj ve araştırma çukurlarının zemin kesitleri aynı profil üzerinde gösterilebilir. Böylece kesitler arasındaki mesafeler, kot farklılıkları ölçekli şekilde profil üzerinden okunabilir. Ayrıca yeraltı suyu seviyesi de gösterilir. Yapılması planlanan yapı yeraltı suyundan etkileniyorsa drene edilebilmesi için gerekli önlemler belirlenmelidir. Ve bu drenajın çevreye etkileri de bu bölümde değerlendirilmelidir.

#### 2.4.2.7. Geoteknik Tasarım Parametrelerinin Tespiti

Bu bölümde geoteknik analizde kullanılacak parametrelerin tayinleri yapılır. Yapılan tüm araştırma ve deney sonuçları bir tablo halinde düzenlenebilir. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre taşıma gücü, sıvılaşma, oturma, şişme, zemin kayma dayanımı, içsel sürtünme açısı, şev stabilitesi, yanal toprak itkileri, drenaj boyu hesaplanır. Bu hesaplar sonucunda bulunan parametreler yapılacak olan geoteknik problemlerin çözümlenmesi konusundaki hesaplarda kullanılacaktır.

#### 2.4.2.8. Depremsellik

Bu bölümde AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından 18 Mart 2018 yayınlanan ve 1 Ocak 2019’da yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritasından inşaatları planlanan yapıların deprem yer hareketleri verileri enlem ve boylam koordinat konumlarına göre belirlenir. Bu veriler Deprem Yer Hareketi Düzeyleri (DD-1, DD-2, DD-3, DD-4)’ne göre kısa periyot harita spektral ivme katsayısı ( $S_s$ ), 1.0 sn periyot için harita spektral ivme katsayısı ( $S_1$ ), en büyük yer ivmesi (PGA [g]), en büyük yer hızı (PGV [cm/sn]) şeklindedir. Daha sonra Zemin ve temel etüt raporuna göre arazi konumu için Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Yerel Zemin Sınıflarına göre aşağıdaki Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2’den Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı (FS) ve 1,0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı (F1) belirlenir.

Çizelge 2.1. Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı (FS). EK syf-8 (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_s$					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Çizelge 2.2. 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı (F1). EK syf-8 (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_1$					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Bu  $F_s$  ve  $F_1$  değerleri sırasıyla  $S_s$  ve  $S_1$  değerleri ile çarpılarak sırasıyla  $S_{ds}$  ve  $S_{d1}$  tasarım spektral ivme katsayıları hesaplanır. Bulunan bu  $S_{ds}$  ve  $S_{d1}$  değerleri ilgili yönetmelik sayfa 9, 10, 11'deki hesaplar yapılarak yatay ve düşey tasarım spektrumlarına göre  $T_a$ ,  $T_b$  ve  $T_1$  periyotları belirlenir.

Bu bölümde ayrıca zemin sıvılaşma analizleri de detaylı olarak yapılır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 16.6 Deprem Etkisi Altında Zemin Sıvılaşma Riskinin Değerlendirilmesi 'ne göre hesaplar ve analizler yapılır. Bu kapsamda varsa sıvılaşma riski gerekli önlemlerin alınması için değerlendirmeler yapılır.

#### **2.4.2.9. Yapı Zemin Etkileşiminin İrdelenmesi**

Bu bölümde öncelikli olarak yzeyssel temellerin üzerindeki yapıları güvenle taşıyabilmeleri için taşıma gücü ve oturma analizleri yapılır. Bu iki analiz değerlerini de birden sağlaması beklenir. Üst yapıdan gelen yükler eğer yzeyssel temeller ile emniyetli bir şekilde taşınamıyorsa derin temel veya zemin iyileştirme yöntemlerinden birisi seçilmelidir.

Seçilen sistem derin temel ise taşıma gücü ve oturma kriterlerinin ikisi de birden sağlanması gerekmektedir. Öncelikle derin temel tipi (yerinde dökme betonarme fore kazık, çakma beton veya elik kazık vb.) işveren ile beraber belirlenmeli. Hesaplar yapılırken temel elemanlarına gelecek üstyapı yüklerinin statik ve mimari proje müellifleri ile beraber çalışarak geoteknik mühendisi tarafından hesaplanmalı. Seçilen derin temel tipi için teorik hesaplar yapılırken aksenal ve yanal taşıma gücü analizleri yapılır. Bu analizler hem statik hem de dinamik deprem durumu için ayrı ayrı yapılmalıdır. Yapılan hesaplar tek bir kazık için yapıldığından farklı zemin türlerine soketlenebilecek kazıklar için evre sürtünmesi ( $Q_{ks}$ ) ve uç direnci ( $Q_{ku}$ ) değişeceğinden ayrı ayrı hesaplar yapılmalı. Bulunan tekil kazık sonuç değerlerine göre toplam kazık taşıma gücü belirlenirken grup etkisi mutlaka hesaplanmalıdır. Bu kazıkların izin verilebilir oturma değerini de sağlaması gerekmektedir.

Diğer zemin iyileştirme yöntemlerinden birisi de alternatif olarak seçilebilir. Seçimi ve tasarımı belirleyecek olan geoteknik mühendisi tarafından seçilen alternatif yöntemin diğer yöntemlere göre avantaj ve dezavantajlarından da bahsedilmesi gerekir. Seçilen yönteme göre literatürde belirlenen hesaplar yapılmalı ve projelendirilmelidir.

#### **2.4.2.10. İksa Sistemleri- Şev Duraylılık Analizleri ve Değerlendirmesi**

Bu bölümde öncelikli olarak şev analizleri yapılmalıdır. Yapılan şev analiz sonuçlarına göre yapılması planlanan inşaat ve mimari projeye göre çevre düzenlemesi için gerekli destek sistemleri araştırılır. Kazı destek sistemlerinin kalıcı veya geçici olarak tayini gerekmektedir. Bu kararlar inşaat öncesi ve sonrası oluşabilecek tüm durumlarda can ve mal emniyeti sağlayacak şekilde olmalıdır.

Şev analizi sonucunda şevli kazı önerilmesi durumunda kazı şev eğimleri projelerde detaylı olarak gösterilmelidir. Eğer kazı destek sistemleri önerilirse bu sistemlerin amacı ile hazırlanan geoteknik değerlendirme, hesap raporu bu bölüm altında verilir. Raporun bu kısmında destek sistemlerinin türleri, kritik kesitlerin belirlenmesi ve bu kesitlere ait statik hesapların yapılması, gerekli uygulama paftalarının da çizilmesi gereklidir. Yapılan bu çalışmalar kapsamında inceleme alanındaki mevcut birimlerin dayanımı ve deformasyon özellikleri, kazı alt ve üst kotu farkı, çevresel kalıcı veya hareketli sürşarj yükleri gibi kısıtlarla beraberinde zemin mekaniği ve temel mühendisliği alanında güncel kabuller çerçevesinde incelenmiş olmalıdır. İksa önerilen raporlar aşağıdaki bilgileri içeriyor olması gerekir;

- Zemin profili ve ideal zemin kesitinin planda da gösterimi.
- Hesaplarda kullanılması gereken zemin parametrelerinin (tabaka kalınlığı, birim hacim ağırlığı, kohezyon, elastisite modülü, içsel sürtünme açısı vb.) tayinleri.
- Analizler öncesi destek sistemlerinin belirlenme aşamalarını anlatan detaylı gerekçe bölümü. İksa modelinin özeti.
- Anlatılan iksa modelinin kullanılacak olan bilgisayar programında analiz öncesi modellenmesi. (Zemin profili, kazık sisteminin çap ve uzunluk tayini, varsa ankraj ve statik detaylarının girilmesi)

- Analiz yapılması ve sonucunda yatay deplasmanlar, kesit tesirleri ve statik, dinamik durum için güvenlik katsayılarının bulunması.
- Bulunan optimum sonuca göre betonarme hesapların yapılması.

Rapor sonucunda yapılan betonarme hesaplar araziye ve mimari projeye uygun olarak projelendirilmesi gerekmektedir.

- Arazi planı üzerinde çizimler yapılmalıdır. Bu planda kesitlerin yerleri, tabii ve nihai tesviye kotları, şev düzenlemesi, platforma varsa kotları, destek sistemi yerleşimi ve üst kotları, mimari ana yapının yerleşimi gösterilmelidir.
- Planda belirlenen kesitin açılım çizimleri yapılmalıdır. Bu paftada kazık alt kotu, üst kotu, tüm kazıkların boy çizimleri, başlık kirişi, ankraj kirişi, yerleşimleri ve kotları, barbakan kotları ve yerleşimleri gösterilmelidir.
- Ankraj detaylarının da gözükebileceği üst maddedeki görünüşe dik bir kesit daha çizilmelidir. Burada ankraj boy ve yerleşim kotları, nihai ve kazı kotları gösterilmelidir.
- Detay çizimleri yapılmalıdır. Ankraj teknik bilgileri içeren detay çizimleri, kazık, başlık kirişi, kuşak kirişi tüm betonarme ve donatı detay çizimleri, barbakan detayı, kafa hendeği detayları da bu bölümde olmalıdır.
- Ayrıca tüm çizim paftalarında kullanılan beton ve donatı malzeme bilgileri, ölçekler ve kullanılan birimler, kazı ve destek sistemi hakkında bilgiler, arazi konum vs. gibi bilgiler de bulunmak zorundadır.

#### **2.4.2.11. Sonuç ve Öneriler**

Bu bölümde raporda anlatılan saha bilgileri, inşa edilecek ana yapıya ve arazi hakkında bilgiler, yapılacak olan imalatlarda öncelik sırasına göre inşai faaliyete başlanmadan alınacak önlemler ve öneriler, varsa ankraj hakkında detay öneri ve bilgiler, uygulama aşamasında karşılaşılabilecek herhangi bir problem veya farklı bir zemin profili hakkında alınması gereken önlemler, boy ve kot detayları, uyulması gereken iş güvenliği hakkında bilgiler verilmelidir.

#### **2.4.2.12. Yararlanılan Kaynaklar**

Rapor içeriğinde kullanılan, faydalanılan veya atıf yapılan tüm kaynaklar bu bölümde verilmelidir.

#### **2.4.2.13. Ekler**

Rapor içerisinde kullanılan her türlü bilgiliyi destekleyici resmi dokümanlar burada verilmelidir. Ek olarak diğerk mühendislik ve mimarlık disiplinleri tarafında hazırlanan sondaj logları, form, föy, planlar, fotoğraflar vb. çıktılar bu bölümde bulunmalıdır.



## BÖLÜM 3

### İRDELENEN PROJELERİN DETAYLARI VE GEOTEKNİK ÇÖZÜMLER İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

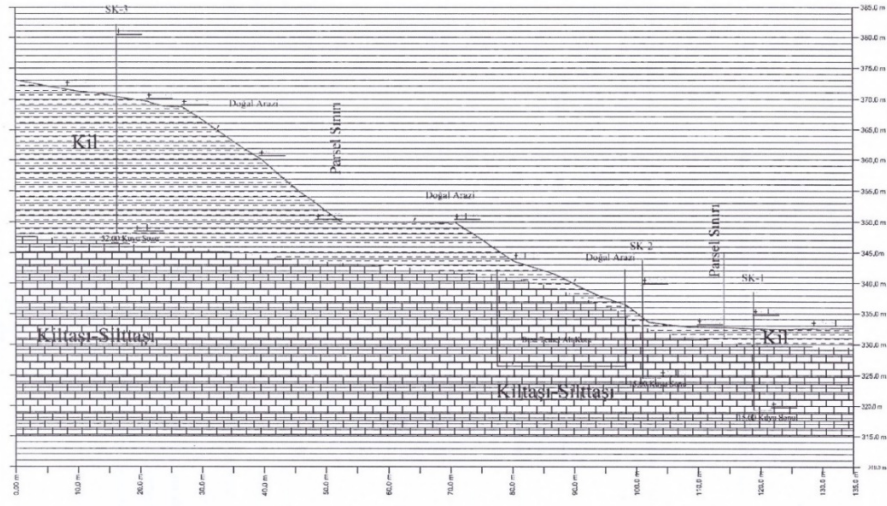
#### 3.1. VAKA 1

##### 3.1.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler

Çalışmamıza konu olan bu rapor, Karabük ili Merkez ilçesi üzerinde projelendirilen yapının çevre iksa ve şev değerlendirmesini yapmak amacıyla oluşturulmuştur. Söz konusu proje alanı, Merkez ilçe ile Safranbolu ilçesi arasında yer almaktadır. Rapor oluşturma tarihindeki ilgili yönetmeliklere göre proje konumu 1.derece deprem bölgesinde kalmaktadır. Bu sebeple yapıların 50 yıllık ömrü içinde maruz kalması beklenen ivme değeri 0.40 g'den büyük olarak belirlenip hesaplamalarda bu değer dikkate alınmıştır.

İnceleme alanında geoteknik modelin oluşturulması için 3 adet araştırma sondajı yapılarak bu sondajlardan elde edilen numunelerden zemin özellikleri ortaya konulmuştur. Sondaj verileri ve arazi gözlemlerinden elde edilen geoteknik model Şekil 3.1'deki gibi olup analizlerde bu model kullanılmıştır. Ayrıca çalışma alanında herhangi bir yer altı su seviyesine rastlanılmadığı da bu raporda vurgulanmış olup değerlendirmelerde YASS yok sayılmıştır.

Raporda kil birim içerisinde yapılan standart penetrasyon deneyi (SPT) sonucunda yapılan kıvam belirlemelerine göre zemin değerlendirmesi genel olarak çok katı-sert şeklinde yapılmıştır. Geoteknik analizlerde kullanılacak olan geoteknik zemin parametreleri arazi ve kaya-zemin laboratuvarı deney sonuçlarına göre hesaplanmış olup Çizelge 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.1 Proje alanı profil görünümü ve sondaj lokasyonları.

Çizelge 3.1. Vaka 1 zemin türü ve parametreleri.

Zemin türü	Tabaka Kalınlığı (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme açısı (°)	Elastisite Modülü (kN/m <sup>2</sup> )
Kil	0.00-3.00	18.0-18.5	5.0	28.0	20.000
Kiltası - Silttaşı	3.00-~20.00	18.0-19.0	50.0	29.0	55.000

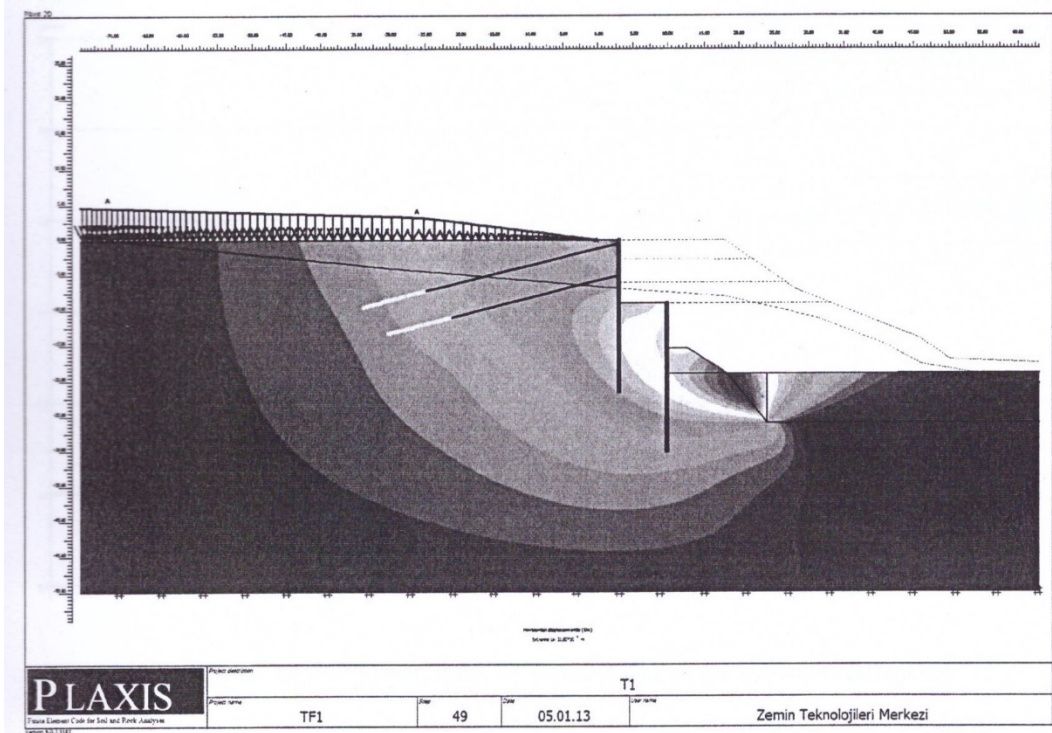
### 3.1.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi

Projeyi oluşturan geoteknik firması, projenin gereksinimleri ve geoteknik tasarım ilkelerini baz alınarak Şekil 3.2’de gösterilen vaziyet planı üzerindeki A-A kesiti üzerindeki değerlendirmeleri sonrasında projenin güvenle inşası ve ikamesi için iksa destek sistemlerine ihtiyaç duymuştur. Projede geoteknik değerlendirmeler Plaxis yazılımı ile yapılmış olup bu analiz sonucunda çift sıra, kademeli iksa sisteminin bahsi geçen problem için uygun olduğu önerisinde bulunulmuştur.

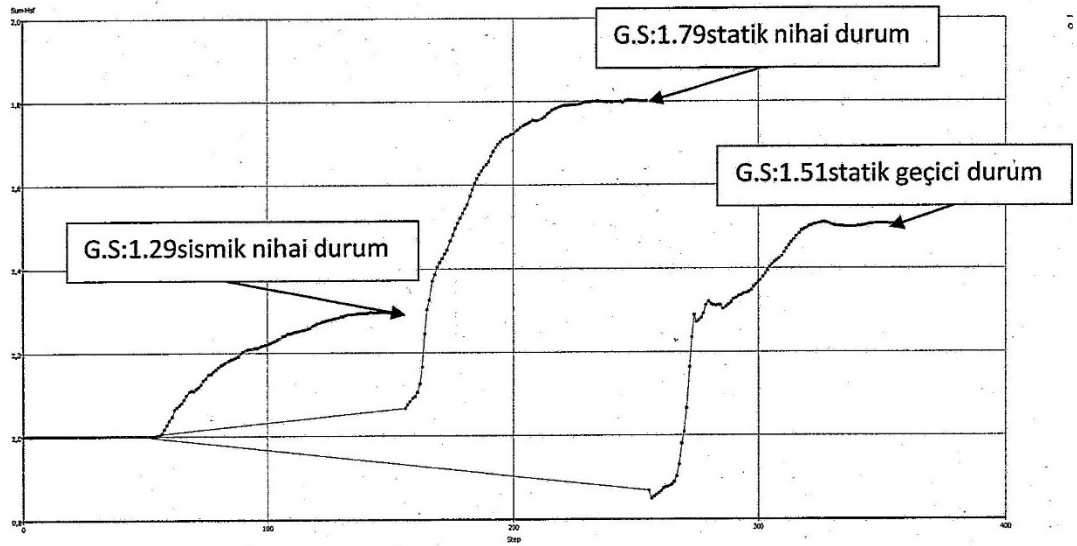


Şekil 3.2. Proje alanı uydu görünümü ve sondaj lokasyonları.

Bu destek sistemlerinde 100 cm çapında kazıklar ve 2 sıra yatay eksenle 15 derece açı yapacak şekilde ve düşeyde 5 metre aralıkla ankraj uygulanması önerilmiştir (Şekil 3.3). Plaxis programında yapılan statik ve dinamik analizlerle elde edilen güvenlik katsayıları (Şekil 3.4), muhtemel deplasmanlar ve kesit tesirleri değerlendirilerek projenin güvenle inşasının ankraj ve fore kazık ile mümkün olacağı sonucuna varılmıştır. Proje kapsamında yapılan betonarme donatı hesapları yapılmış ve C30 sınıfında beton, s420 sınıfında çelik kullanılması ve her bir kazık için boyuna donatının 26Φ24 olması önerilmiştir.



Şekil 3.3. Nihai kazı kotu statik durumda oluşan yatay deplasmanlar.



Şekil 3.4. Analiz sonrası statik ve dinamik durum güvenlik katsayıları

Yapılan tüm donatı hesaplamalarına göre araziye aplice edebilmek için çizim paftaları oluşturularak. Bu paftalarda;

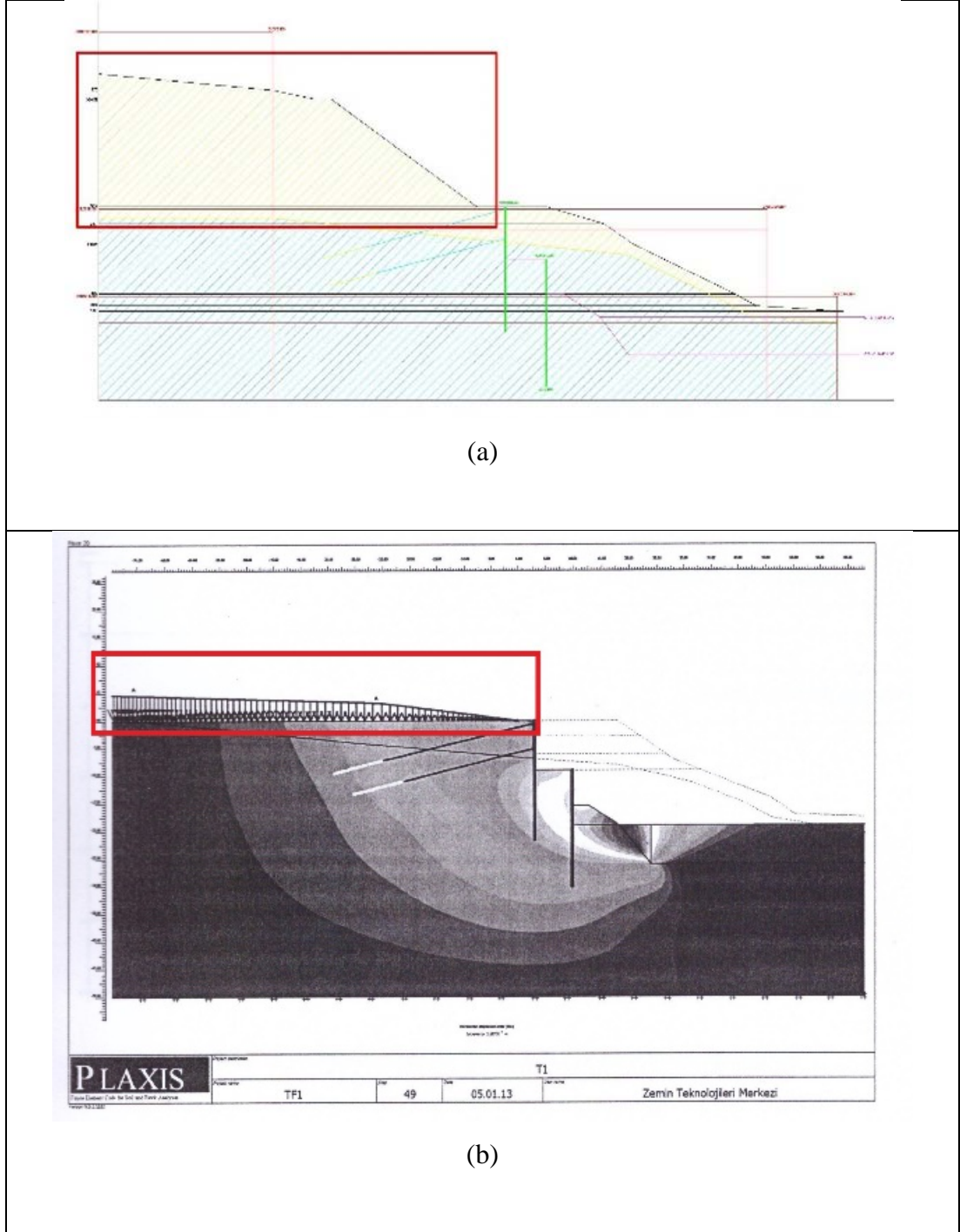
- Uygulama esnasında dikkat edilmesi gereken hususlar belirtilmiştir,

- Arazi uygulama plan paftası çizilmiştir,
- Çizilen plana göre 1. ve 2. Sıra kazık cephe görünüş paftaları çizilmiştir,
- Çizilen planda da gösterilen kesit çizgisi üzerinden kesit çizilmiş ve bu paftada ankraj yerleşim detayları verilmiştir,
- Hesaplamalara göre karar verilen kalıcı ankraj malzeme ve detay çizimleri, fore kazık boyuna donatı ve ankraj detayları çizimleri, başlık kirişi ve göğüsleme kirişi donatı ve yerleşim detayları verilmiştir,
- Drenaj için barbakan ve kafa hendeği detayları çizim paftasında işaretlenmiştir.

### **3.1.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme**

Vaka 1 isimli bu proje şev stabilite probleminin ortaya konulması amacıyla oluşturulmuş olup rapor ve çizim paftaları genel olarak formatlara uygundur. Bu proje, tez kapsamında hem geoteknik açıdan olabilecek eksiklerin belirlenmesi hem de alternatif geoteknik proje tartışmasının yapılabilmesi açısından incelenerek analiz edilmiştir. Tarafımızca yapılan analizlerde de Plaxis programı kullanılıp mevcut zemin parametreleri ile analiz yapılarak problem tanımlanmış ve proje gereksinimleri göz önünde bulundurularak geoteknik açıdan yeniden değerlendirilmiştir.

Rapor kapsamında analizlerde kullanılan zemin verileri için yapılan etüt ve deneylerin paftalarda belirtilen konumu analizlerde belirlenen arazi kesitinin üzerinde olmadığı gözükmektedir. Bu gibi farklı konumlardaki sondajlar analizlerin arazi ile uyumlu olmamasına ve uygulamada problemlere sebebiyet verebilmektedir. Ayrıca arazi deneylerinden elde edilen bilgilere dayanılarak tayin edilen zemin parametrelerinin nasıl elde edildiği hakkında raporda bilgi bulunmamaktadır. Raporda verilen ve analizlerde kullanılan A-A arazi kesiti paftalarda verilen kotlara göre incelendiğinde farklılıklar olduğu gözükmektedir. Şekil 3.5'ten de görüleceği üzere projenin uygulandığı şevin geoteknik modeli ile analizde kullanılan geoteknik model arasında farklılıklar mevcuttur. Rapor detaylıca incelendiğinde bu farklılığın arazi kesitinde 1 nolu kazık üzerindeki zeminin stabil olarak kabul edilip analizlere ek yük olarak dahil edildiği değerlendirilmiştir. Ancak bu yüklerin değerleri hakkında raporda herhangi bir bilgiye ulaşamamıştır.



Şekil 3.5. Rapor ve arazi arasındaki modelleme farklılığı. a) gerçek durum, b) analizdeki durum.

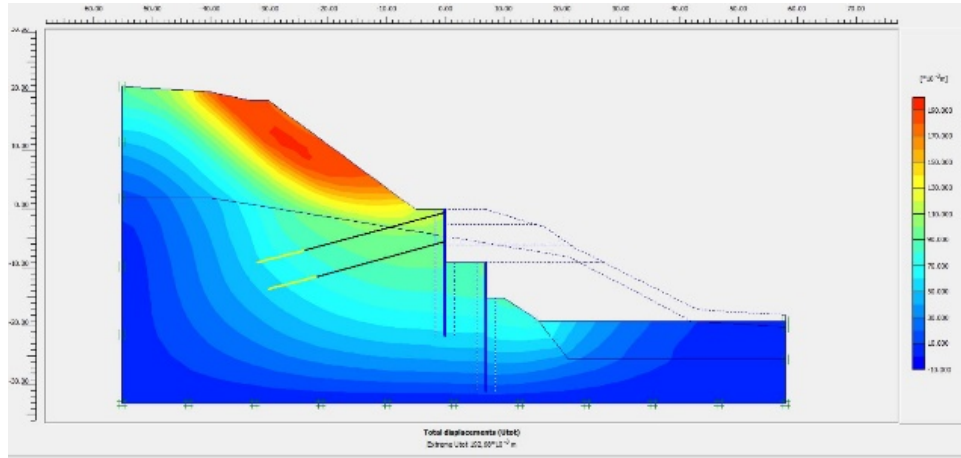
Fore kazık, ankraj tendon ve ankraj kök gibi materyallerin statik parametreleri raporda verilen değerler baz alınarak Plaxis yazılımına veri girişleri yapılmıştır. Kullanılan verilerin bazıları incelenen raporda belirtilmemiş olup bu durum rapor açısından büyük bir eksilik oluşturmaktadır. Bu sebeple tarafımızca analizlerde literatürde

geçerli olan değerler kullanılmıştır. Dikkat çeken diğer bir farklılık ise fore kazık betonarme çapının 100 cm. olarak belirlenmiş raporda ve pafta çizimlerinde bu şekilde uygulanmış olmasına rağmen raporda bu ölçüdeki bir kazık için verilen normal rijitlik (EA) ve eğilme rijitliği (EI) değerlerinin belirtilen kazık boyutu ile uyuşmamasıdır. Şekil 3.6’da gösterildiği üzere program bu değerleri kullanarak kazık çapını otomatik olarak hesaplamakta ve analizlerde kullanmaktadır. Bahsi geçen değerler, 0,866 m çaplı bir betonarme kazık için uygun nitelikte olup uygulamada 100 cm çap seçilmesinin nedeninin güvenli tarafta kalmak olduğu düşünülmektedir.

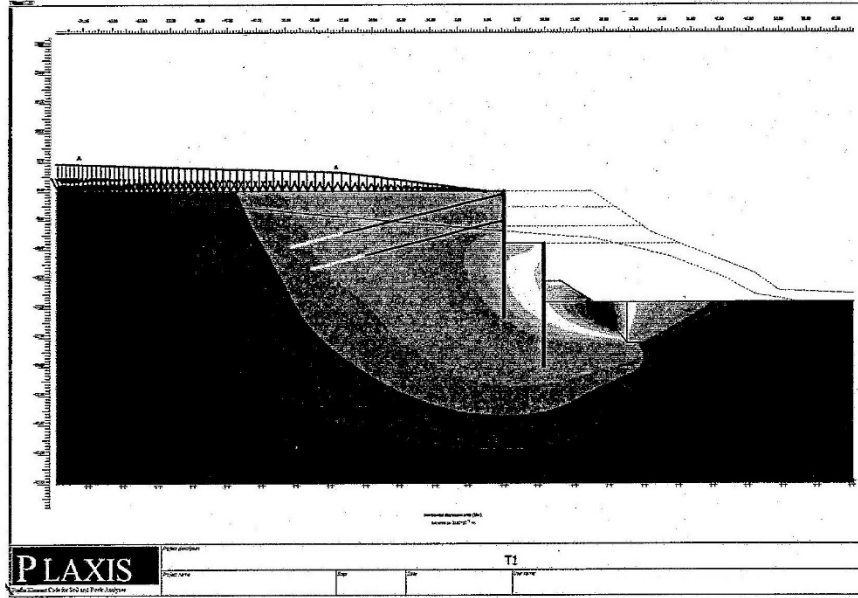
Property	Value	Unit
EA	2,141E+07	kN/m
EI	1,338E+06	kNm <sup>2</sup> /m
d	0,866	m
w	15,000	kN/m/m
v	0,150	
M <sub>p</sub>	1,000E+15	kNm/m
N <sub>p</sub>	1,000E+15	kN/m
Rayleigh α	0,000	
Rayleigh β	0,000	

Şekil 3.6. Forekazık özellikleri yazılım ekranı.

Modellemeler aşama aşama yapılmış olup bu ayrıntıya raporda da yer verilmiştir. Analiz aşamalarında kazıkların önüne yapılacak binanın temel alt kotuna kadar kazı yapılmış ancak son aşamada aynı zemin malzemesi ile nihai kota kadar geri dolgu yapılmıştır. Oysa ki analizlerde yapının da bu aşamada modellenerek gösterilmesi gerekirdi. Arazi kotlarına göre yapılan modelleme dikkate alındığında raporda elde edilen sonuçlarla tarafımızca yapılan analiz sonuçları arasında farklılıklar oluşmaktadır. Şekil 3.7’den de gözüktüğü gibi analiz sonrası oluşan toplam deplasmanlar farklı bölgelerde oluşmaktadır.



(a)



A-A Kesiti Statik Durum Nihai Kazı Kotunda Oluşan Yatay Deplasmanları

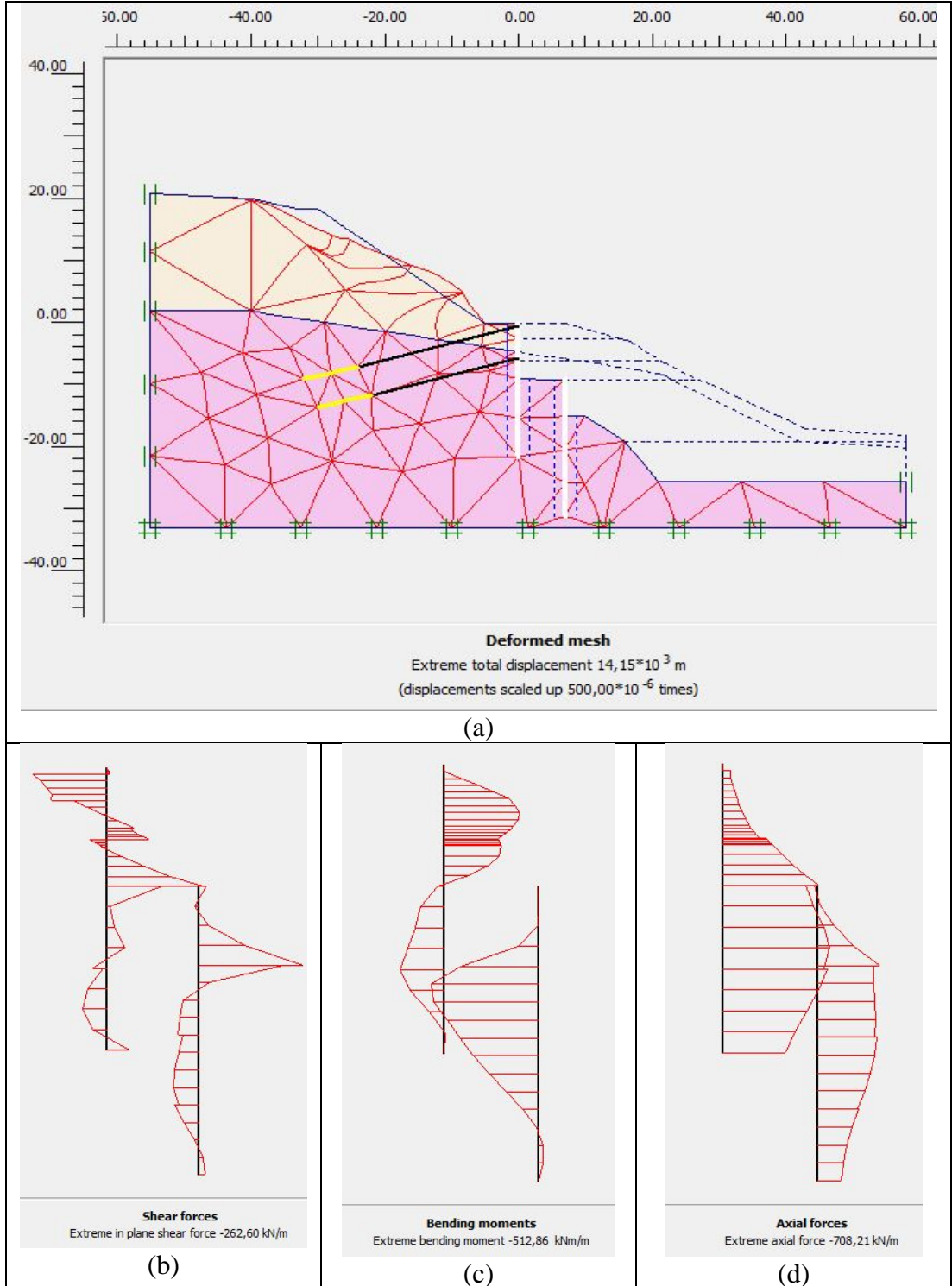
(b)

Şekil 3.7. Analizler arasındaki farklılıklar (Toplam deplasmanlar) (a. Tez çalışması kapsamında yapılan analiz b. Rapor kapsamında belirtilen analiz).

Vaka kapsamında tarafımızca yapılan analiz sonuçları Şekil 3.8’de verilmiştir. Bu sonuçlar ile rapor kapsamındaki sonuçlar karşılaştırıldığında fore kazıklar üzerinde oluşan en yüksek kesme kuvvetleri birbirine yakın değerler çıkmasına rağmen en yüksek moment değerlerinde farklılıklar oluşmuştur. Moment değeri raporda 868,56 kNm/m iken tarafımızca 512,86 kNm/m bulunmuştur. Rapor kapsamında bulunan



kesit tesirleri ile betonarme hesaplar yapılmıştır. Bu değerler tarafımızca yapılan analiz sonuçlarından daha yüksek olduğundan yapılan betonarme dizaynın yeteri kadar güvenli tarafta kaldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 3.8. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.

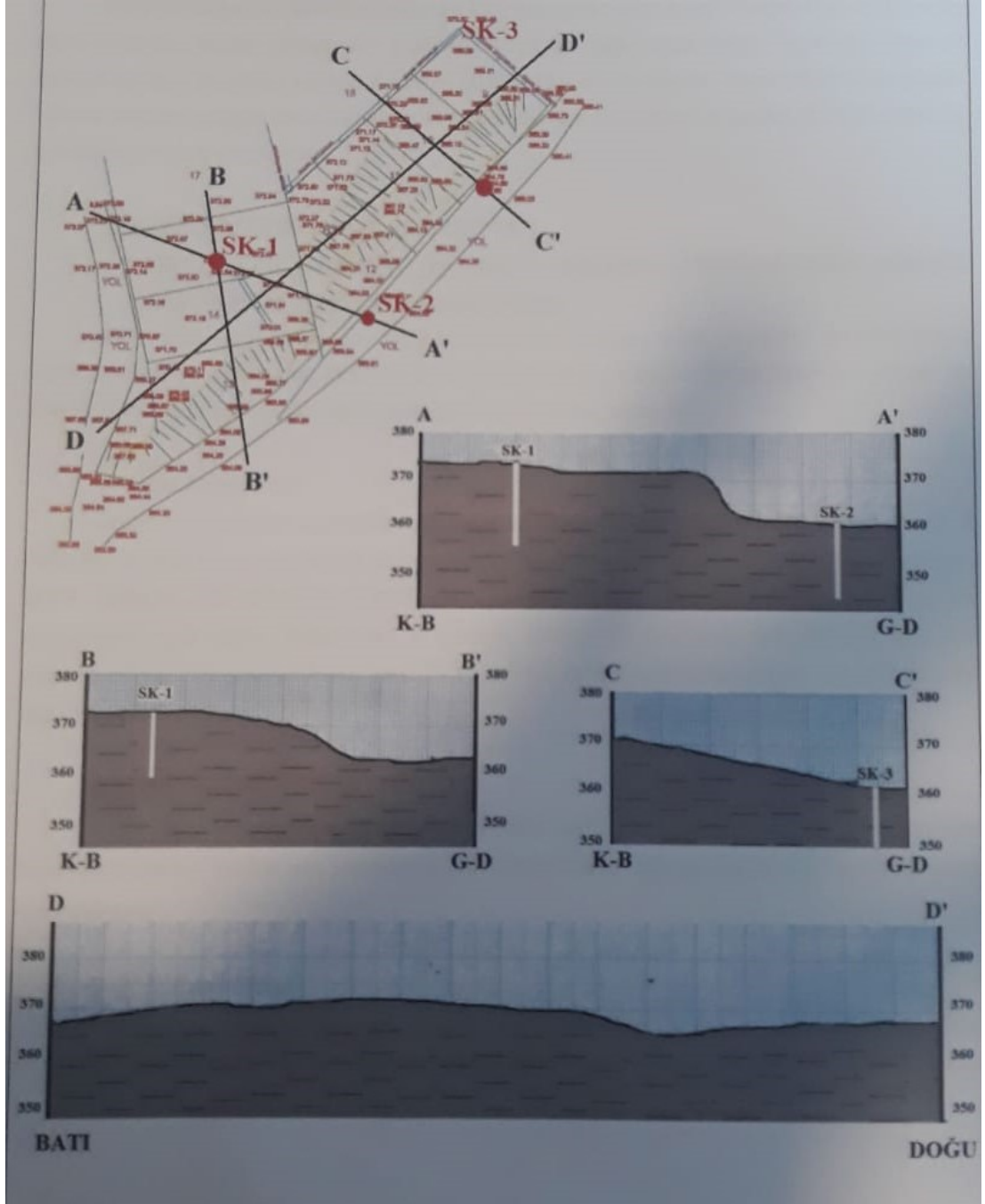
## 3.2. VAKA 2

### 3.2.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler

Bu rapor, Karabük ili Merkez ilçesinde inşası planlanan yapının çevre iksa ve şev değerlendirmesini yapmak amacıyla oluşturulmuştur. Rapor kapsamında;

- Zemin profili oluşturularak zeminlerin geoteknik özellikleri belirlenmiştir.
- Yeraltı suyu ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.
- Sahaya özel geoteknik sorun ortaya konularak bu sorunun çözümü için proje üretilmiştir.

Rapora konu olan alan ilgili yönetmeliklere göre 1.derece deprem bölgesinde kalmaktadır. Söz konusu arazi yoğun yapılaşmanın olduğu bölgede ve komşu parseller ile arasında kot farklarının fazla olduğu alanda bulunmaktadır. Bu sebepten çevre yapıların yakınlığı, insan ve araç trafiği önem arz etmektedir. İnceleme alanında 3 adet araştırma sondajı yapılmış olup bu sondaj verileri kullanılarak geoteknik model oluşturulmuştur (Şekil 3.9). Şekil 3.9'dan da görüldüğü üzere bölgede yer altı suyuna rastlanılmamıştır.



Şekil 3.9. Proje alanı profil görünümü ve sondaj lokasyonları.

Söz konusu rapora konu alan içerisinde bulunan zeminlerin siltli kil zeminler olduğu ifade edilmekte olup analizlerde kullanılan zemin mühendislik özellikleri Çizelge 3.2'deki gibidir.

Çizelge 3.2. Vaka 2 zemin mühendislik özellikleri.

Sondaj	Zemin türü	Tabaka Kalınlığı (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme açısı (°)	Elastisite Modülü (kN/m <sup>2</sup> )
SK-1	Kumlu Siltli Kil	0-15	19,5	50,52	4,5	-
SK-2	Kumlu Siltli Kil	0-15	19,7	53,06	5,5	-
SK-3	Kumlu Siltli Kil	0-15	19,5	63,16	5,6	-

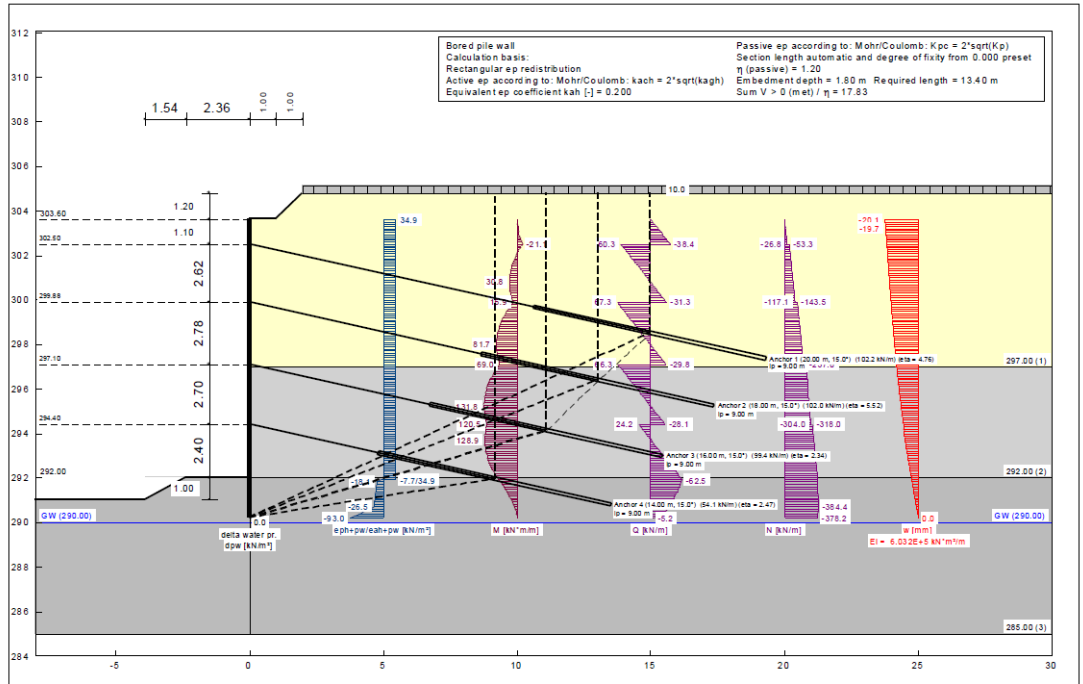
### 3.2.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi

Vaziyet planında (Şekil 3.10) gösterilen konumda bulunan mimari ve diğer disiplinlere ait proje ve tasarımlar değerlendirildiğinde sarı renkli çizgi üzerine iksa destek sistemlerine ihtiyaç duyulmuş. Bu sebepten ötürü duraylılığın sağlanabilmesi için söz konusu raporda tek sıra ankrajsız fore kazık sistemi önerilmiş ve bu değerlendirmeye göre analizler yapılmıştır.



Şekil 3.10. Proje alanı plan görünümü ve sondaj lokasyonları.

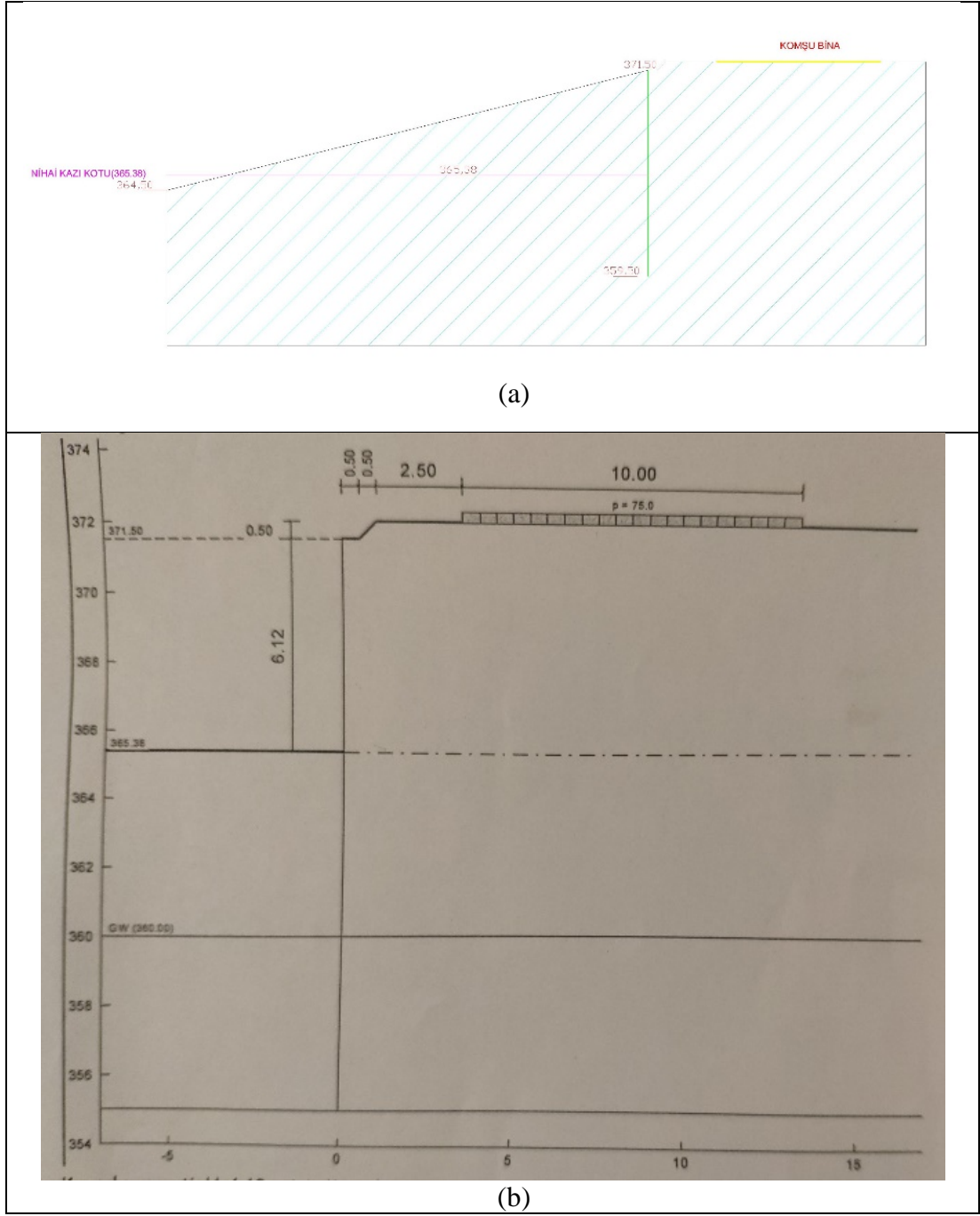
Bu vaka kapsamında idaredeki ilgili dosyalar incelendiğinde oluşan geoteknik problem çözüm için iki farklı firmanın raporu ile karşılaşılmıştır. İlk projede geoteknik değerlendirmeler Plaxis yazılımı ile yapılmıştır. Tadilatlı olan ikinci projede Ggu-Retain yazılımı kullanılmıştır. Tadilat ihtiyacı mimari vaziyet planındaki tesviye kotlarındaki değişimden kaynaklı yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda tek sıra, kademeli iksa sisteminin bahsi geçen problemin kontrol altına alınması için uygun olduğu değerlendirilmiştir (Şekil 3.11). Bu destek sisteminde 80 cm çapında kazıklar 1,00 m aralıklarla uygulanmıştır. Analizlerde sürşarj yükü yapılar için 100 kN/m<sup>2</sup>, önündeki otopark ve yol için ise 10 kN/m<sup>2</sup> olacak şekilde tanımlanıp çözümlenmeler yapılarak deplasmanlar ve kesit tesirleri okunmuş ve böylece fore kazık sistemi için betonarme donatı hesapları yapılmıştır. Buna göre beton C30, çelik s420 sınıfında tayin edilmiş ve her bir kazık için montaj donatısı 20Φ20 ve fretaj donatısı Φ10/15 olacak şekilde tasarlanmıştır. Yapılan tüm donatı hesaplamalarına göre araziye applike edebilmek için çizim paftaları oluşturulmuştur. Proje ile ilgili tüm ayrıntılar planlarda ve paftalarda verilmiştir.



Şekil 3.11. Vaka 2 uygulama projesi analiz sonuçları.

### 3.2.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme

Vaka 2 kapmasında müellifleri tarafından yapılan analizlerde problemin tanımlanmasına yönelik olarak gözlemlenen en önemli eksiklik zemin parametrelerinin (Elastisite modülü vs.) her iki raporda da verilmemiş olmasıdır. Vaka dosyası kapsamında oluşturulan iki farklı rapor birlikte değerlendirilerek söz konusu eksiklikler tanımlanmaya çalışılmıştır. Her ne kadar iki raporda da farklı zemin özellikleri (zemin birim hacim ağırlığı, kohezyon, içsel sürtünme açısı, elastisite modülü, poisson oranı) ile değerlendirilmeler yapılmış olsa da onaylanmış olan iki rapor detaylı incelendiğinde problemin tanımı ve geoteknik problemin ortadan kaldırılması için önerilen kazık boyları, donatı çap ve sayıları, seçilen beton malzemesinin aynı olduğu gözükmektedir. Çizim paftaları incelendiğinde raporlarda elde edilen tüm malzeme özellikleri ile pafta detaylandırılması uyuşmaktadır. Genel olarak çizim paftaları saha kullanımı açısından uygun ve yeterli niteliktedir. Projenin tarafımızca analiz edilmesi ve tartışılması açısından, plankoteye göre hazırlanan arazi kesiti Şekil 3.12'deki gibidir. Modelin son rapor içerisinde bulunan modelleme kesiti ile aynı olduğu değerlendirilmektedir.



Şekil 3.12. Rapor ve arazi arasındaki modelleme karşılaştırması. a) gerçek durum, b) söz konusu rapordaki geoteknik model.

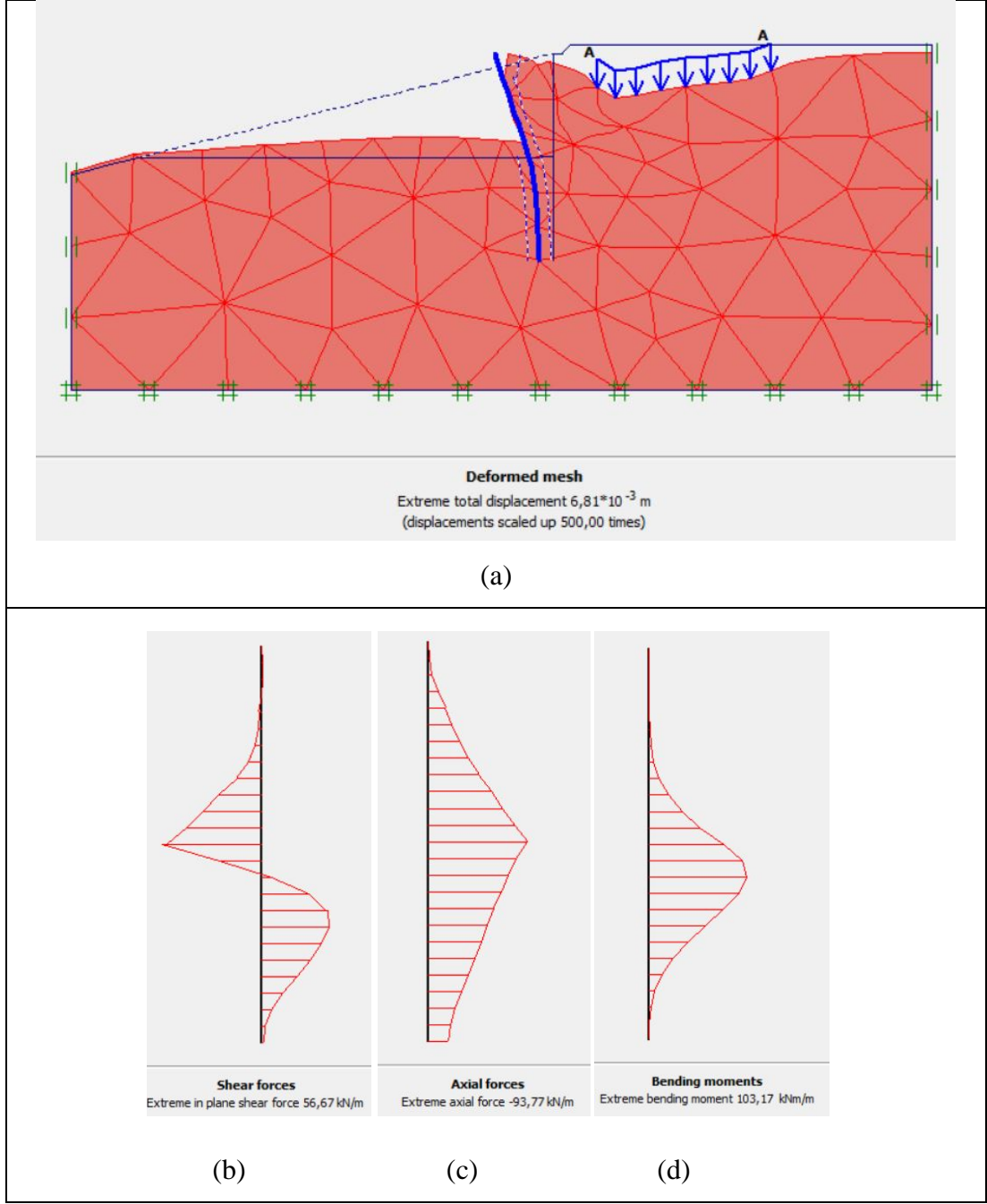
Yeniden değerlendirme Plaxis programı kullanılarak, inşaa aşamalarını dikkate almak suretiyle tarafımızca aşama aşama yapılmıştır. Fakat uygulama raporunda böyle bir uygulama olup olmadığı hususunda herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Plaxis programına girilen veriler konu rapordan alınan zemin verileri dikkate alınarak

yapılmıştır. Raporda açıklanmamış olan bazı veriler ise (eğilme rijitliği, normal rijitlik, poisson oranı vb.) literatürde geçerli olan verilerden elde edilmiştir.

Tarafımızca yapılan analizler ile elde edilen sonuçlar ve projeye altlık oluşturan analizlerden elde edilen sonuçlar arasında uyumsuzluk gözlenmektedir. Her iki analiz verileri birlikte değerlendirildiğinde uygulama projesinin daha yüksek moment ve yer değiştirme verilerine sahip olduğu görülmüştür. Bu farkın enstrüman tasarım parametrelerinin (eğilme rijitliği, normal rijitlik, poisson oranı vb.) farklı alınmasından da kaynaklanması olası olmakla birlikte söz konusu geoteknik projede bu verilerin olmaması ayrıca dikkat edilmesi gereken bir eksiklik olarak değerlendirilmiştir. Plaxis yazılımı ile yaptığımız analiz sonrası toplam yer değiştirme miktarı Şekil 3.12.a'da ifade edildiği üzere 6,81mm olarak hesaplanmış iken söz konusu raporda bu değer 125,7 mm olarak belirtilmiştir (Şekil 3.11). Konu raporda hesap sonucu moment değeri 558 kNm/m ve kesme kuvveti 300 kN/m olarak bulunmuşken (Şekil 3.11) bu değerler tarafımızca yapılan analizlerde sırasıyla 103,17 kNm/m ve 56,67 kN/m olarak bulunmuştur (Şekil 3.13). Projede elde edilen kesit tesirleri 1,30 yük faktörü ile artırılarak donatı miktarları hesaplanmıştır.

Sonuç olarak tarafımızca yapılan analiz sonuçları da dikkate alındığında belirlenen problem için önerilen iksa yapısının oldukça güvenli olduğu anlaşılmıştır. Problemin betonarme istinat duvarıyla da ortadan kaldırılacağı düşünülmektedir.





Şekil 3.13. Analiz sonrası sonuçları. a) toplam yer değıştirme, b) kesme kuvvetleri, c) aksenal kuvvetler, d) moment değeri.

### 3.3. VAKA 3

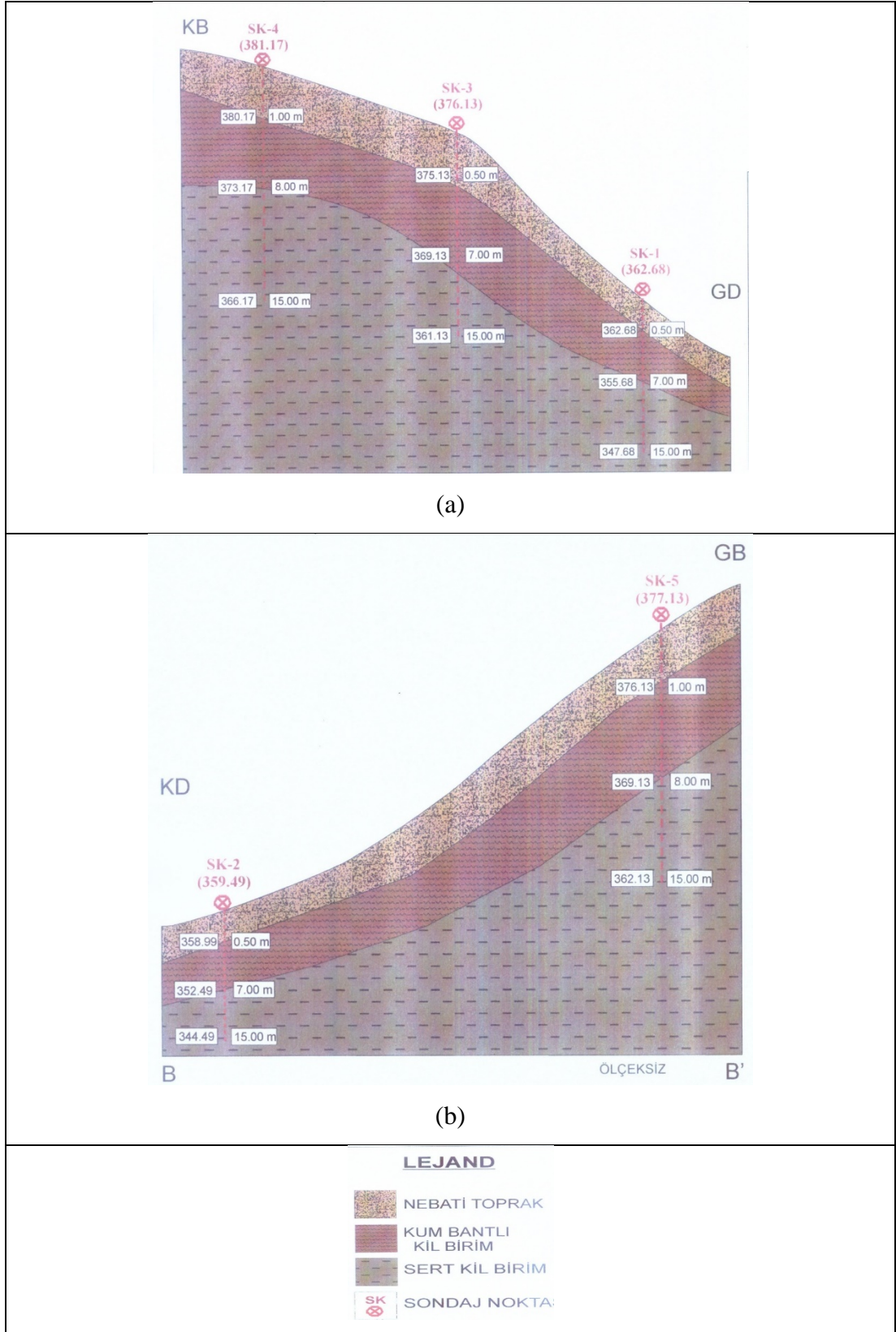
#### 3.3.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler

Karabük ili Merkez ilçesinde inşaları planlanan ayırık nizamlı, 5 bloklu konut yapılarının yapılması planlanmıştır. Bu blokların 4 tanesi 10 katlı 1 tanesi 11 katlıdır. Planlanan yapıların temel zeminlerinde taşıma gücü ve oturma problemlerinin olacağı parsele ait zemin etüt raporlarında vurgulanmış ve problemlerin giderilmesine yönelik olarak zemin iyileştirmesinin yapılması önerilmiştir.

İnceleme alanında 5 adet (Şekil 3.14) toplamda 75 m araştırma sondajı yapılarak zemin özellikleri ortaya konulmuş olup elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle Şekil 3.15'deki kesitler halinde zemin profilleri oluşturulmuştur. Çalışma alanında herhangi bir su seviyesine rastlanılmadığı raporlarda vurgulanmaktadır.



Şekil 3.14. Proje alanı profil görünümü ve sondaj noktaları.



Şekil 3.15. Zemin profilleri. a) 1-1 kesiti, b) 2-2 kesiti.

Geoteknik analizlerde kullanılacak olan geoteknik zemin parametreleri arazi deneyleri ve laboratuvar deney sonuçlarına göre hesaplanmış ve aşağıdaki Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Vaka 3 zemin mühendislik özellikleri.

Sondaj	Zemin türü	Tabaka Kalınlığı (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme açısı (°)	Elastisite Modülü (kN/m <sup>2</sup> )
SK-1	Nebati toprak	0-0,50m	-	-	-	-
SK-1	Kum bantlı kil	0,50-7,00m	19,64	66,06	5	
SK-1	Kil	7,00-15,00m	19,42	62,59	5	
SK-2	Nebati toprak	0-0,50m	-	-	-	-
SK-2	Kum bantlı kil	0,50-7,00m	23,64	72,97	4	
SK-2	Kil	7,00-15,00m	19,52	67,42	4	
SK-3	Nebati toprak	0-1,00m	-	-	-	-
SK-3	Kum bantlı kil	1,00-7,00m	19,87	61,56	5	
SK-3	Kil	7,00-15,00m	19,75	75,38	5	
Sk-4	Nebati toprak	0-1,00m	-	-	-	-
Sk-4	Kum bantlı kil	1,00-8,00m	20,00	62,79	4	
Sk-4	Kil	8,00-15,00m	19,98	81,34	4	
Sk-5	Nebati toprak	0-1,00m	-	-	-	-
Sk-5	Kum bantlı kil	1,00-8,00m	19,92	64,22	4	
Sk-5	Kil	8,00-15,00m	20,04	83,2	5	

### 3.3.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi

Parselde yapı alanları bazında yapılan zemin etüt çalışmalarında temel zeminlerinin emniyetli taşıma gücü ortalama 15~18 ton/m<sup>2</sup> olduğu yapılan oturma analizlerinde ise beklenen değerlerin 8~10 cm aralığında olduğu belirtilmiştir. Bu sebeple yapılardan temellere aktarılacak gerilmeler ve oturmaların büyüklüğü dikkate alındığında temel altı zemin iyileştirmelerin yapılması gerektiği düşünülerek söz konusu iyileştirme hesap ve analizlerin yapılmasına karar verilmiş

Bu projede geoteknik değerlendirmeler GGU-Axpile yazılımı ile yapılmıştır. Bu analizlerde güvenlik katsayısı en az 2,50 kabul edilmiş ve kazık oturmaları maksimum 1,00 cm olacak şekilde analizler yapılmıştır. 65 cm çapında temel altı kazıklar yapılması planlanmış ve farklı derinlikler için taşıma güçleri hesaplanmıştır.

Tasarımlar;

A blok için;

80 adet, 13 m boyunda donatısız temel altı fore kazık tasarlanmıştır. Fore kazık çapı 65 cm, fore kazığın beton sınıfı C20 olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Fore kazık üzerine 30 cm stabilize dolgu, stabilize dolgunun üzerine 10 cm grobeton dökülerek işleme alınmıştır. Radye temel kalınlığı 80 cm alınarak tasarım yapılmıştır.

B blok için;

88 adet, 11 m boyunda donatısız temel altı fore kazık tasarlanmıştır. Fore kazık çapı 65 cm, fore kazığın beton sınıfı C20 olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Fore kazık üzerine 30 cm stabilize dolgu, stabilize dolgunun üzerine 10 cm grobeton dökülerek işleme alınmıştır. Radye temel kalınlığı 60 cm alınarak tasarım yapılmıştır.

C blok için;

80 adet, 10 m boyunda donatısız temel altı fore kazık tasarlanmıştır. Fore kazık çapı 65 cm, fore kazığın beton sınıfı C20 olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Fore kazık üzerine 30 cm stabilize dolgu, stabilize dolgunun üzerine 10 cm grobeton dökülerek işleme alınmıştır. Radye temel kalınlığı 75 cm alınarak tasarım yapılmıştır.

D blok için;

80 adet, 10 m boyunda donatısız temel altı fore kazık tasarlanmıştır. Fore kazık çapı 65 cm, fore kazığın beton sınıfı C20 olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Fore kazık üzerine 30 cm stabilize dolgu, stabilize dolgunun üzerine 10 cm grobeton dökülerek işleme alınmıştır. Radye temel kalınlığı 75 cm alınarak tasarım yapılmıştır.

E blok için;

70 adet, 14 m boyunda donatısız temel altı fore kazık tasarlanmıştır. Fore kazık çapı 65 cm, fore kazığın beton sınıfı C20 olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Fore kazık üzerine 30 cm stabilize dolgu, stabilize dolgunun üzerine 10 cm grobeton dökülerek işleme alınmıştır. Radye temel kalınlığı 70 cm alınarak tasarım yapılmıştır.

Yapılan tüm temel altı kazık projelerinde kazıklar sert kil birimine yaklaşık 3-5m aralığında yerleşecek şekilde tasarım yapılmıştır. Zemin iyileştirme işlemleri sonucunda yapıların temel tasarımlarında kullanılmak üzere emniyetli zemin gerilmeleri ve yatak katsayıları rapor sonucunda tasarımcı mühendise verilmiştir. Yapılan tüm donatı hesaplamalarına göre araziye aplike edebilmek için çizim paftaları oluşturulmuş.

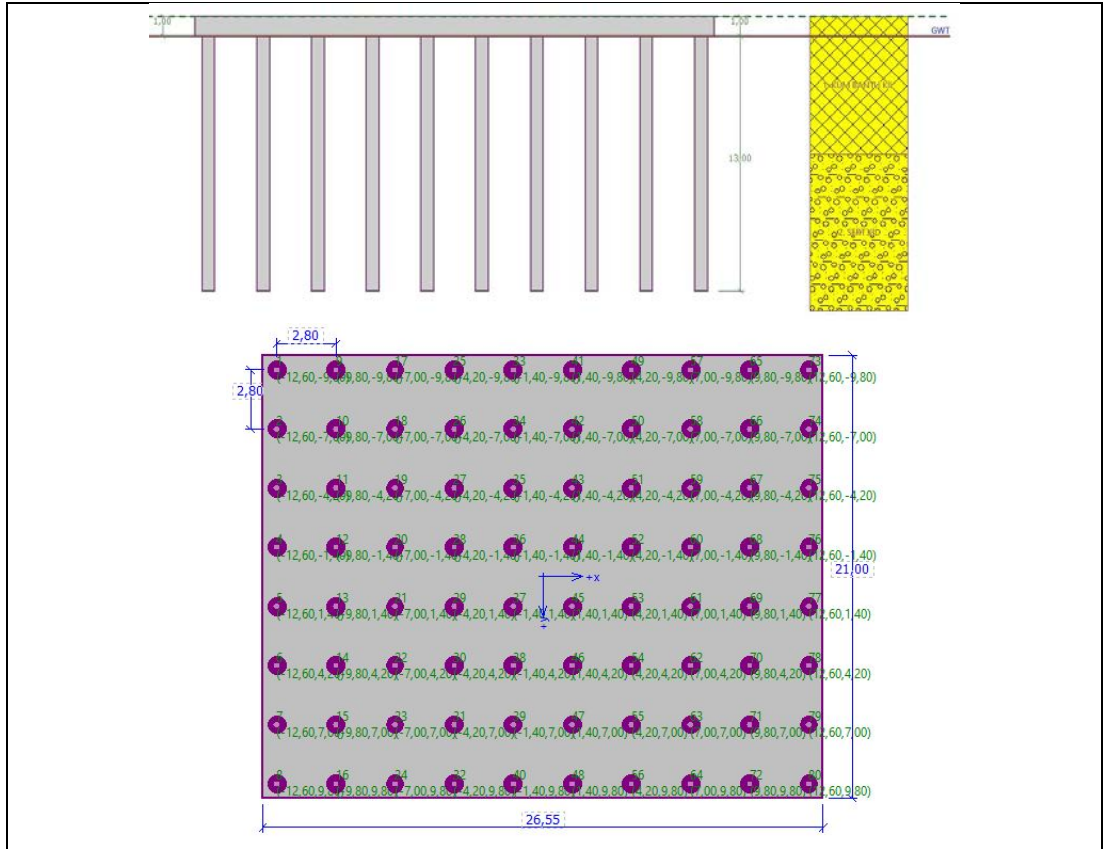
### **3.3.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme**

Vakaya ait problem ve rapor incelendiğinde yapıların yüksek katlı olmaları, zemin taşıma gücünün nispeten düşük olması, arazinin genel olarak eğimli bir yapıda olması ve zemin birinin kil olması farklı oturmaların oluşmasına sebebiyet verecektir. Bu

sebeplerden ötürü temel altlarında iyileştirme yapılması gerekmiştir. Kazık boyları seçilirken temel altına denk gelen seviyedeki katı kil birime soketlenmeleri hedeflenmiştir.

Yapılan zemin iyileştirme analizleri yapı yüklerine, yapı boyutlarına, kullanılan zemin parametrelerine ve zemin profillerine sadık kalınarak tarafımızca Geo5 Pile Group yazılımında yeniden değerlendirilmiştir. Kullanılan bazı zemin parametreleri (deformasyon modülü  $E_{def}$ , poisson oranı) geoteknik raporda veya zemin etüt raporunda verilmediğinden literatürde zemin birimine karşılık gelen değerlerden alınmıştır. Yapılan bu değerlendirmeler her yapı bloğu için ayrı ayrı yapılmıştır.

Tüm bloklar için oluşturulan zemin profili ve kazık yerleşim planı Şekil 3.16'daki gibi modellenmiştir. Yukarıdaki belirtilen hususlar çerçevesinde yapılan hesap sonuçları Şekil 3.16'da görüleceği üzere 2 olarak belirlenen güvenlik faktörünün üzerinde değer olduğundan ötürü yapılan iyileştirme güvenlidir diyebiliriz.



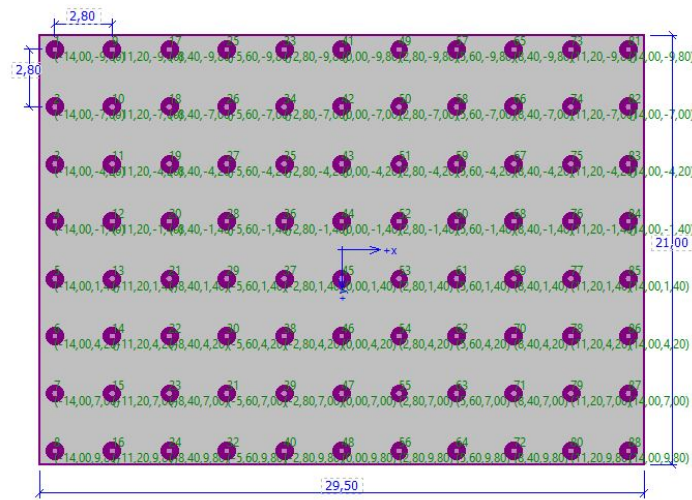
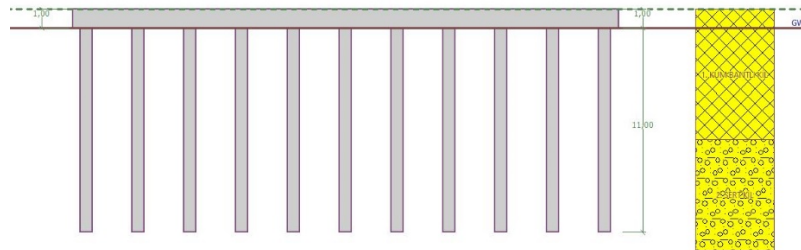
**Analysis of bearing capacity of pile group in cohesive soils**

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Average undrained shear strength along the piles  $c_{us} = 73,70$  kPa  
 Undrained shear strength at base of pile group  $c_{ub} = 81,34$  kPa  
 Cohesion group bearing capacity factor  $N_{cg} = 6,36$   
 Vertical bearing capacity of pile group  $R_g = 386470,04$  kN  
 Maximum vertical force  $V_d = 88250,00$  kN  
 Safety factor =  $4,38 > 2,00$

Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY

(a)



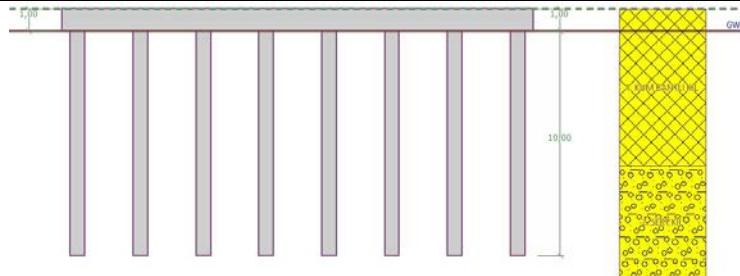
**Analysis of bearing capacity of pile group in cohesive soils**

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

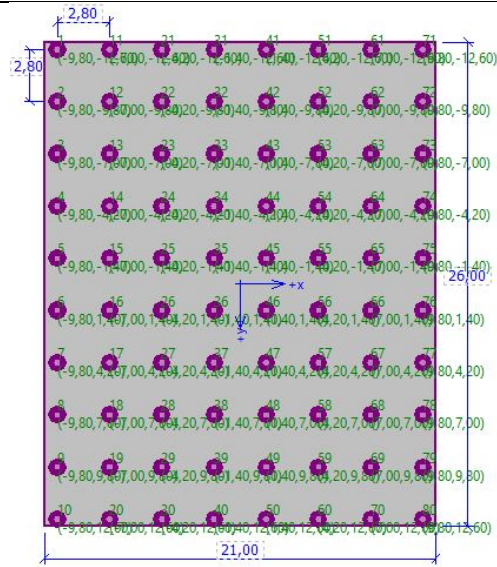
Average undrained shear strength along the piles  $c_{us} = 72,43$  kPa  
 Undrained shear strength at base of pile group  $c_{ub} = 81,34$  kPa  
 Cohesion group bearing capacity factor  $N_{cg} = 6,14$   
 Vertical bearing capacity of pile group  $R_g = 397068,27$  kN  
 Maximum vertical force  $V_d = 91368,10$  kN  
 Safety factor =  $4,35 > 2,00$

Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY

(b)





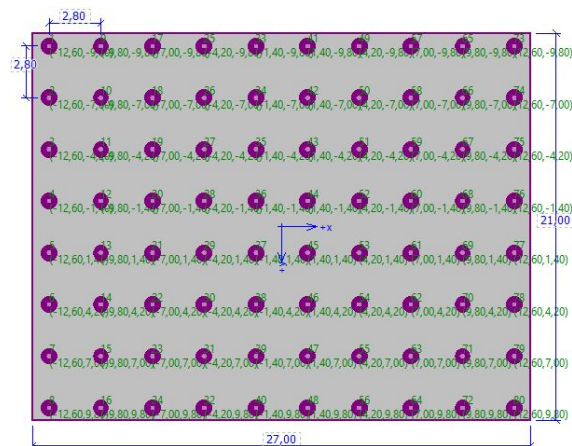
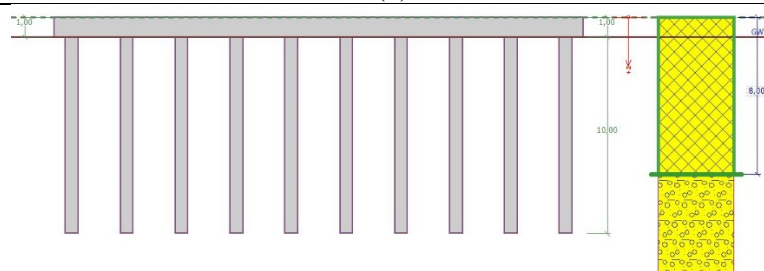


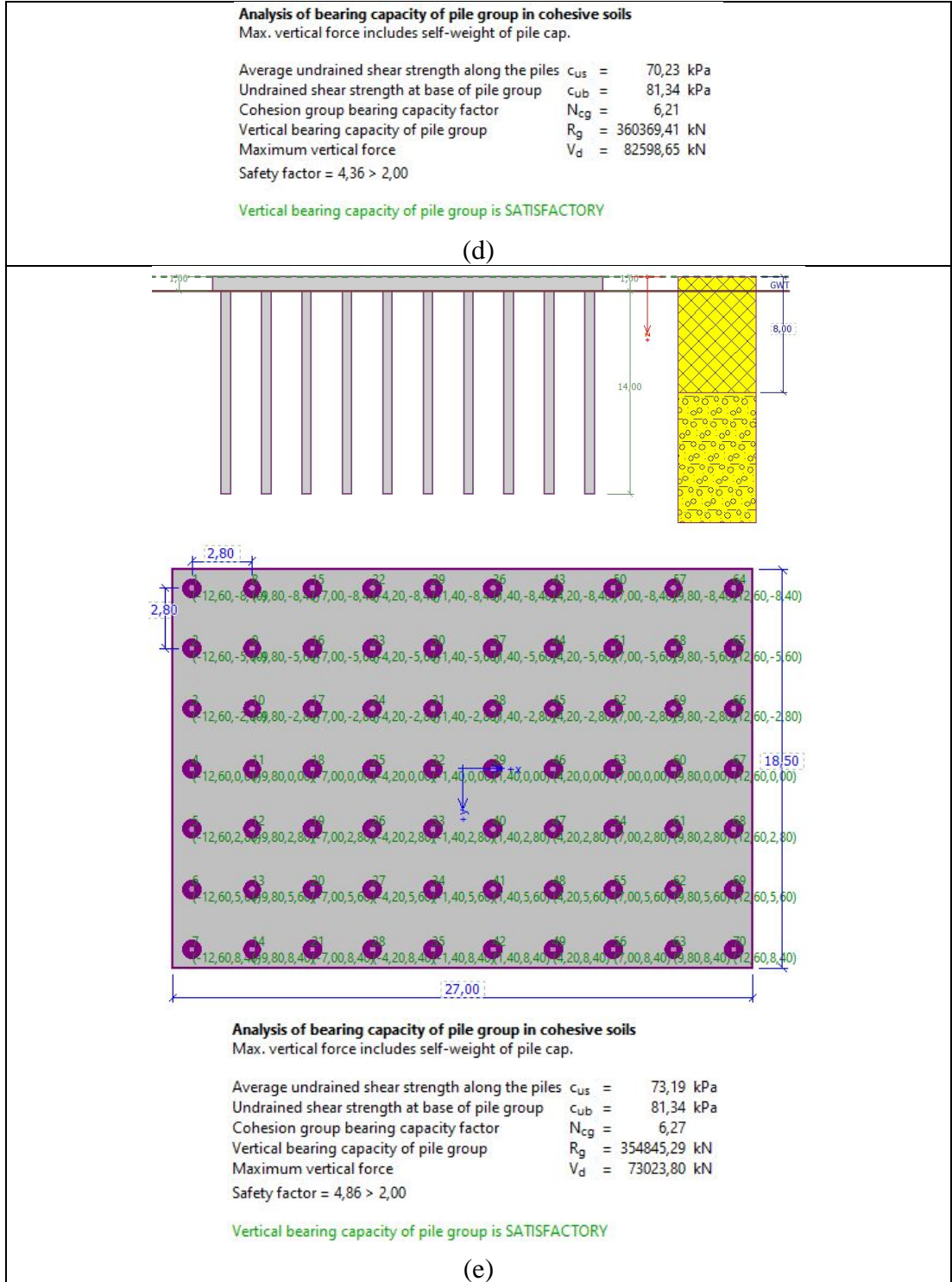
**Analysis of bearing capacity of pile group in cohesive soils**  
 Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Average undrained shear strength along the piles  $c_{us} = 71,62$  kPa  
 Undrained shear strength at base of pile group  $c_{ub} = 81,34$  kPa  
 Cohesion group bearing capacity factor  $N_{cg} = 6,25$   
 Vertical bearing capacity of pile group  $R_g = 351822,08$  kN  
 Maximum vertical force  $V_d = 82115,65$  kN  
 Safety factor =  $4,28 > 2,00$

Vertical bearing capacity of pile group is **SATISFACTORY**

(c)





Şekil 3.16. Kazıklı zemin profili, kazık yerleşim planı, analiz sonuçları yazılım ekran görüntüleri. a) A blok, b) B blok, c) blok, d) D blok, e) E blok.

Sonuç olarak yapılan donatısız zemin iyileştirme işlemleri bu projeler için geoteknik yönden uygun yöntem olarak gözükmektedir. Ancak elde edilen güvenlik faktörlerinin

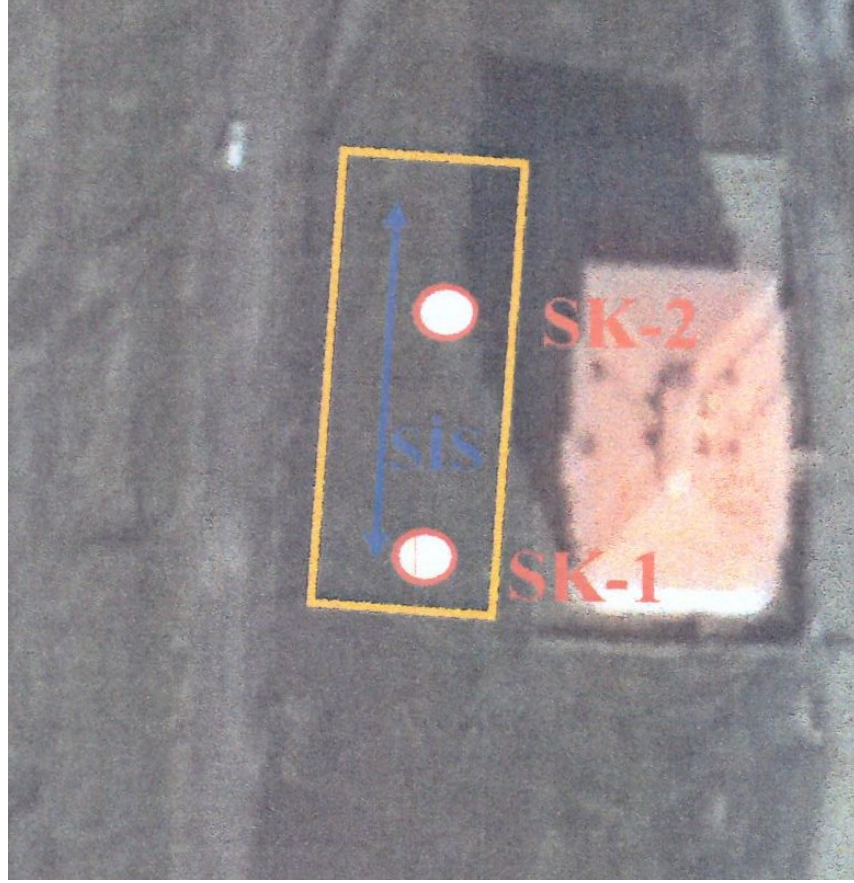
yüksekliğinden kaynaklı olarak daha ekonomik yöntemler üzerine çalışmak gerektiği tarafımızca değerlendirilmektedir.

### **3.4. VAKA 4**

#### **3.4.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler**

Tez kapsamında Karabük ili Merkez ilçesinde bulunan konut amaçlı kullanılan ayırık nizamlı 6 katlı yapının çevre şev stabilitesini ve duraylılığını ortaya koymak niyetiyle düzenlenen proje tarafımızca değerlendirilmeye alınmıştır. Bu proje genel itibarıyla inşaat alanındaki şevin duraylılığını sağlamak için planlanan iksa yapısının analizini içermektedir. Proje alanında yapılması planlanan yapının nihai kazı kotu ile doğu cephede bulunan komşu bina temel kotu arasında 5m fark bulunmaktadır. Yapıların parsel sınırına da yakın inşa ediliyor olmasının problem teşkil edeceği düşünülmektedir. Derlenen geoteknik raporda, çalışmaya konu olan bu projenin bulunduğu alandaki zemin birimlerinin dayanım ve deformasyon özellikleri, kazı stabilitesi, çevre yükü, yapı etkileşimi gibi değişkenler değerlendirilmiş ve rapor edilmiştir.

Proje alanında yapılan toplam derinliği 30 m olan 2 adet araştırma sondajından yola çıkılarak temel ve şev malzemesinin özellikleri ortaya konulmuştur (Şekil 3.17). Vaka 4 olarak isimlendirdiğimiz ilgili raporda inşaat alanında herhangi bir yer altı su seviyesine rastlanılmadığı belirtilmekle birlikte geoteknik analizlerde kullanılacak olan zemin parametreleri arazi deneyleri ve laboratuvar deney sonuçlarına göre Çizelge 3.4 'teki gibi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca yapılan hesaplamalara göre temel zeminini teşkil eden kil biriminin ortalama taşıma gücü  $q_{em}=1,75 \text{ kg/cm}^2$  olarak belirlenmiştir.



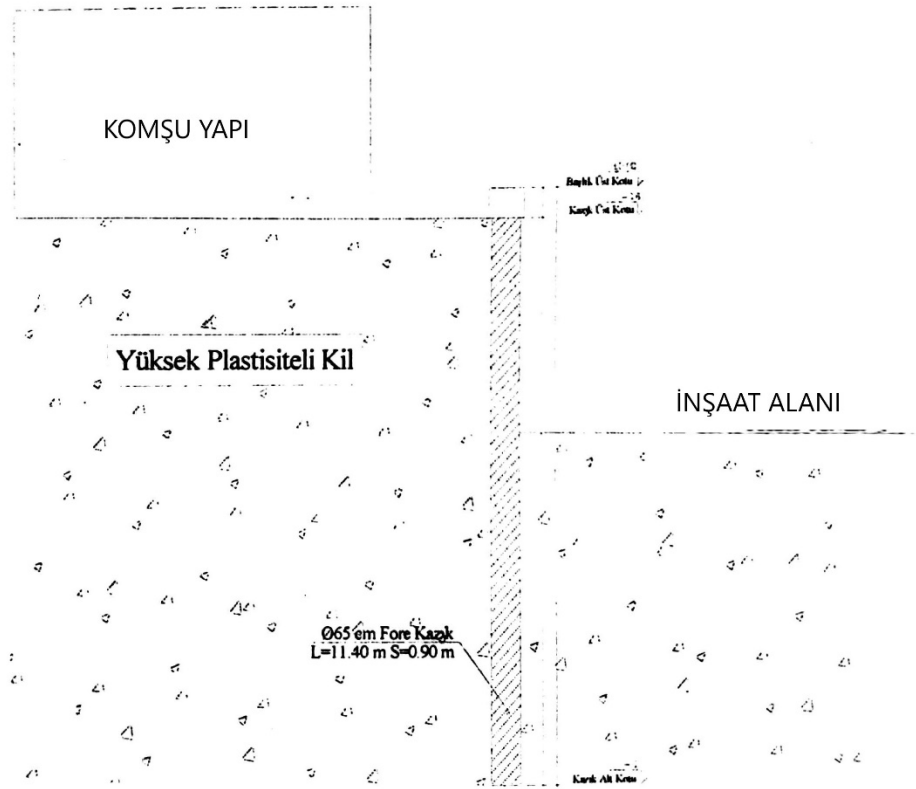
Şekil 3.17. Parsel proje alanı ve sondaj kuyularının konumu.

Çizelge 3.4. Vaka 4 zemin mühendislik özellikleri.

Sondaj	Zemin türü	Tabaka Kalınlığı (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme açısı (°)	Elastisite Modülü (kN/m <sup>2</sup> )
SK-1	Nebati	0-0,50m	-	-	-	-
SK-1	Yüksek Plastisiteli Kil	0,50-15,00m	18,4	35,30	15	-
SK-2	Nebati	0-0,50m	-	-	-	-
SK-2	Yüksek Plastisiteli Kil	0,50-15,00m	18,2	36,28	13	-

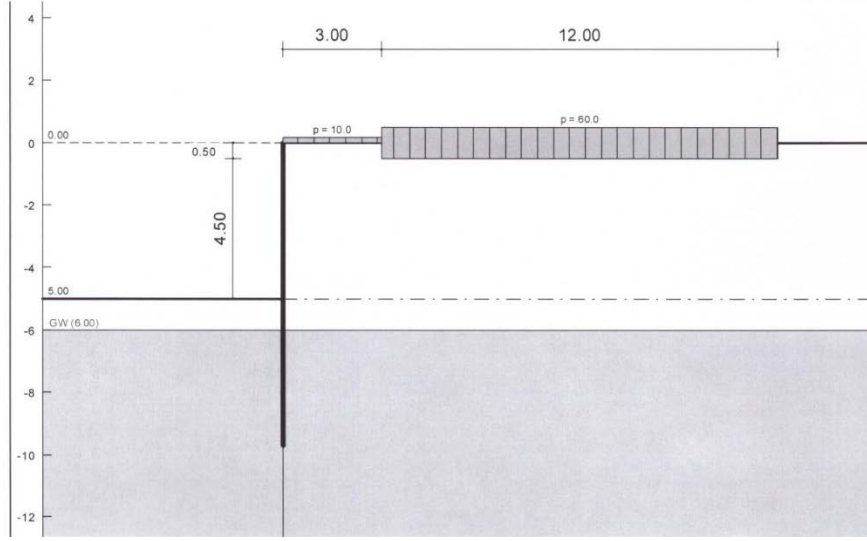
### 3.4.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi

Raporda planlanan yapı için tasarlanan kazının emniyetinin sağlanabilmesi için konu parselin doğu cephesinin 11 m uzunluğunda 65 cm çapında ve her birinin arasında 90 cm boşluk olan kazıklı bir dayanma yapısı ile desteklenmesinin uygun olduğu değerlendirilmiş ve Şekil 3.18'deki gibi bir ön tasarım yapılmıştır.



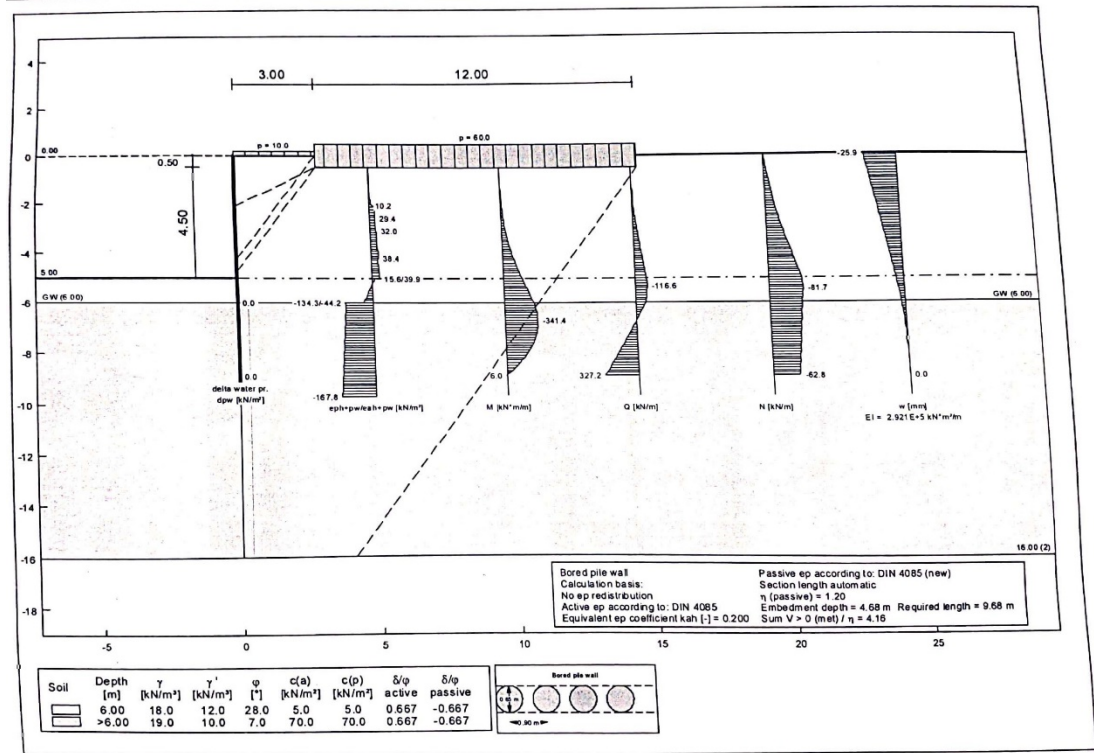
Şekil 3.18. Geoteknik ön tasarım arazi profili.

Bu projede geoteknik değerlendirmeler Ggu-retain yazılımı ile yapılmıştır. Stabilitate analizlerinde mevcut yapıdan gelecek sürşarj yükü  $60 \text{ kN/m}^2$  olarak hesaplara dahil edilmiştir (Şekil 3.19). Projede problemin durumu ve boyutu ortaya konulmamış ancak sorunun ortadan kaldırılması için belirlenen önleme yönteminin performansı analiz edilmiştir. Yapılan stabilite analizlerinde analiz yöntemi belirtilmemiş olmakla birlikte güvenlik sayısının 4.16 olduğu belirtilmiş ve bu değer 1,50 değerinden büyük olması sebebiyle uygulanabilir olduğu ifade edilmiştir.



Şekil 3.19. Analiz programında yapılan veri giriş ekranı.

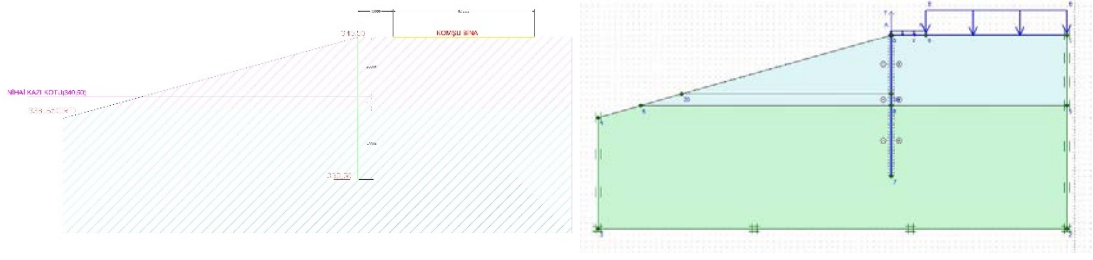
Projede tasarımı planlanan kazığın betonarme hesapları statik durum için 1,40 dinamik durum için 1,00 yük faktörü ile çarpılarak elde edilen nihai moment ve kuvvetlere (Şekil 3.20) göre yapılmıştır. Buna göre ilgili raporda fore kazığın C30 sınıfı beton ve s420 sınıfında donatı ile projelendirilmesinin uygun olduğu ortaya konulmuştur. Yine her bir kazık için montaj donatısı 15 $\Phi$ 20 ve fretaj donatısı da  $\Phi$ 10/15 olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Projede yapılan tüm donatı hesaplamalarına göre araziye applike edebilmek için çizim paftaları eksiksiz ve anlaşılır şekilde sunulmuştur. İlerleyen projelerde de ifade edileceği üzere genel olarak betonarme proje hesap ve detay çizimleri standartlara uygun yeterlilikte olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.20. Vaka 4 geoteknik rapor analiz sonuçları.

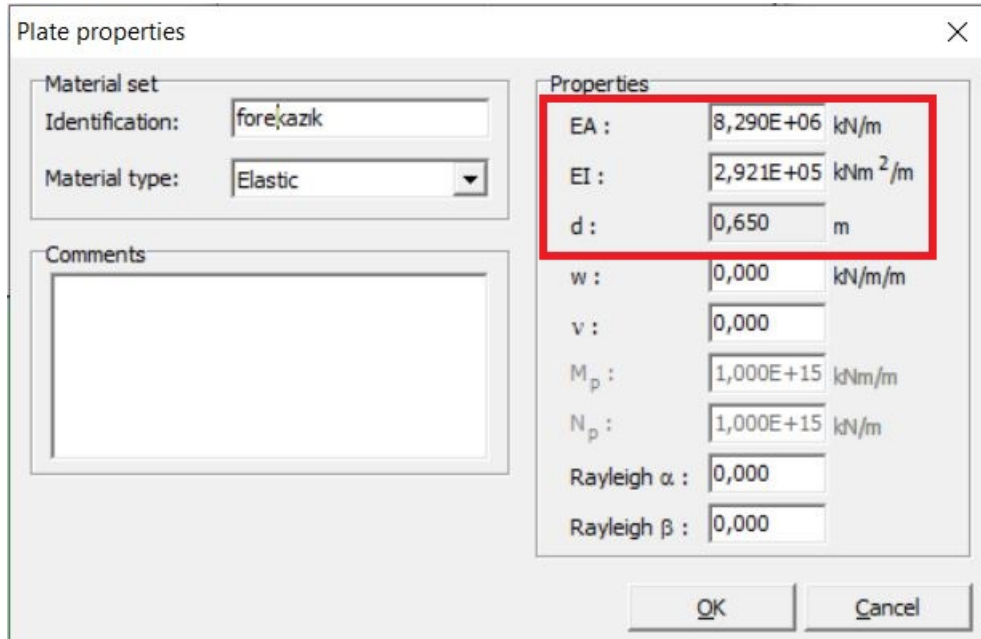
### 3.4.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme

Söz konusu vaka raporda ifade edilen zemin ve saha koşullarına sadık kalınarak tez kapsamında yeniden değerlendirilmiştir. Yerinde yapılan incelemelere göre raporda sunulan arazi kesiti, modellemesi ve pafta çizimleri genel olarak arazi ile uyumludur. Etüt kapsamında yapılan sondajlar baz alındığında stabilite analizlerinde kullanılan arazi modellemesi zemin etüt raporuna uygundur. Ancak raporda 0.00m-6.00m arası kil birim için zemin etüt raporunda içsel sürtünme açısı 15, kohezyon 35 kN/m<sup>2</sup> iken geoteknik raporda içsel sürtünme açısı 28, kohezyon değeri 5 kN/m<sup>2</sup> alınmıştır. 6.00m ve daha aşağı derinlikteki kil birim için tanımlanan değerler ise zemin etüt raporu deney sonuçları uyuşmaktadır. Tarafımızca yapılan analizlerde geoteknik raporda belirlenen ve tasarımcı tarafından kullanılan zemin ve malzeme verileri dikkate alınmıştır. Ayrıca yapılan analizler projede sunulan geoteknik modele bire bir bağlı kalınarak oluşturulmuştur (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Ön tasarım arazi kesiti ve Plaxis modelleme ekranı.

Tez kapsamında oluşturulan stabilite değerlendirmesi Plaxis yazılımı ile yapılmıştır. Programda modelleme yapılırken raporda belirtilen sürşarj yükü dikkate alınmış ve analizler bu doğrultuda yapılmış. Raporda belirtilmeyen zemin birimlerinden poisson oranları ve elastisite modülleri için literatürde belirtilen değerler dikkate alınmıştır. Fore kazık malzeme bilgilerinde eğilme rijitliği (EI) rapor ekinde belirtilmiştir. Kazık çapı 65cm seçildiği için normal rijitlik (EA) yakınsama ile programa girilmiştir (Şekil 3.22).

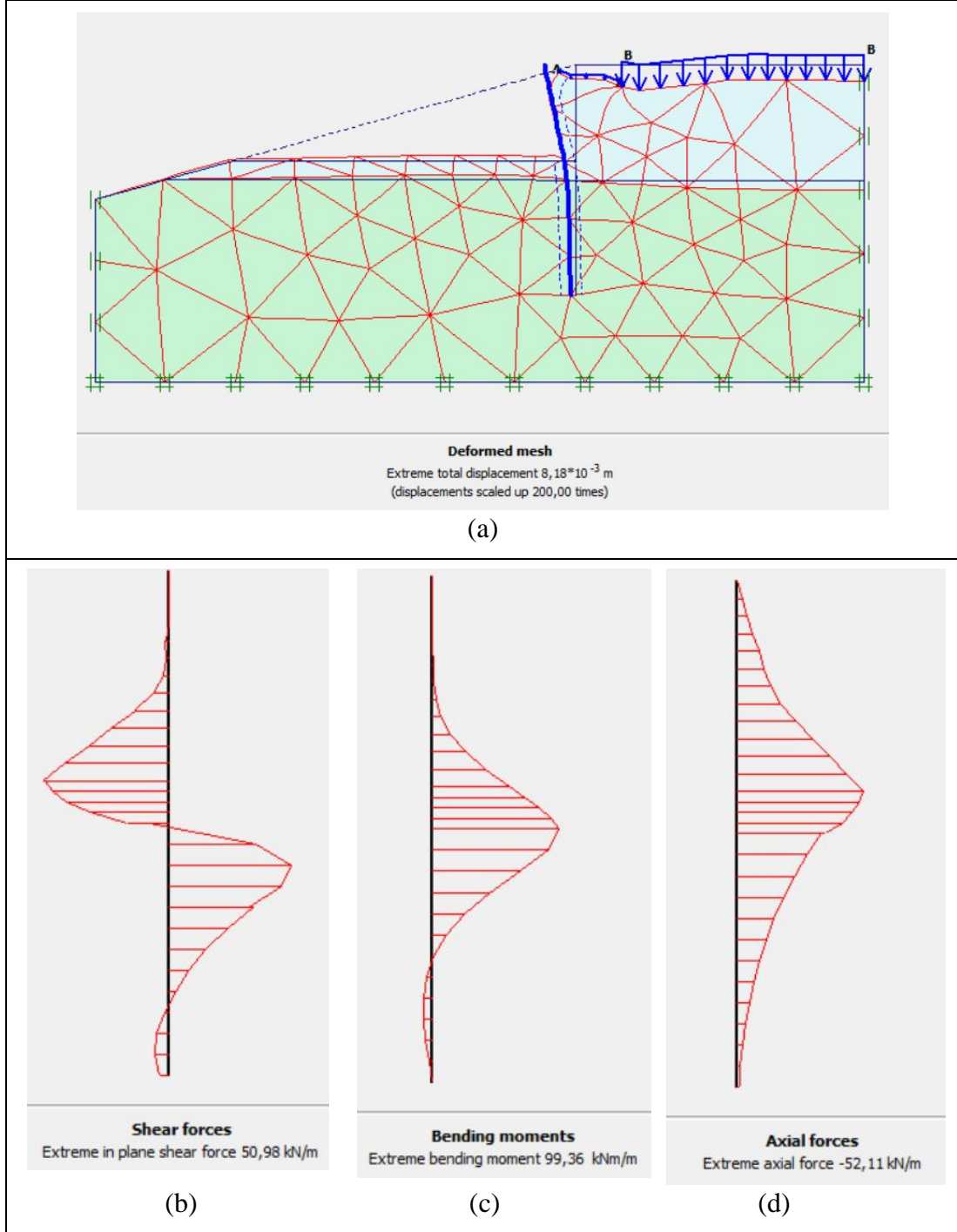


Şekil 3.22. Plaxis yazılımı forekazık veri giriş ekranı.

Plaxis yazılımı ile yapılan analiz sonuçları Şekil 3.23'de gösterildiği gibi olup söz konusu raporu doğrular niteliktedir. Ancak ilgili raporda (Şekil 3.20) verilen en yüksek moment 341,4 kNm/m, kesme kuvveti 116,6 kN/m, eksenel kuvvet 81,7 kN/m ve



maksimum yer değiştirme 25.9mm bulunmuş iken tarafımızca yapılan analiz neticesinde farklı bulunmuştur (şekil 3.23). Bu şekilden farklılıklar gözlemlenebilir.



şekil 3.23. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.

Analiz sonuçları karşılaştırıldığında geoteknik rapordaki değerler daha elverişsiz olduğu için tasarlanan iksa destek sisteminin güvenli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durum göstermektedir ki söz konu proje aşırı güvenli olarak dizayn edilmiş olup ekonomi ikinci planda tutulmuştur. Kazı derinliğinin 5 m ve tarafımızca yapılan analiz sonuçlarından elde edilen deformasyon ve kesit tesirleri dikkate alındığında bu projenin uygulama kolaylığı ve ekonomik durum göz önünde bulundurulduğunda betonarme istinat duvarı ile de çözülebileceği değerlendirilmektedir.

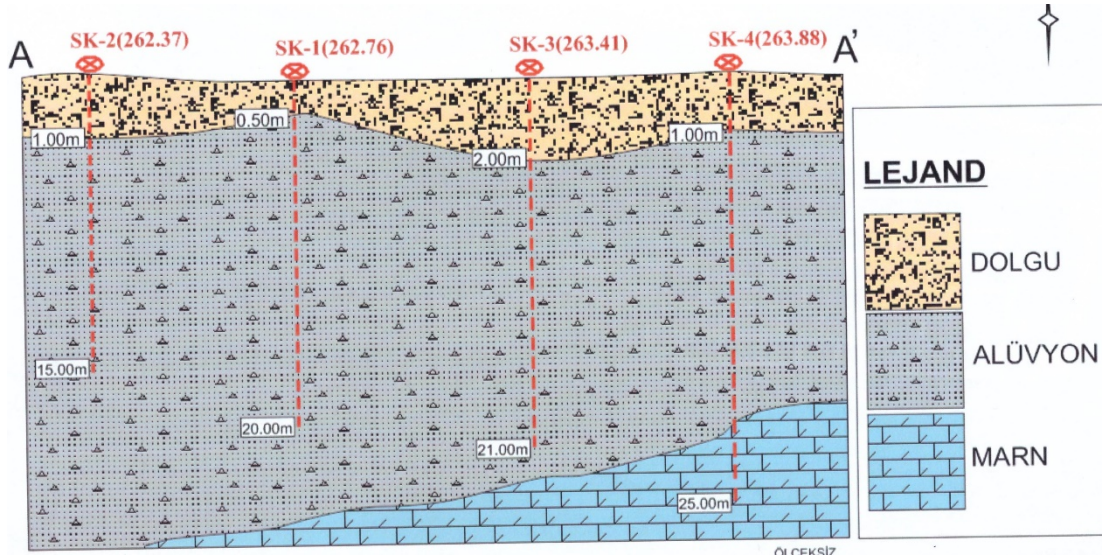
### **3.5. VAKA 5**

#### **3.5.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler**

Bu rapor, Karabük ili Merkez ilçesinde bulunan çarşı merkezi sınırları içerisinde iş merkezi inşası olarak planlanan yapının inşaat kazısı için geçici iksa ve şev değerlendirmesini yapmak amacıyla oluşturulmuştur. Proje alanında 4 bodrumlu toplamda 13 er kata sahip iki yapı yapılması planlanmıştır. Şehrin merkezinde bulunduğu için çevre yapılar eski, çok katlı, yüzeysel temelli ve yoğun kullanıma sahiptir. Arsa yanından geçen yol yoğun araç geçişine sahiptir. Ayrıca arsa Araç çayına da 170 m yakınlıkta bulunmaktadır. Akarsuyun kotu yaklaşık 255m civarındadır. Nihai kazı kotu ise 248.40 kotundadır. İnceleme alanında Şekil 3.24’de konumları belirlenen 4 adet araştırma sondajı yapılarak zemin özellikleri ortaya konulmuş ve elde edilen verilerin değerlendirmesiyle de Şekil 3.25’deki gibi bir zemin profili oluşturulmuştur.



Şekil 3.24. Proje alanı sondaj planı görünümü.



Şekil 3.25. Vaka 5 zemin profili.

Şekil 3.25'den de görüleceği üzere çalışma alanında 0.5-2 m kalınlığında dolgu malzemesi ve bu birimin altında da yer yer 18 m'den daha fazla kalınlığa sahip alüvyon ve bu birimin altında da marn seviyesi gözlenmektedir. Sahada yapılan sondajlardan yeraltı suyu seviyesinin 13 m derinlikte görüldüğü belirlenmiştir. Raporda alüvyon birim içerisinde kil miktarının %40 olması ve standart penetrasyon deney (SPT) verilerinden yola çıkılarak zeminde sıvılaşma riski olmadığı vurgulanmıştır. Çalışma sahası için geoteknik problemlerin tanımlanmasında ve analizlerde kullanılacak arazi

deneyleri ve kaya-zemin laboratuvar deney sonuçlarına göre elde edilen zemin parametreleri Çizelge 3.5’de verilmiştir.

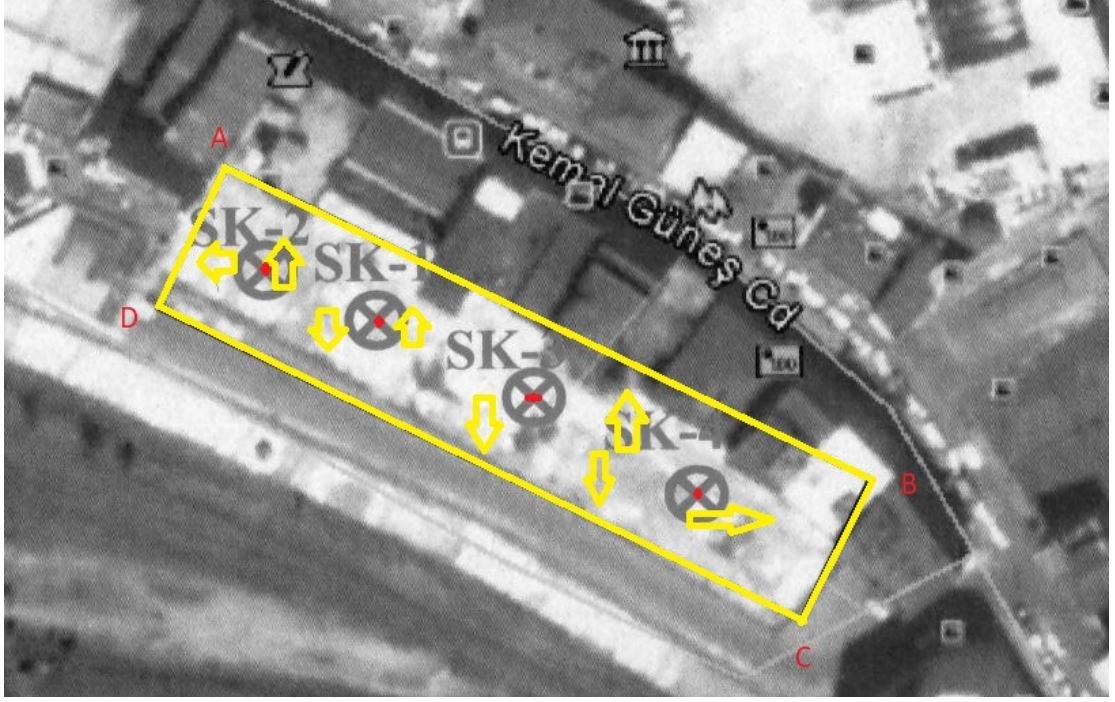
Çizelge 3.5. Vaka 5 zemin mühendislik özellikleri.

Sondaj	Zemin türü	Tabaka Kalınlığı (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme açısı (°)	Elastisite Modülü (kN/m <sup>2</sup> )
SK-1	Yapay dolgu	0-0,50m	18,18	44	5	
SK-1	Killi,kumlu çakıllı birim (Alüvyon)	0,50-20,00	19,04	15,4	18	
SK-2	Yapay dolgu	0-1,00m	18,33	65	9	
SK-2	Killi,kumlu çakıllı birim (Alüvyon)	1,00-15,00m	19,63	6,9	22	
SK-3	Yapay dolgu	0-2,00m	18,21	61	8	
SK-3	Killi,kumlu çakıllı birim (Alüvyon)	2,00-21,00m	19,80	9,6	19	
SK-4	Yapay dolgu	0-1,00m	18,51	62	8	
SK-4	Killi,kumlu çakıllı birim (Alüvyon)	1,00-21,00m	19,81	9,7	19	
SK-4	Marn	20,00-25,00m	24,95			

### 3.5.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi

Proje tasarımcısı tarafından Şekil 3.26’da gösterilen A-B-C-D kesiti üzerinde bulunan mimari ve diğer disiplinlere ait proje ve tasarımlar değerlendirildiğinde çevresel yapı ile yol güvenliğinin hafriyat aşamasında stabilitesinin sağlanabilmesi için geçici iksa destek sistemlerine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Bu sebepten ötürü duraylılığın sağlanabilmesi için söz konusu raporda tek sıra fore kazık sistemi ve geçici ankraj

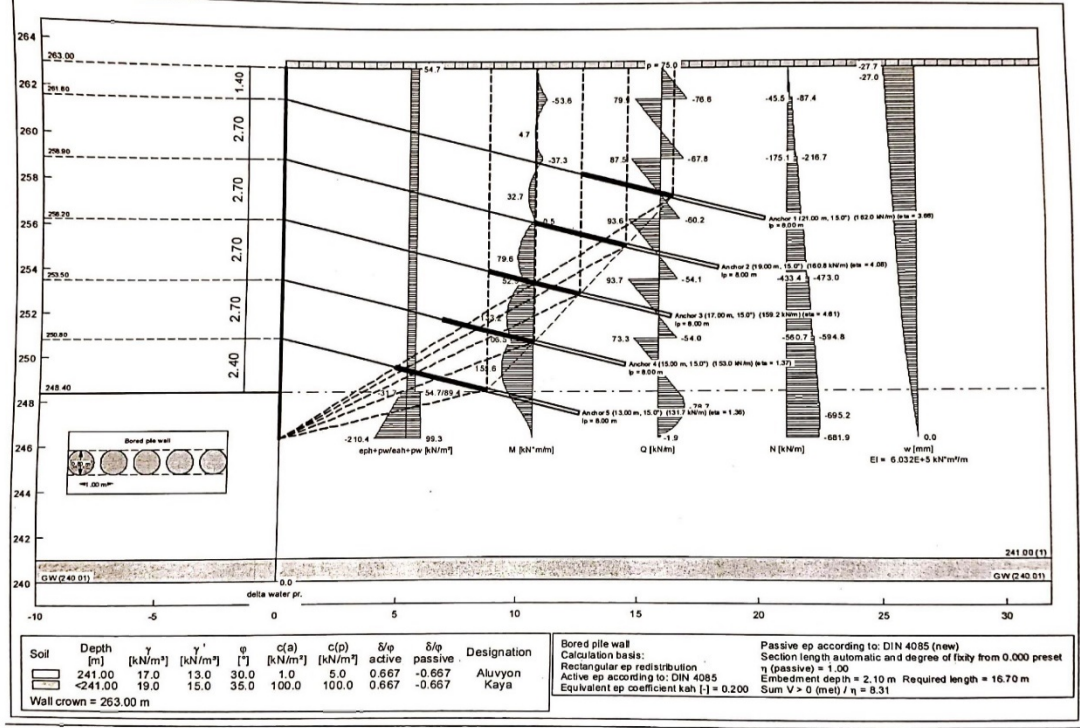
sistemleri tasarlanmıştır. Parsel çevresindeki yapılar ve yollar şehir merkezinde kaldığı için yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle stabilite analizlerinde kesitte bulunan çevre yapılar için 75 kPa, yoldan kaynaklanacak sürşarj yükü içinse 10 kPa sabit yük dikkate alınarak analizler yapılmıştır.



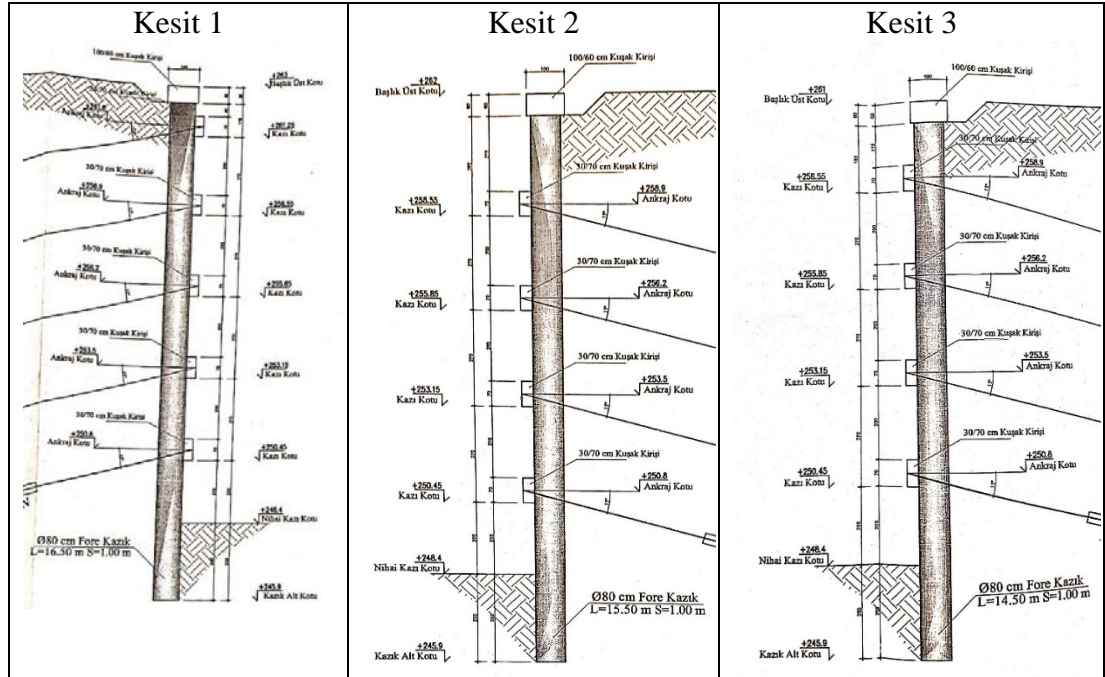
Şekil 3.26. Proje alanı plan görünümü ve iksa sistemlerinin yeri.

Bu projede geoteknik değerlendirmeler GGU-retain yazılımı ile yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda tek sıra ankrajlı iksa destek sistemi problem için uygun olduğu değerlendirilmiştir. Geçici ankrajlar kazık yatay ile 15 derece açı yapacak şekilde düşeyde her 2,4 m'de bir olacak şekilde planlama yapılmıştır. Bu destek sistemleri tüm cephelere uygulanmıştır. Analiz sonrası güvenlik katsayısı  $1,36 > 1,25$  bulunmuştur. Fore kazıkların 2,10 m taban kayasına gömülü olarak 80 cm çapında kademeli şekilde 16,50 m, 15,50 m ve 14,50 m derinliklerde olmak üzere birer metre aralıklarla yapılması planlanmıştır. GGU yazılımı ile yapılan analizlerde elde edilen deplasmanlar ve kesit tesirleri Şekil 3.27'de verilmiştir. Bu veriler ışığında kazık için Beton sınıfı C30 betonarme çelik sınıfı için s420 olarak tayin edilmiştir. Fore kazıklarda kullanılacak donatılar fretaj  $\text{Ø}10/15$ , montaj çemberi  $\text{Ø}18/250$  ve montaj donatısı 19Ø18 olarak belirlenmiştir. Çizim paftalarında 3 farklı fore kazık kesiti

verilmekte (Şekil 3.28) olup söz konusu kesitler kritik şev kesiti için tanımlanan betonarme proje sonuçlarına göre projelendirilmiştir.



Şekil 3.27. Kritik kesit ve kazık analiz sonuçları.

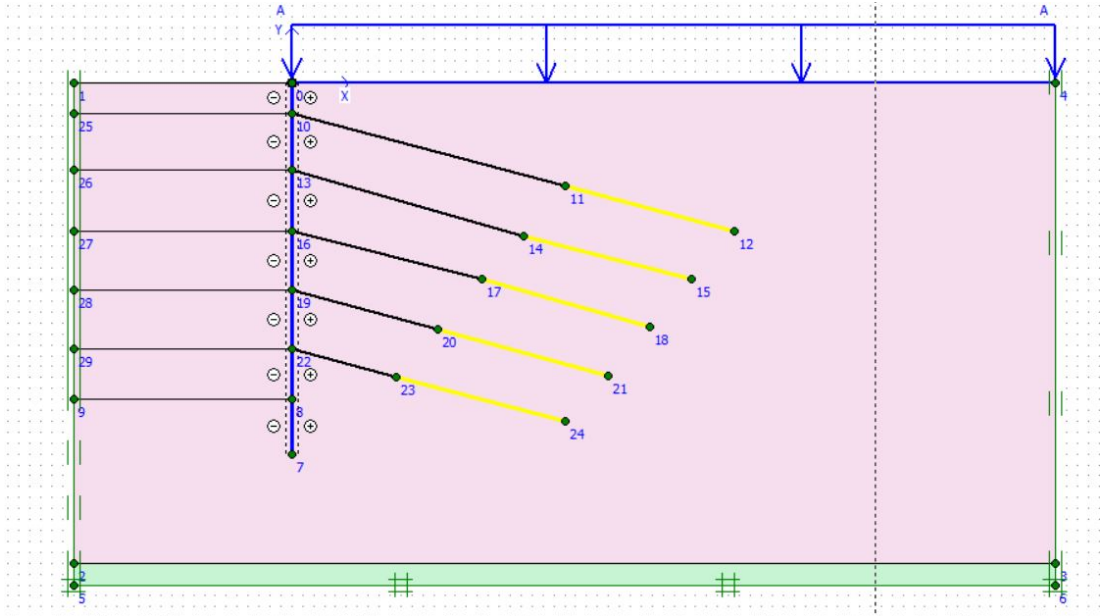


Şekil 3.28. Geoteknik raporda verilen arazi kesiti ve analiz sonuçları.

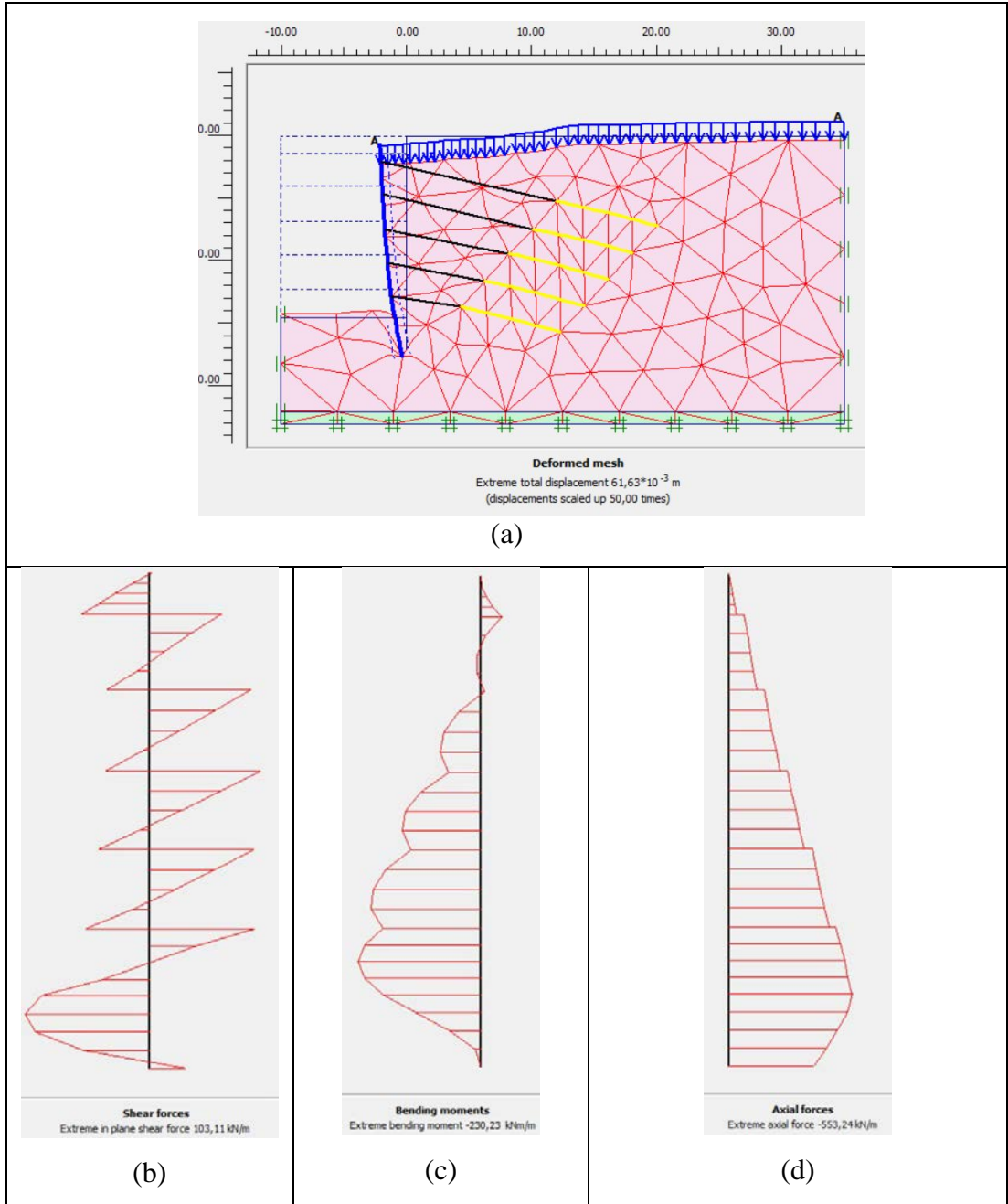
### 3.5.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme

Geoteknik rapor ve arazi deneyleri için yapılan zemin etüt raporu incelendiğinde analizde kullanılan zemin verileri ile sahada tespit edilen değerler arasında farklılıklar göze çarpmaktadır. Yapılan 4 adet sondajda alüvyon zeminde içsel sürtünme açısı ortalama  $20^\circ$ , kohezyon 7~15 kPa iken analiz verilerinde  $30^\circ$  ve 5 kPa şeklindedir. Tespit edilen ve analizlerde kullanılan değerler arasındaki bu farklılığın tasarım için farklı sonuçlar ortaya koyacağı aşıkardır. Bu örnek bile geoteknik veri toplamadaki özensizliğin bir işareti olarak idrak edilmiştir.

Vaka 5 geoteknik rapor dosyasında açıklanan ve yukarıda verilen parametreler çerçevesinde tarafımızca Plaxis yazılımında yeniden modellenmiştir (Şekil 3.29). Hazırlanan model veri girişleri tamamlandıktan sonra inşa aşamaları da dikkate alınarak analiz edilmiştir. Şekil 3.30'dan okunan maksimum kuvvetler ile raporda dizayn için kullanılan kuvvetler karşılaştırılmıştır. Tarafımızca yapılan analiz sonucu okunan değerler rapordaki kesit tesirlerinden yüksek çıkmıştır. Ancak raporda paylaşılan değerlerin yük faktörleri 1,50 ile çarpılması sonucu dizayna esas değerler Plaxis ile yaptığımız analiz sonuçlarının üzerinde kalmaktadır. Sonuç olarak geçici iksa destek sisteminin güvenli tarafta kaldığı anlaşılmıştır.



Şekil 3.29. Vaka 5 Plaxis modelleme ekranı.



Şekil 3.30. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.

Proje detaylıca irdelendiğinde yaklaşık 370 m parsel cephe uzunluğu için tek bir kesit üzerinde problem tanımlanarak önerilen çözüm değerlendirilmiştir. Oysaki bu kesit hattında hem farklı kazı derinlikleri hem de yapılardan gelecek statik yükler oldukça değişkendir. Şekil 3.26'dan da açıkça görüleceği üzere arazinin güney ve batısında yol, kuzey ve doğusunda çok katlı yapılar açıkça gözükmemektedir. Şayet en düşük güvenlik



katsayısı göz önünde bulundurularak analizler kritik şev kesiti için yapıldıysa bu durum kabul edilebilirdir. Ancak raporda söz konusu analizler için böyle bir vurgu bulunmamaktadır. Her ne kadar rapor ön bilgilendirme metninde saha için kritik kesit belirlendiği ifade edilmiş olsa bile kesitler ile ilgili stabilite değerlendirmelerine raporda değinilmemiştir. Şekil 3.27’de verilen modelde nihai kazı kotu değişmeyeceği için arazinin en yüksek yerindeki kota göre iksa boyu düşünüldüğü değerlendirilmektedir. Sonuç olarak uygulama projesi bu saha ve problem için makul bir çözüm önerisi olarak değerlendirilmiş olup kazı derinliğinin fazla oluşu diğer destek sistemlerinin seçimini kısıtlamıştır. Ayrıca ekonomik açıdan kazık çapının çok fazla olmaması da akrajsız alternatiflerin arayışına gerek olmadığı düşüncesine sebep olmuştur.

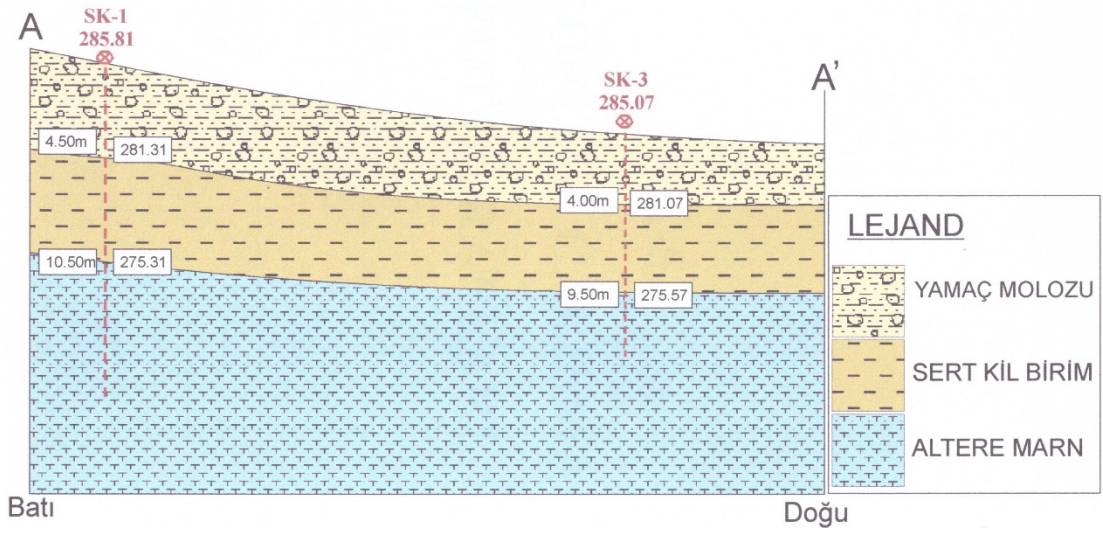
### **3.6. VAKA 6**

#### **3.6.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler**

Bu vakada Karabük ili, Merkez İlçesi, Yeşil mahalle sınırları içerisinde konut amaçlı kullanım için tasarlanan çok katlı mühendislik yapının geoteknik değerlendirmesi yanı sıra derin kazıların değerlendirilmesi konu edilmiştir. Projede şev eğimi 1/1 olacak şekilde planlandığı için şevin güvenli olmaması nedeniyle söz konusu şev de iksa sistemleri ile stabilitesi sağlanarak güvenli duruma getirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanında bulunan zeminlerin özellikleri 4 adet sondajdan (Şekil 3.31) elde edilen veriler ile ortaya konulmuş olup elde edilen verilerden yola çıkılarak inşaat alanı için Şekil 3.32’deki gibi bir geoteknik model oluşturularak tüm analizlerde bu model kullanılmıştır. Yapılan sondajlar ve laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler doğrultusunda inceleme alanındaki zeminlerin özellikleri belirlenmiş olup Çizelge 3.6’da sunulduğu gibidir. Söz konusu raporda çalışma alanında yeraltı suyu seviyesine rastlanılmadığı belirtilmekte olup tarafımızca yapılan değerlendirmelerde bu durum göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 3.31. Zemin etüdü yapılan sondaj noktalarını gösteren vaziyet planı.



Şekil 3.32. Zemin Profili.

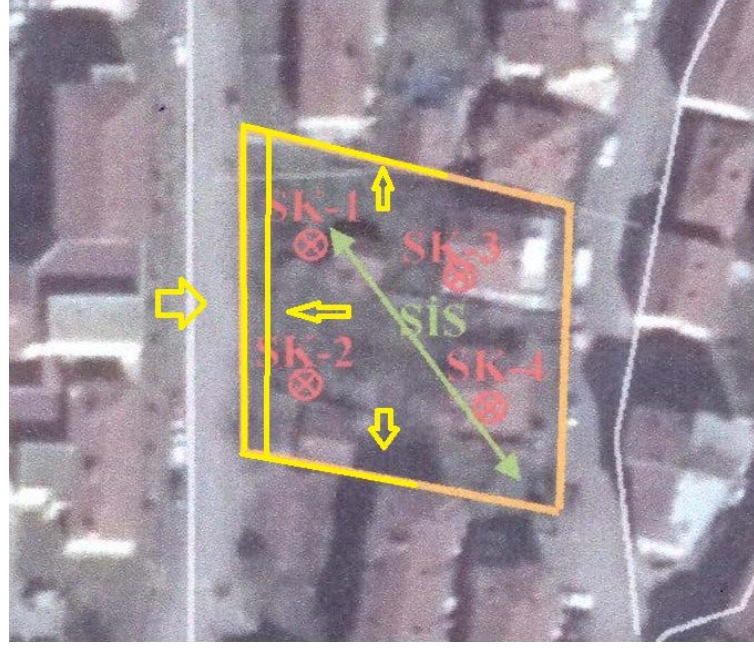
Çizelge 3.6. Vaka 6 zemin mühendislik özellikleri.

Sondaj	Zemin türü	Tabaka Kalınlığı (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme açısı (°)	Elastisite Modülü (kN/m <sup>2</sup> )
SK-1	Yamaç Molozu	0-4,50m	20,64	68,10	5	
SK-1	Sert Kil	4,50-10,50m	20,29	60,61	6	
SK-1	Altere Marn	10,50-15,00m	22,10	-	-	
SK-2	Yamaç Molozu	0-2,00m	20,01	70,83	4	
SK-2	Sert Kil	2,00-10,00m	20,03	71,23	5	
SK-2	Altere Marn	10,00-15,00m	22,35	-	-	
SK-3	Yamaç Molozu	0-4,00m	21,22	18,52	15	
SK-3	Sert Kil	4,00-10,00m	20,95	75,76	4	
SK-3	Altere Marn	10,00-15,00m	23,02	-	-	
SK-4	Yamaç Molozu	0-3,00m	20,61	21,52	14	
SK-4	Sert Kil	3,00-9,00m	21,01	75,76	4	
SK-4	Altere Marn	9,00-15,00m	24,52	-	-	

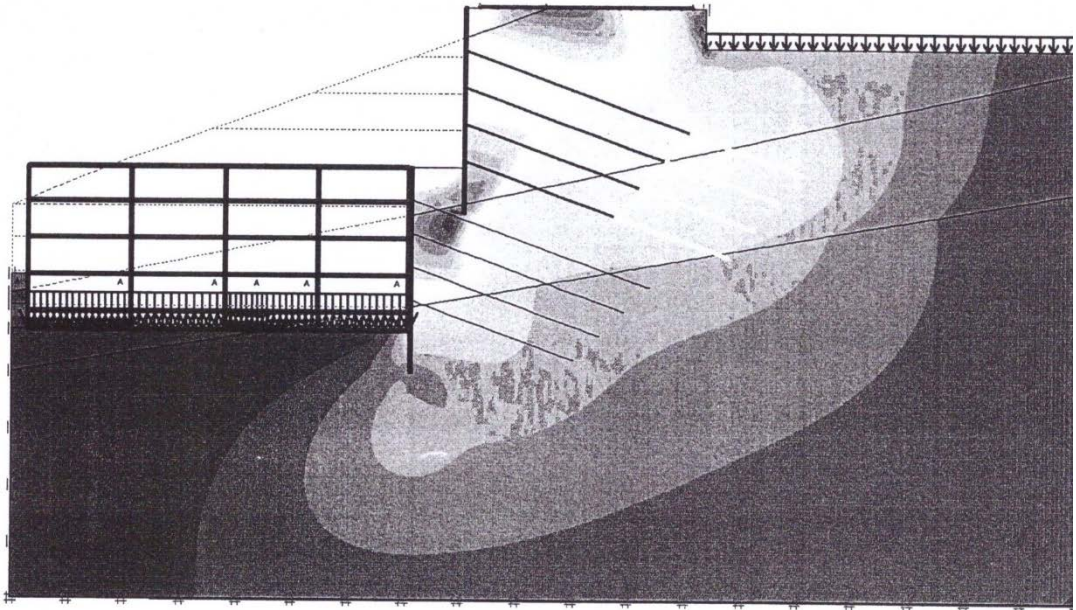
### 3.6.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi

Bu vaka alanındaki zemin birimlerinin dayanım/deformasyon özellikleri ile yapımı planlanan geçici ve kalıcı kazıların çevreye olan etkileri göz önüne alındığında kazık ile oluşturulacak olan iksa perdelerinin yapılmasının can ve mal güvenliği için gerekli olduğu değerlendirilmiştir. Planlanan iksa yapıları parselinin kuzey cephesinde ve güney cephesinde tek sıra, batı cephesinde çift sıra kademeli olacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 3.33). Bu projede geoteknik değerlendirmeler Plaxis yazılımı ile yapılmıştır. Çalışmalarda sürşarj yükü batı cephesindeki yol hattı boyunca 10 kN/m<sup>2</sup> olarak alınmıştır. Yolun arkasında bulunan mevcut yapının sürşarj yükü geoteknik

raporda bulunan analiz programı ekran görüntüsünde gözükmemekte ancak ne kadar yük ile analiz edildiği raporda belirtilmemektedir. Yapılan tasarımların doğu-batı kesiti Şekil 3.34'de gözükmemektedir. Üst kademede bulunan ankrajlar kalıcı, alt kademede bulunan ankrajlar geçici olarak tasarlanmıştır.

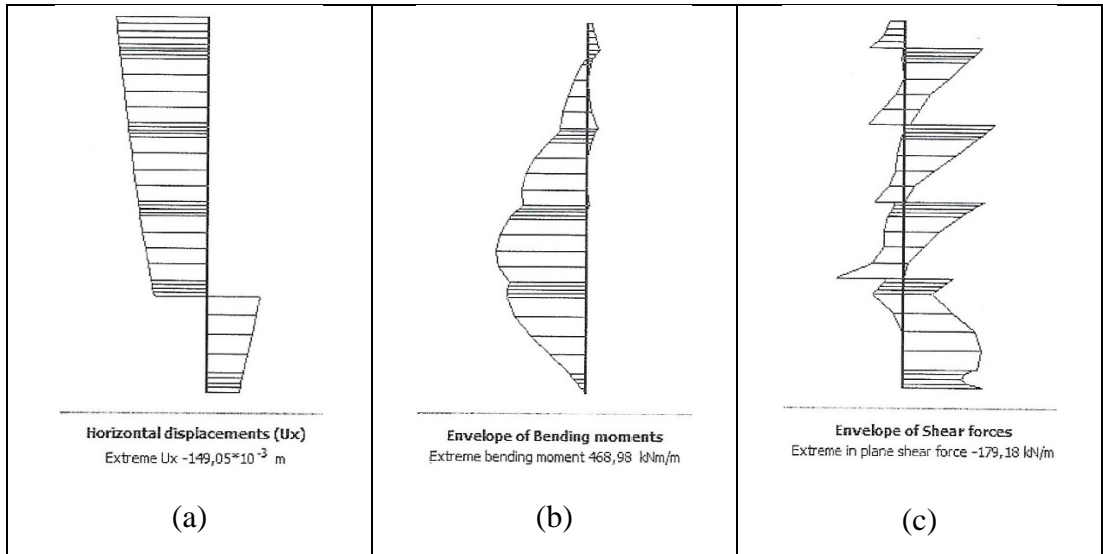


Şekil 3.33. Proje alanı plan görünümü ve iksa sistemlerinin yeri.



Şekil 3.34. Yol cephesi Doğu Batı kesiti iksa destek sistemi görünüşü.

Fore kazıklar tüm cephelerde nihai kazı kotundan minimum 3m uzunluğunda olacak şekilde zemine gömülmüştür. Fore kazıklar 80 cm çapında, batı cephesinde ise kademeli biçimde 13, 10 ve 10, 20 m uzunlukta olmak üzere birer metre aralıklarla yapılmıştır. Tüm ankrajlar kazık ile yatayda 20 derece açı yapacak şekilde ve düşeyde her 2,5 m aralıkta olacak şekilde tasarlanmıştır. Ankrajlar için kök boyu kalıcı ankrajlarda 9m geçici ankrajlarda 8 m olarak tayin edilmiş ve güvenlik katsayısı tüm hesaplamalarda 2 alınmıştır. Plaxis programı ile yapılan statik analizlerden elde edilen kesit tesirleri ve gözlenen deformasyon verileri (Şekil 3.35) kullanılarak kazıkların donatıları Ø10/15 fretaj, montaj çemberi Ø18/250 ve montaj donatısı 20Ø18 olacak şekilde hesaplanmıştır. Beton sınıfı C30, çelik sınıfı s420 olarak belirlenmiştir. Araziye apliance edebilmek için yapılan tüm donatı hesaplamalarına göre çizim paftaları oluşturulmuştur ve bu projelere göre iksa sistemlerinin araziye uygulama işlemleri yapılmıştır.

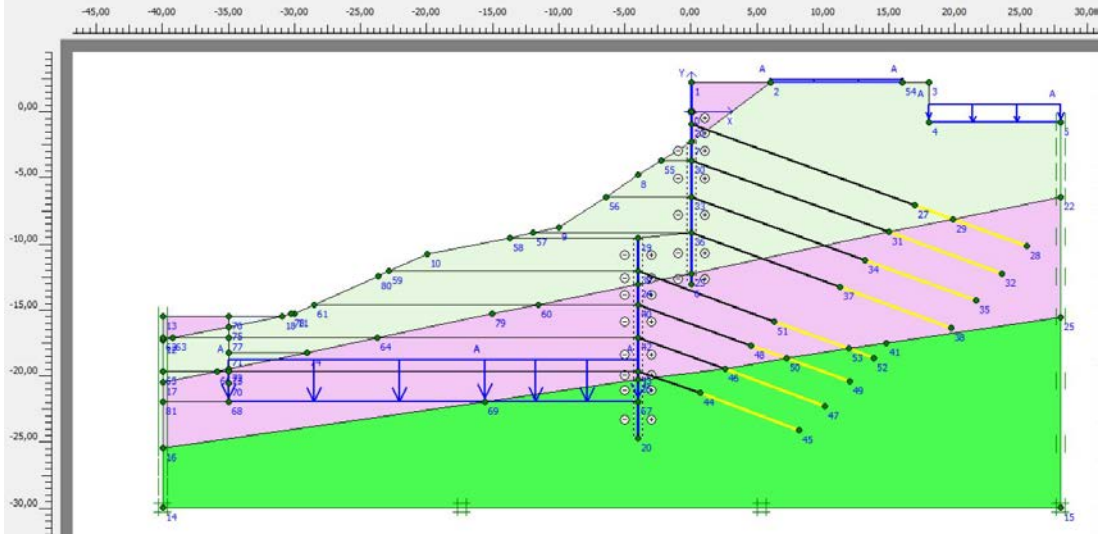


Şekil 3.35. Vaka 6 analiz sonucu kesit tesirleri. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık eğilme momentleri, c) kazık kesme kuvvetleri.

### 3.6.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme

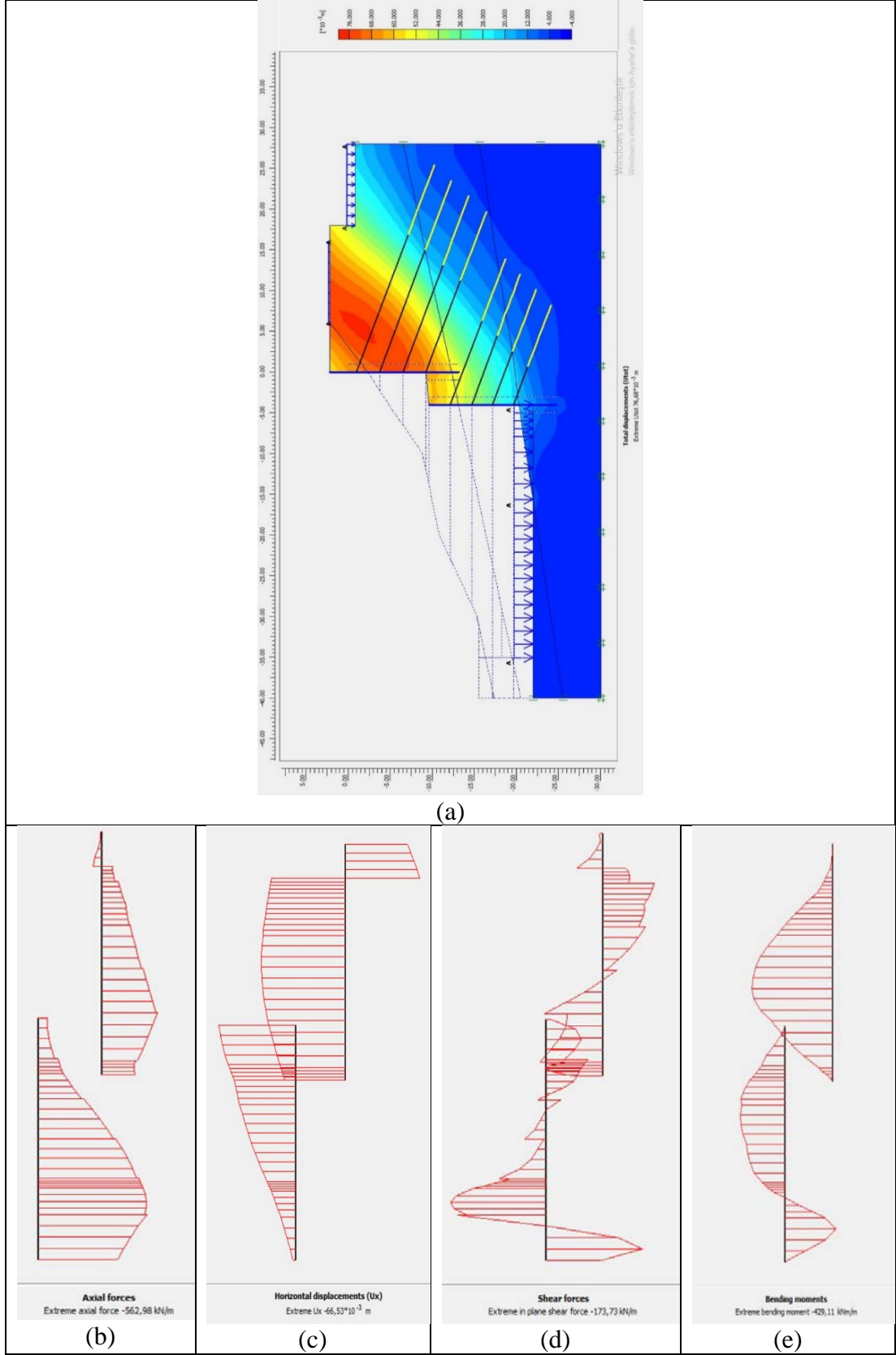
Tez kapsamında söz konusu vakanın geoteknik raporu ve araziye ait zemin etüt raporu tarafımızca karşılaştırılmıştır. Geoteknik raporda kullanılan zemin bilgileri rapor kapsamında belirtilmemiştir. Arazinin mevcut eğimi, geoteknik raporda kullanılan

tüm kesitler ve betonarme detayları tarafımızca hazırlanan modelde dikkate alınmıştır (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. Vaka 6 Plaxis modelleme ekranı.

Hazırlanan modelde inşa aşamaları da dikkate alınmıştır. Yeniden yapılan analizde zemin etüt raporundan alınan zemin değerleri ve çizim paftalarında bulunan arazi plankotesi dikkate alınarak analizler yapılmıştır. Analizler neticesinde okunan maksimum değerler Şekil 3.37’de verilmiştir. Bu değerler ile raporda verilen değerler karşılaştırıldığında birbirine yakın sonuçlar olduğu görülmektedir. Raporda bulunan sonuçların güvenlik katsayısı ile çarpımları tarafımızca bulunan sonuçlardan yüksektir. Bu sonuçların betonarme dizaynda kullanılmasından dolayı geçici ve kalıcı iksa sistemlerinin yeterince güvenli olduğu sonucuna varabiliriz.



Şekil 3.37. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık aksel kuvvetleri, c) kazık maksimum yer değiştirmeleri, d) kazık kesme kuvvetleri, e) kazık eğilme momentleri.

Sonuç olarak hazırlanan geoteknik raporun arazideki geoteknik problemin önlenmesi için yeterli olduğu anlaşılmıştır. Ancak zemin ve arazi teknik verilerinin paylaşımı, analiz aşamaları, yazılım girdileri, analiz sonuçları ve arazi uygulamasına yönelik literatür verilerinin yetersizliği rapordaki eksiklik olarak değerlendirilmektedir.

### **3.7. VAKA 7**

#### **3.7.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler**

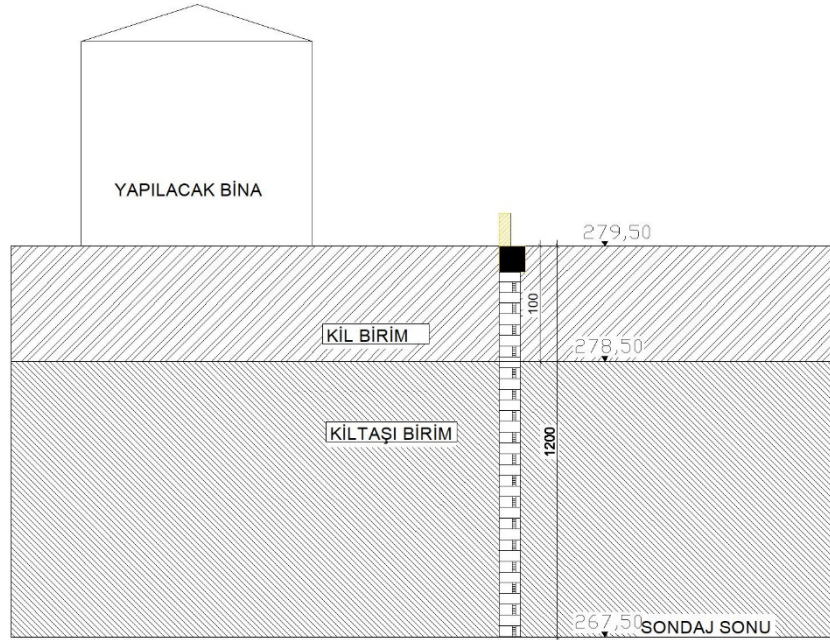
Bu vakaya Karabük ili, Merkez İlçesi, Yeşil mahalle üzerinde bulunan arsaya yapılacak konut binası öncesinde yapılan geoteknik etüt konu edilmiştir. İncelenen mimari proje vaziyet planına göre arsanın kuzeyindeki yol ile güneyindeki yol kotu arasında 17 m civarında kot farkı bulunmaktadır. Planlanan konut yapısı 279,00 kotuna oturmakta ancak alt yol ortalama 272,00 kotunda bulunmaktadır. Hazırlanan geoteknik raporda zemin birimlerinin geoteknik özellikleri, kazı stabilitesi, çevre yapı yükleri gibi girdiler değerlendirilmiştir. Bu kapsamda geoteknik raporda yol kotunun düşüklüğü ve yapının alt yola da yakınlığından kaynaklı kazıda şev stabilitesi sağlanmayacağı hipotezi ortaya atılarak üzerine çalışmalar yapılmıştır.

İnceleme alanında 1 adet araştırma sondajı yapılarak zemin özellikleri ortaya konulmuş olup elde edilen veriler rapor kapsamında değerlendirilmiştir. Yapılan arazi çalışmaları ve değerlendirmeler neticesinde oluşturulan zemin profili Şekil 3.38'deki gibi olup tüm değerlendirmelerde bu model altlık olarak kullanılmıştır. Çalışma alanında yapılan sondaj verilerine göre yeraltı suyu seviyesine rastlanılmadığı görülmüş ve raporlarda vurgulanmıştır. Rapor sonuçlarına göre sıvılaşma riski gözlemlenmemiştir. Geoteknik analizlerde kullanılacak olan geoteknik zemin parametreleri arazi deneyleri ve laboratuvar deney sonuçlarına göre hesaplanmış ve Çizelge 3.7'de verilmiştir.



Çizelge 3.7. Vaka 7 zemin mühendislik özellikleri.

Sondaj	Zemin türü	Tabaka Kalınlığı (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme açısı (°)	Elastisite Modülü (kN/m <sup>2</sup> )
SK-1	Kumlu çakıllı Kil	0-2,00 m	21,88	52	6	
SK-1	Kumlu siltli kil	2,00-6,00m	-	-	-	
SK-1	Açık kahverengi ayrışmış kil taşı	6,00-10,00m	-	-	-	
SK-1	Açık kahverengi ayrışmış kil taşı	10,00-15,00m	-	-	-	



Şekil 3.38. Araziye ait oluşturulmuş zemin profili.

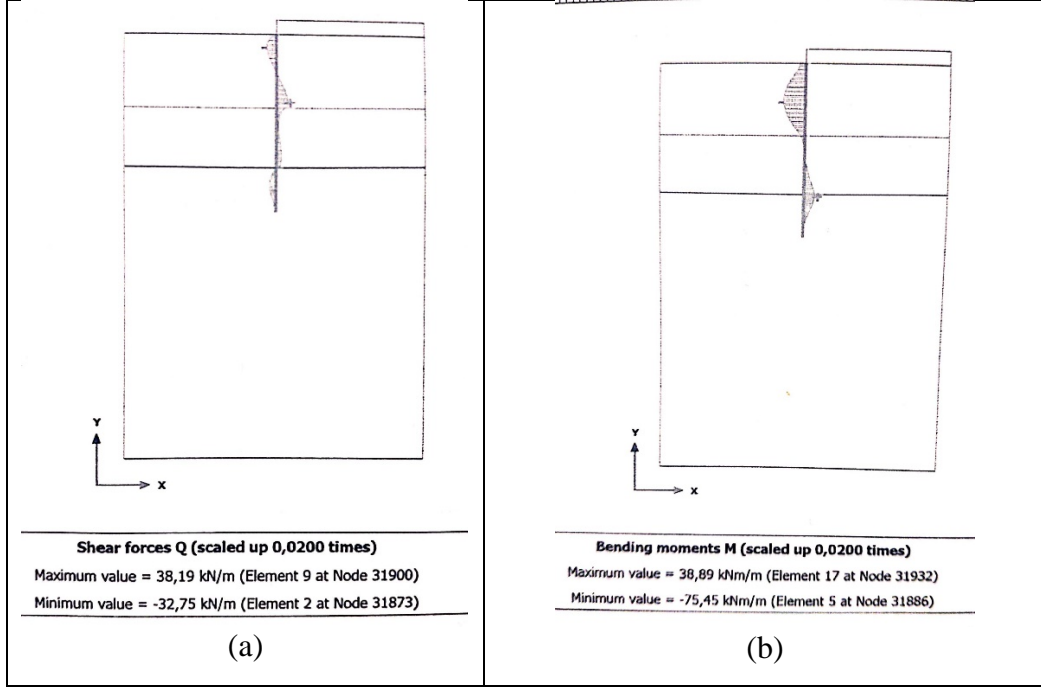
### 3.7.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi

Vaziyet planı incelendiğinde parselin güney cephesinin tamamında ve batı cephesinin bir kısmında kazıklı iksa sistemi tasarlanmasına karar verilmiştir. Şekil 3.39’da sarı renkli çizgi üzerine fore kazık yerleşimleri planlanmıştır.



Şekil 3.39. Arazi konumu ve iksa yerleşimini gösterir uydu görüntüsü.

Proje kapsamında geoteknik analizler için Plaxis yazılımı kullanılmıştır. Genel stabilite için 1,50 g.s., depremlilik durum için 1,1 g.s. ve üstü değerler için sistem güvenli kabul edilerek dizayn hesaplamaları yapılmıştır. Yapılacak yapı için iksa destek sistemine 80kN/m<sup>2</sup> sürşarj yükü tanımlanmıştır. Yapılan geoteknik analize göre tasarımlar yapılmış ve hesaplamalar neticesinde kazıkların 100 cm çapında ve 12 m boyunda belirlenen alan boyunca yapılmasına karar verilmiştir. Yapılan fore kazıklar ankrajsız olarak ve üzerinde 150 cm yüksekliğinde istinat duvarı perdesi olacak şekilde tasarlanmıştır. Analiz programından alınan kesit tesirlerine (Şekil 3.40) göre donatı hesapları yapılmıştır. Fore kazık betonarme donatıları fretaj orta bölgede Ø10/15 kazık ucunda ve altında Ø10/10, montaj çemberi Ø18/250 ve montaj donatısı 26Ø20 olarak hesaplanmıştır. Raporda fore kazığın C30 sınıfı beton ve s420 sınıfında donatı ile projelendirilmesinin uygun olduğuna karar verilmiştir. Geoteknik rapor kapsamında yapılan tüm donatı hesaplamalarına göre araziye applike edebilmek için çizim paftaları oluşturulmuştur.

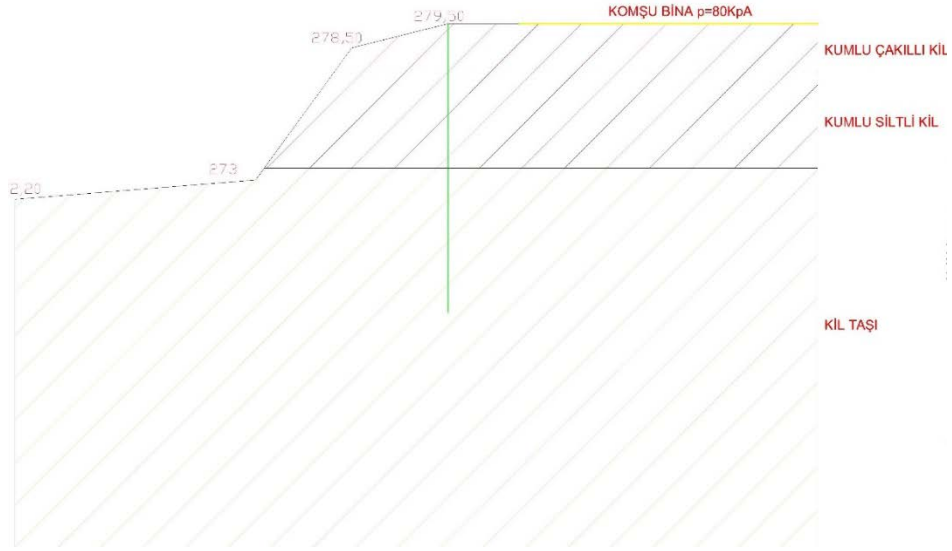


Şekil 3.40. Geoteknik raporda verilen kesit tesirleri. a) kesme kuvveti, b) eğilme momenti.

### 3.7.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme

Söz konusu vakanın geoteknik raporu ve çizim paftaları tarafımızca incelenmiştir. Şekil ( )'den de görülebileceği gibi bina 279,00 kotunda konumlanmaktadır. Binadan yaklaşık 5m sonra 272,20 kotunda yol bulunmaktadır. Tez kapsamında mimari projeye ve zemin etüt raporuna göre tarafımızca çıkarılan zemin profili aşağıdaki Şekil 3.41'de verilmiştir. Buradan da anlaşılacağı gibi zemin birimlerinin kotları Şekil 3.38'de verilen modeldeki kotlar ile farklılıklar göstermektedir. Ayrıca kazık önünde bulunan mevcut zemin profili ve kotları rapor ile tamamıyla farklıdır. Bu farklılıklar tasarım sonuçlarının hatalı oluşmasına ve uzun dönemde deprem riski ve iksanın ekonomik ömrü dikkate alındığında sorun teşkil edebileceği düşünülmektedir.

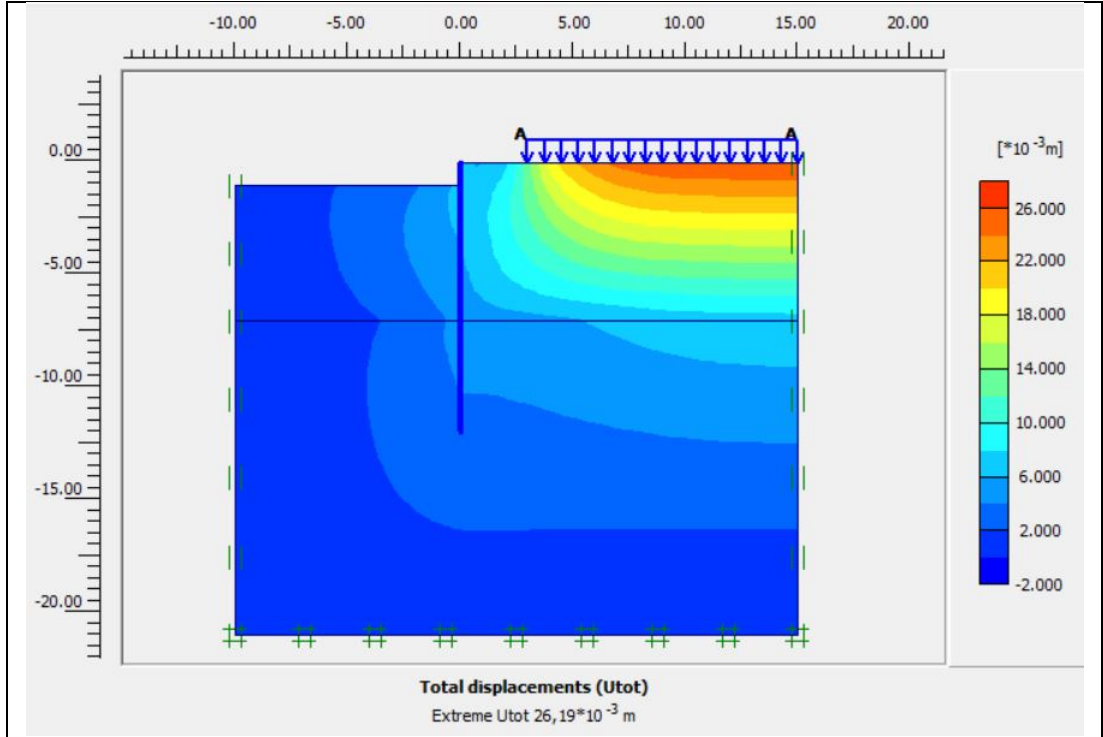
Vakanın yeniden değerlendirmesi geoteknik raporda belirtilen zemin verileri çerçevesinde Plaxis yazılımı ile yapılmıştır. Analizler, raporda fore kazığın ve üstündeki istinat perdesinin eğilme ve normal rijitlik bilgileri yer almadığından 100cm çapında kazığın sıklıkla kullanılan rijitlik ve diğer bilgileri ile gerçekleştirilmiştir.



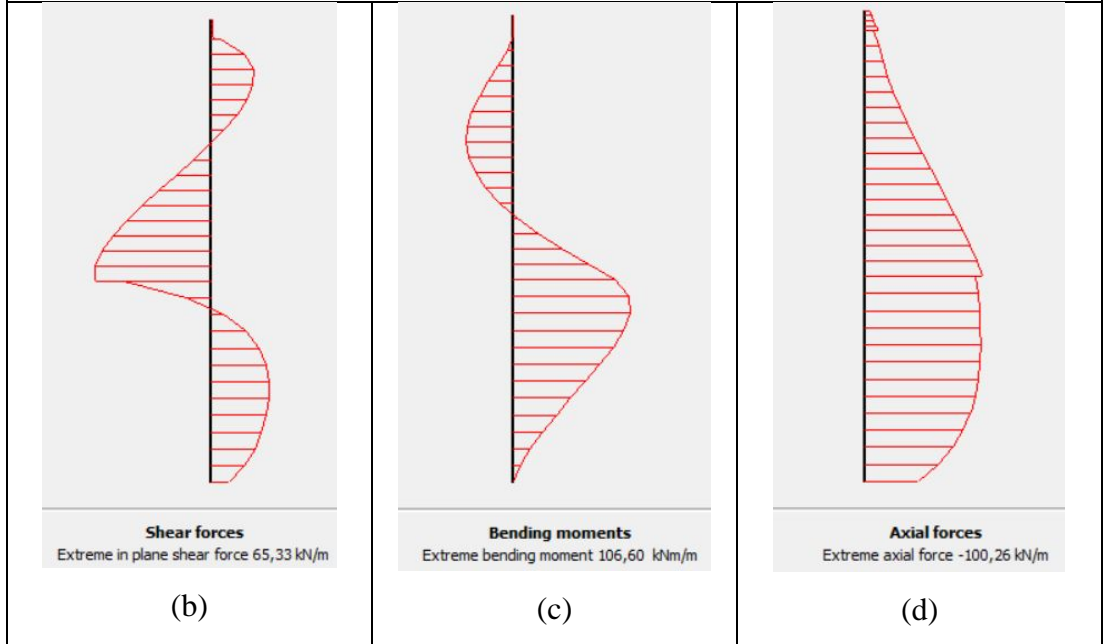
Şekil 3.41. Plankoteye göre hazırlanan zemin profili.

Aşamalı şekilde yaptığımız analiz sonuçlarına göre maksimum yer değiştirme, moment ve gerilme değerleri Şekil 3.42’de verilmiştir. Çıkan bu sonuçlar geoteknik rapor ile karşılaştırıldığında düşey donatı için kullanılan betonarme dizayn momenti (-75,45 kNm/m) tarafımızca bulunan moment değerinden düşüktür. Ancak raporda bulunan değer güvenlik katsayısı 1,5 ile çarpıldığında tarafımızca bulunan değer üzerine çıkmaktadır. Yatay donatı (fret) hesabına bakıldığında raporda belirtilen maksimum değer 38,19 kN/m değeri uzak ara tarafımızca bulunan 65,33kN/m kesme kuvveti değerinin altında kalmaktadır. Rapordaki dizayna esas olan kesme kuvveti tarafımızca bulunan değer altında kaldığı için güvensiz donatı dizaynı olarak düşünülebilir.

Alternatif olarak tarafımızca Şekil 3.41’de verilen arazi kotlarına göre düzenlenmiş yeni bir model üzerinde de analiz yapılmıştır. Bu model aşağıdaki Şekil 3.43’deki gibidir. Bu model aynı zemin ve yapı bilgilerine göre analiz edildiğinde toplam yer değiştirme Şekil 3.44’de verilmiştir. Önceki yapılan analize göre yer değiştirme 1mm fark ile değişmiştir. Ayrıca son analizde kazık üzerindeki maksimum moment 3,11 kNm/m, maksimum aksenal kuvvet -65,36 kN/m, maksimum kesme kuvveti 2,70 kN/m olarak bulunmuştur. Bu değerlerin düşük olmaları yapının güvende olduğunu işaret etmektedir.



(a)

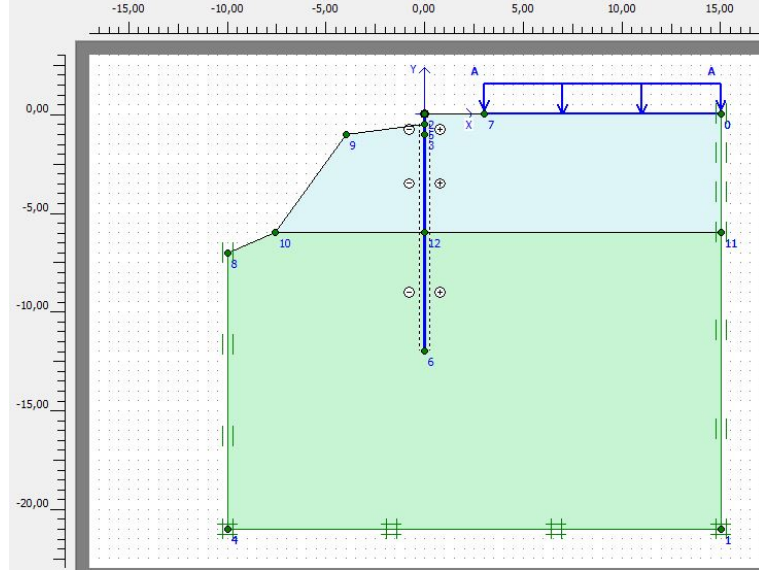


(b)

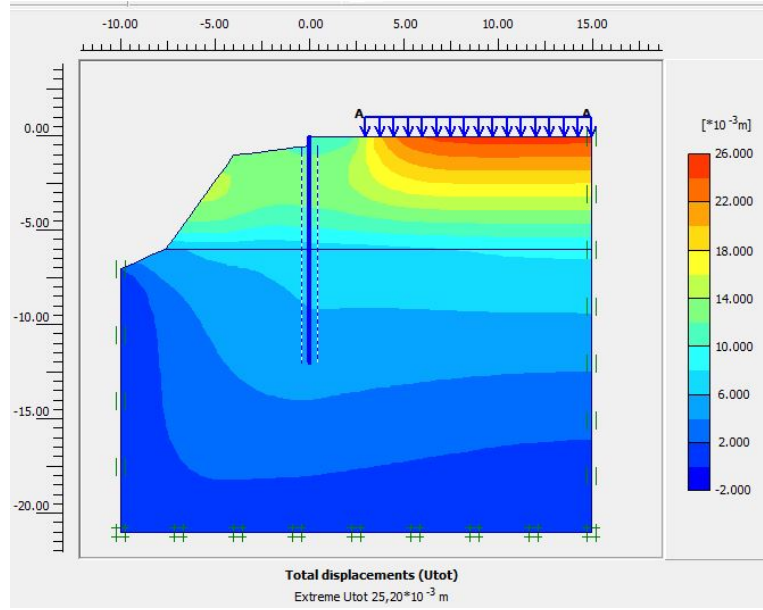
(c)

(d)

Şekil 3.42. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değıştirme, b) kazıkkesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.



Şekil 3.43. Mevcut arazi plankotesine göre oluşturulan model.



Şekil 3.44. Analiz 2 toplam yer değiştirme ekranı.

Sonuç olarak raporda paylaşılan eksik bilgiler doğru bilginin varlığına ulaşmamızı engellemektedir. Bu sebep zamanla ihtiyaç duyulabilecek ek destek sistemleri için tasarım yapılmasını zorlaştırabilir. Ayrıca geoteknik raporda depremsellik durumuna göre sismik analizin yapıp yapılmadığına ve betonarme hesapların buna göre yapıp yapılmadığına göre de herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

### 3.8. VAKA 8

#### 3.8.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler

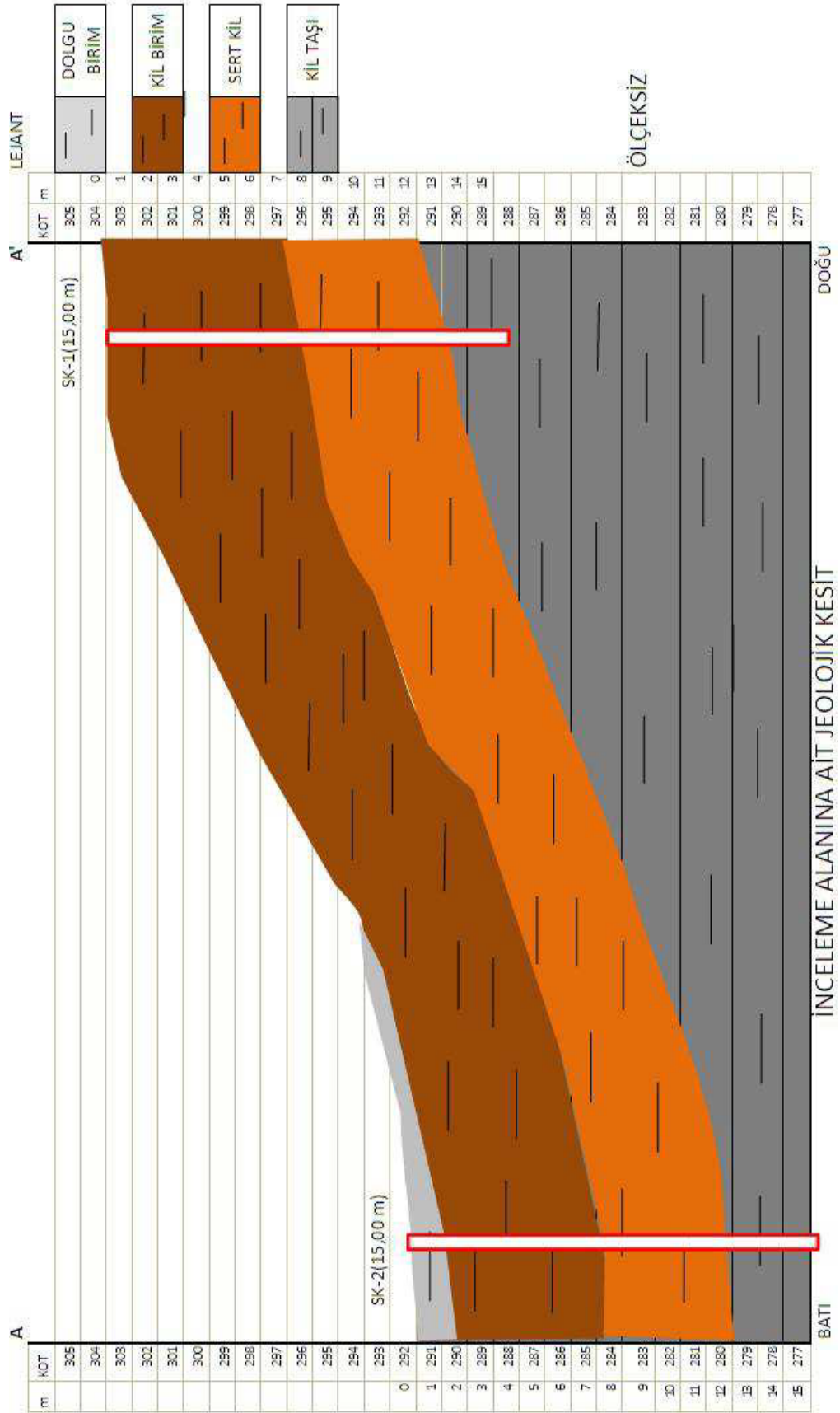
İrdelenen bu vaka Karabük İli, Merkez ilçesinde bulunan parsel üzerine konut+ticaret amaçlı yapı için oluşturulan çalışmaları kapsamaktadır. Proje kapsamında derin kazılar yapılması gerekmektedir. Yapının doğu ve batı cephelerinde yol bulunmaktadır. Doğu cephesindeki yol 304,00 kotlarında iken batı cephesindeki yol 291,60 kotundadır. Ve mimari projeye göre yapı temel üst kotu 289,00 kotunda bulunmaktadır. Yapı çevresinde derin kazılardan etkilenecek yapılar söz konusudur. Kazının stabil durması için yapılacak şev eğimi 1/1 eğimde olması geoteknik raporda vurgulanmaktadır. Fakat bu eğimin sağlanabilmesi çevresel faktörlerden ve yol cephesinde bulunan yapıların stabilitesinin sağlanabilmesi doğu cephesindeki yola ve diğer yapılara yakınlıktan dolayı mümkün değildir.

İnceleme alanında 5 adet araştırma sondajı yapılmıştır (Şekil 3.45). Yapılan ilk iki sondaj geoteknik mühendisi tarafından yetersiz görülmüş ve zemin değerlerini doğru belirleyebilmek için ek sondajlar yapılmıştır. Yapılan etütlere göre çıkarılan zemin profilleri Şekil 3.46 ve Şekil 3.47’de verildiği gibidir. Çalışma alanında yeraltı suyu seviyesine rastlanılmadığı zemin etüt raporunda belirtilmektedir.

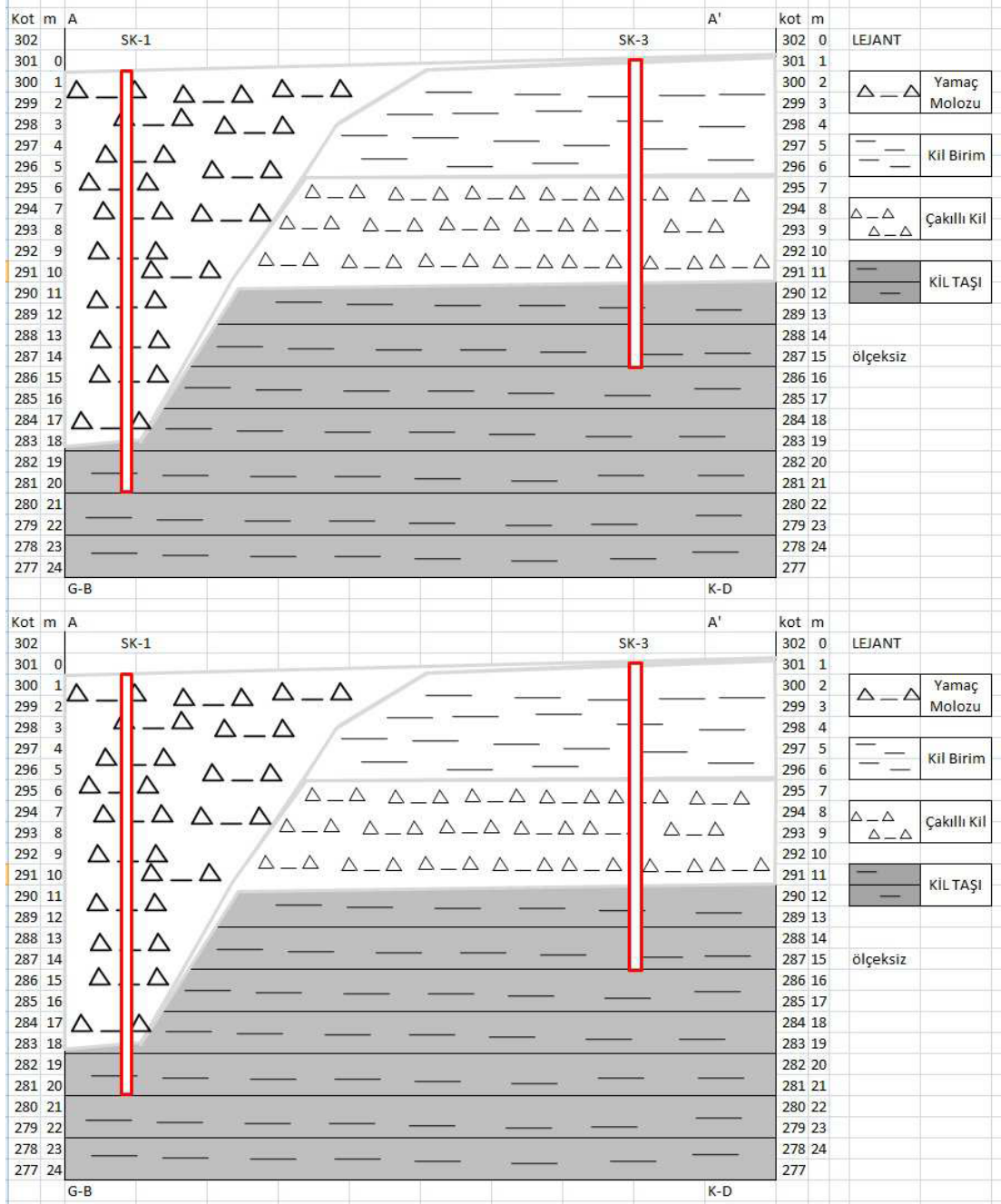


Şekil 3.45. Çalışma alanı uydu görüntüsü ve sondaj lokasyonları.





Şekil 3.46. İlk yapılan sondajlara göre çıkarılan zemin profili.



Şekil 3.47. Ek yapılan sondajlara göre çıkarılan zemin profilleri.

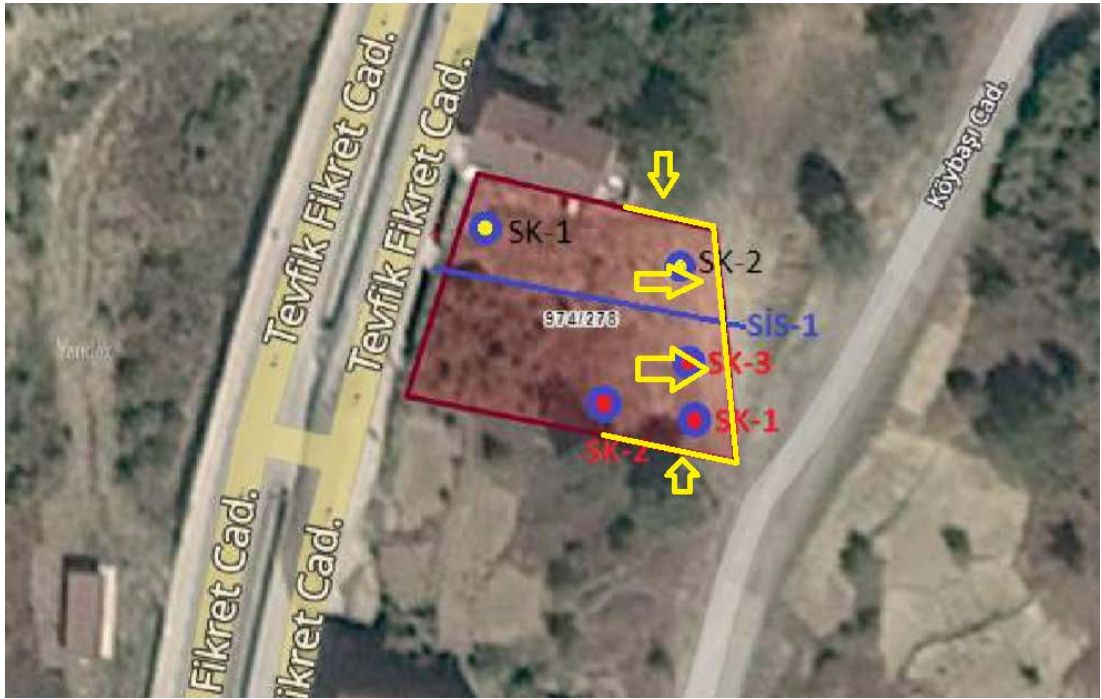
Zemin etüt raporu sonuçlarına göre sıvılaşma riski gözlemlenmemiştir. Geoteknik analizlerde kullanılacak olan geoteknik zemin parametreleri arazi deneyleri ve laboratuvar deney sonuçlarına göre hesaplanmış ve Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Vaka 8 zemin mühendislik özellikleri.

Sondaj	Zemin türü	Tabaka Kalınlığı (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme açısı (°)	Elastisite Modülü (kN/m <sup>2</sup> )
SK-1	Yüksek plastisiteli siltli kil	0-7,00 m	18,72	87,92	3	
SK-1	Sert kil	7,00-12,00m	-	-	-	
SK-1	Kiltaşı	12,00-15,00m	-	-	-	
SK-2	Dolgu	0,00-1,00m	-	-	-	
SK-2	Yüksek plastisiteli siltli kil	1,00-7,00m	18,79	72,85	6	
SK-2	Sert kil	7,00-13,00m	-	-	-	
SK-2	Kil taşı	13,00-15,00m	-	-	-	
Ek-Sk-1	Yamaç molozu	0,00-15,50m	-	-	-	
Ek-Sk-1	Kiltaşı	15,50-20,00m	24,58	-	-	
Ek-Sk-2	Yamaç molozu	0,00-17,50m	-	-	-	
Ek-Sk-2	Kiltaşı	17,50-20,00m	24,32	-	-	
Ek-Sk-3	Kil	0,00-6,00m	-	-	-	
Ek-Sk-3	Çakıllı kil	6,00-10,50m	-	-	-	
Ek-Sk-3	Kiltaşı	10,50-15,00m	23,68	-	-	

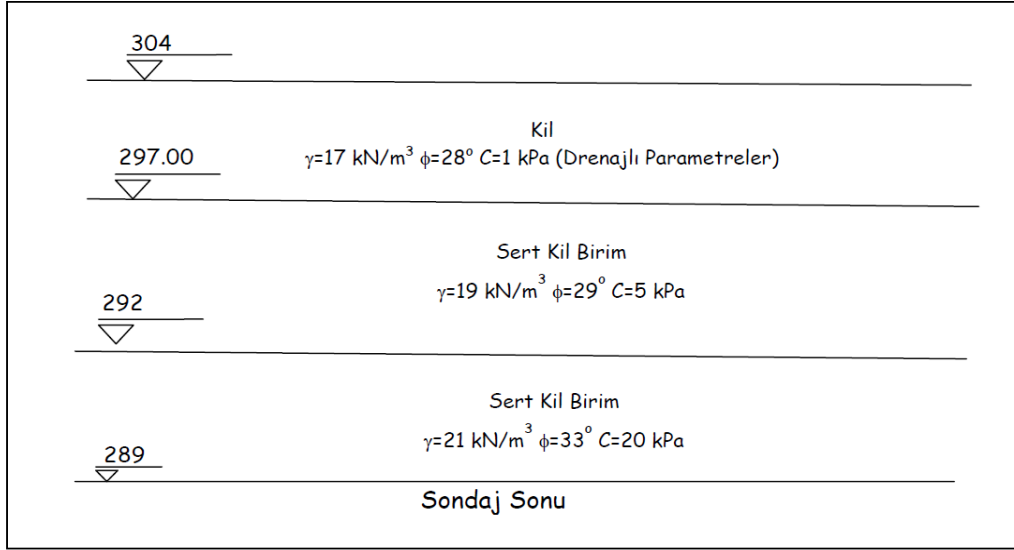
### 3.8.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi

Rapor kapsamında arazi kotları ve zemin bilgileri değerlendirilmiş olup doğu ve güney cephede bulunan yolun desteklenmesi için kalıcı nitelikte, kuzeydeki mevcut yapının desteklenmesi için geçici nitelikte iksa destek sistemi rapor kapsamında önerilmiştir (Şekil 3.48). Bu şekilde sarı renk ile işaretlenmiş bölümlere fore kazık projelendirmesi yapılmıştır.



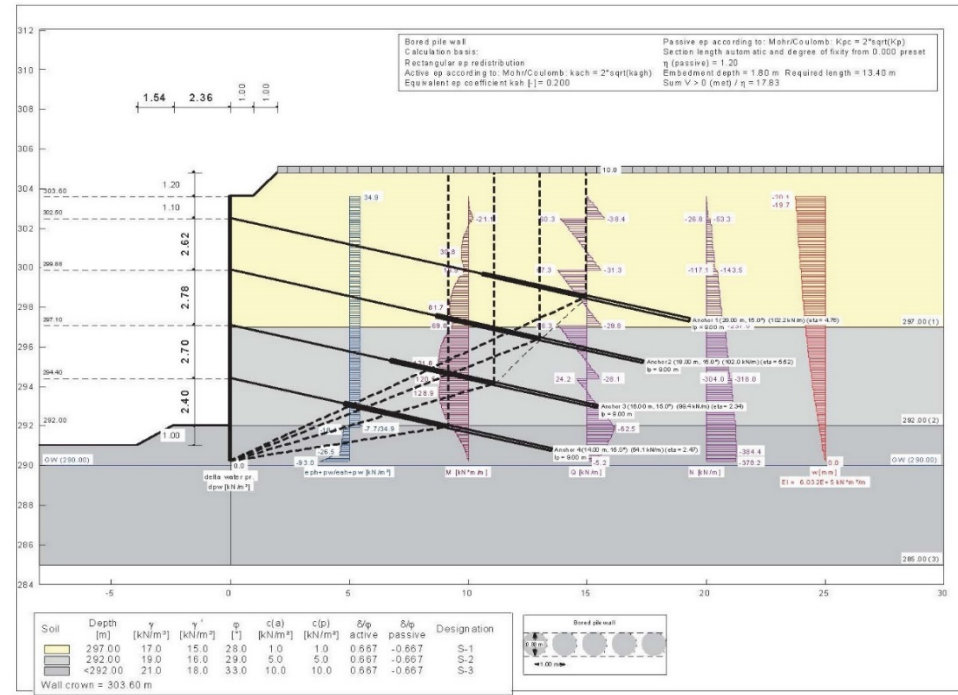
Şekil 3.48. Proje alanı iksa yerleşim planı.

Sorumlu geoteknik mühendisi tarafından Şekil 3.49'daki gibi bir zemin profili çıkarılmıştır.



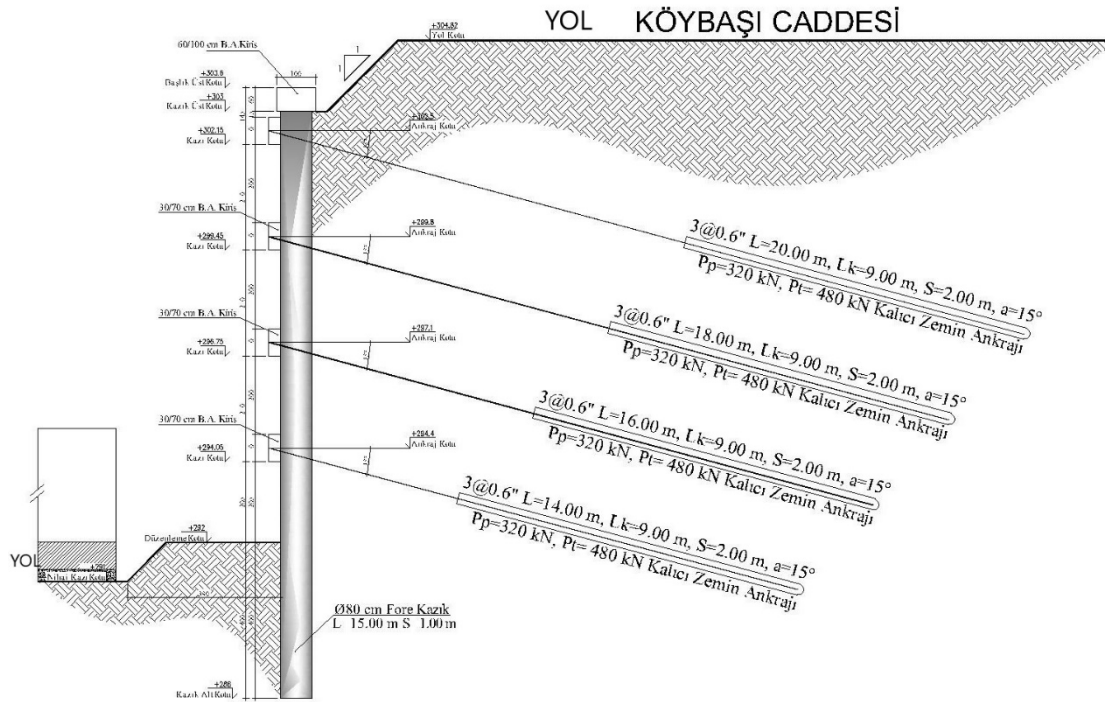
Şekil 3.49. Vaka 8 geoteknik zemin profili.

Bu projede geoteknik değerlendirmeler Plaxis yazılımı ile yapılmıştır yazsa da rapor incelendiğinde analizler GGU-RETAIN yazılımı ile yapıldığı rapor eki modellerden anlaşılmaktadır. Çevre yapı yükleri için kat başına 15 kN/m<sup>2</sup> sürşarj yükü tanımlanmıştır ibrası rapor içerisinde bulunmaktadır. Fakat Şekil 3.50'den de gözükceği üzere 10kN/m'lik bir çevre yükü iksa kesitine etki ettirilmiştir.



Şekil 3.50. Vaka 8 geoteknik rapor analiz sonucu ekranı.

Kuzey cephesinde, doğu cephesiyle birleşim bölgesine kadar olan 13,50m'lik kısımda kademeli iksa sistemi ve bu iksa sistemini destekleyecek ankraj sistemi tasarlanmıştır. Kazık boyları 8,70m, 11,60m ve 13,40m derinliklerde olmak üzere kademeli şekilde, 0,80m çapında, birer metre aralıklarla yerleştirilmiştir. Güney cepheden doğu cephesi birleşim bölgesine kadar olan 19,00m'lik kısımda kademeli iksa sistemi ve bu iksa sistemini destekleyecek ankraj sistemi tasarlanmıştır. Doğu (yol) cephesinde tüm cephe boyunca aynı kesit kullanılmıştır. Şekil 3.51'de en elverişsiz durum olduğu düşünülen arazi kesitine ait iksa tasarım çizimleri bulunmaktadır.



Şekil 3.51. Araziye uygulanacak iksa sistemi kesiti.

Yapılan analiz sonuçlarına göre betonarme hesaplar rapor kapsamında hazırlanmıştır. Tüm kazık sistemleri için beton C30, çelik s420 sınıfında tayin edilmiştir. Betonarme hesaplarda statik durum için 1,50, dinamik durum için 1,10 yük faktörü çarpanı kullanılmıştır ve betonarme donatı tayinleri yapılmıştır. Yapılan tüm donatı hesaplamalarına göre çizim paftaları oluşturulmuştur.

### 3.8.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme

Tarafımızca oluşturulan model hazırlanırken ilk göze çarpan unsur, zemin etüt raporunda bildirilen deney sonuçları ile rapor kapsamındaki analizde kullanılan veriler arasındaki farklılıklardır. Bu durum Şekil 3,52 üzerinde birim hacim ağırlıkları, kohezyon ve içsel sürtünme açıları değerlerinin farklılıkları açıkça gözükmemektedir. Çizim paftalarında bulunan iksa yerleşim planında kuzey ve güneyde bulunan fore kazıların arkasında üst kotlar da farklıdır. Kuzeyde içerisinde yapı bulunan komşu parsel bulunmaktadır. Bu cephelerde yapılacak olan iksa destek sistemlerinin analizleri raporda farklı kesitler ile değerlendirmeye alınması gerektiği fakat farklı kesitler ile değerlendirilmediği tarafımızca düşünülmektedir.

Numune		Doğal Su	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m <sup>3</sup> )	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m <sup>3</sup> )	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			USCS	Hidrometrik analiz		Nokta Yükleme	Serbest Basınc (Kaya)	Serbest Basınc (Zemin)	Üç Eksenli Basınc (LU)	Kisim Kütüsü (LU)		Konsolidasyon		v <sub>s</sub>	Frikasyon		CBR			
Sondaj/AC Koyulu Adı	Torçe Adı	Derinlik (m)	#10 Muhleva (%)	#200 Katan (%)	#10 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	CH	#10 Geçen (%)	#20 Geçen (%)	q <sub>u</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )		σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )
SK-1	UD-1	3.00-3.50	32.91	18.72	-	0.00	96.84	54	26	28	CH	-	-	-	-	-	87.92	3	-	-	3.6	0.3350	-	-	-	-	-
SK-2	UD-1	1.50-2.00	25.38	18.79	-	0.00	83.46	44	22	22	CL	-	-	-	-	-	72.85	6	-	-	2.5	0.3124	-	-	-	-	-

(a)

Soil	Depth [m]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	γ' [kN/m <sup>3</sup> ]	φ [°]	c(a) [kN/m <sup>2</sup> ]	c(p) [kN/m <sup>2</sup> ]	δ/φ active	δ/φ passive	Designation
	297.00	17.0	15.0	28.0	1.0	1.0	0.667	-0.667	S-1
	292.00	19.0	16.0	29.0	5.0	5.0	0.667	-0.667	S-2
	<292.00	21.0	18.0	33.0	10.0	10.0	0.667	-0.667	S-3

Wall crown = 303.60 m

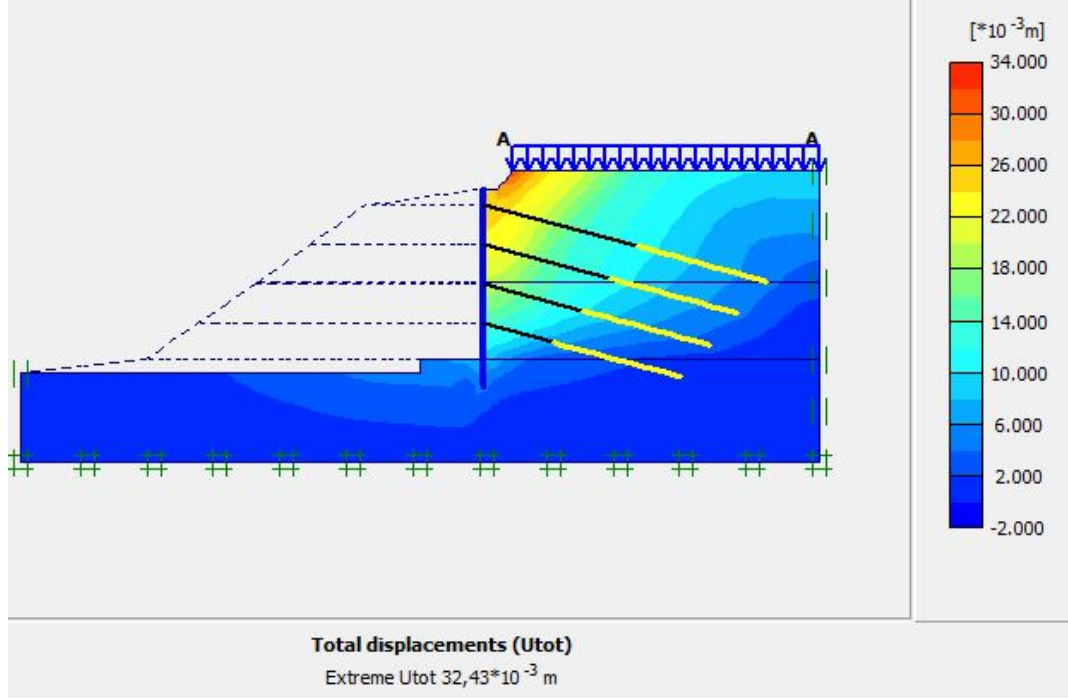
(b)

Şekil 3.52. a) Sahaya ait zemin etüt raporu deney sonuçları, b) sahaya ait hazırlanan geoteknik raporda kullanılan zemin verileri.

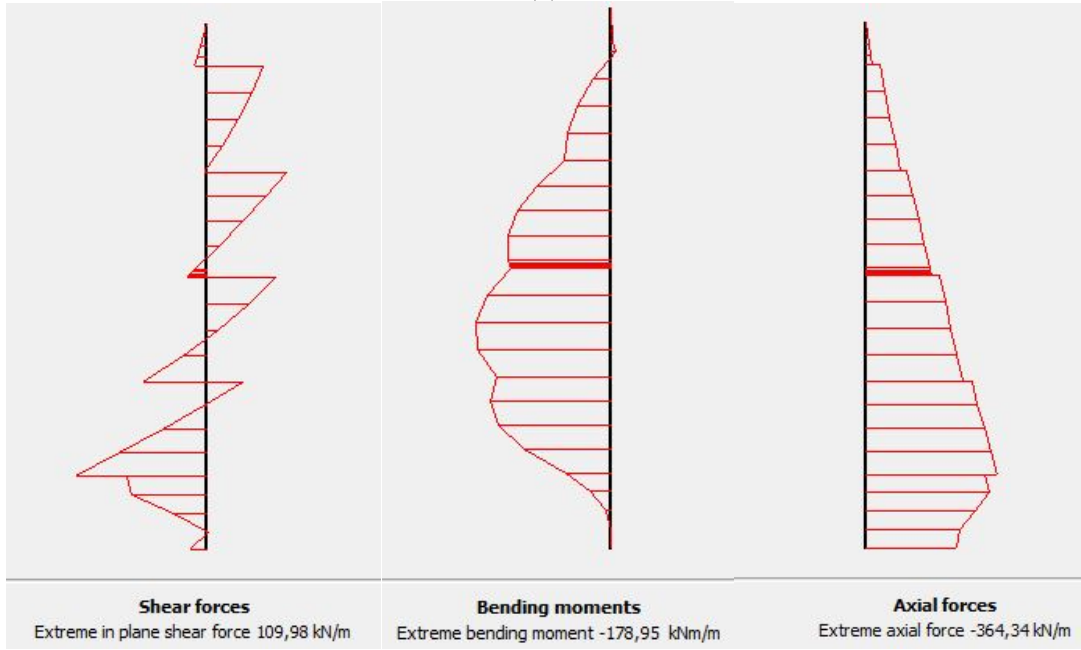
Söz konusu raporda aşamalı iksa ve aşamalı ankraj imalatı analizleri yapıp yapılmadığı belirtilmemektedir. Tarafımızca plaxis yazılımı kullanılacağından aşamalı inşa durumuna göre analizler yapılacaktır. Analizlere katılacak olan zemin değerleri geoteknik raporda kullanılan (Şekil 3.52.b)'deki veriler çerçevesinde yapılacaktır. Çizim paftalarında kazık başlık kirişi dahil maksimum kazık boyu 15,60m. iken geoteknik raporda analize katılan bu boy 13,50m.'dir. Plaxis ile yaptığımız analizde kazık boyu 13,50m olarak modellenmiştir. Aşağıdaki Şekil 3.53'de tarafımızca yapılan modelleme mevcuttur.







(a)



(b)

(c)

(d)

Şekil 3.54. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.

Geoteknik raporda elde edilen sonuçlar tarafımızca elde edilen değerlerden aşağıda kaldığı gözükmemektedir. 1,50 yük faktörü ile çarpılan değerler ile betonarme dizayn yapılmış olmasına rağmen tarafımızca bulunan maksimum kesme kuvveti ve moment

değerleri yüksek kalmaktadır. Vaka için yapılan tasarım sakıncalı gözükmemektedir ve bulunan tüm eksiklikler ile tekrardan modellenip analiz edilmesinde fayda vardır.

### 3.9. VAKA 9

#### 3.9.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler

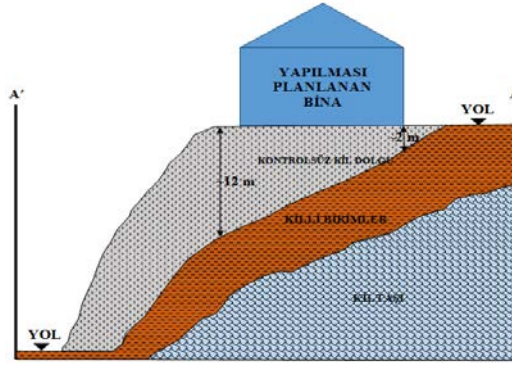
Değerlendirmeye alınan bu proje Karabük ili, Merkez İlçesi, Beşbinevler Mahallesi'nde konut amaçlı kullanım için planlanan bir yapıyı konu almaktadır. Projede yapı temeli altındaki zeminin stabilitesinin sağlanması amacıyla temel altı zemin iyileştirme sisteminin tasarlanması gerektiği düşünülmüştür. İnşaat alanı Şekil 3.55'de de görüldüğü üzere eğimli bir topografyada yer almaktadır. Mimari vaziyet planına bakıldığında yapı temel üst kotu 385,50 kotundadır. Parsel sınırından sonra arazi eğimi çok yüksek olup alt yol 367 kotuna kadar düşmektedir.



Şekil 3.55. Vaka 9 inceleme alanı krokisi.

İnceleme alanında 2 adet toplamda 25 metre araştırma sondajı yapılarak zemin özellikleri ortaya konulmuş olup elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle Şekil 3.56'daki gibi zemin profili oluşturulmuştur. Çalışma alanında yeraltı suyu seviyesine rastlanılmadığı raporda vurgulanmaktadır.

A-A' (KD-GB) Ölceksiz Kesit



Şekil 3.56. Yapının yamaç üzerinde konumu ve zemin kesiti (Etüd raporundan alınmıştır).

Arazi ve laboratuvar deney verilerinden elde edilen proje alanı zeminin özellikleri Çizelge 3.9’da verildiği gibi olup analizler bu veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.9. Vaka 9 zemin mühendislik özellikleri.

Sondaj	Zemin türü	Tabaka Kalınlığı (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme açısı (°)	Elastisite Modülü (kN/m <sup>2</sup> )
SK-1	Kontrolsüz dolgu	0-2,00 m	-	-	-	-
SK-1	Sert kil	2,00-6,00m	19,2	53,94	6	-
SK-1	Kiltaşı	6,00-10,00m	-	-	-	-
SK-2	Kontrolsüz dolgu	0,00-8,50m	19,6	59,82	5	-
SK-2	Sert kil	8,50-12,00m	18,7	-	-	-
SK-2	Kiltaşı	12,00-15,00m	-	-	-	--

### 3.9.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi

Yapının oturacağı kil birim zemin için taşıma gücü hesabı yapılarak taşıma gücü  $G_s=3$  için  $11,5 \text{ t/m}^2$  olarak belirlenmiştir. Her ne kadar temel zeminin yapı yükünü emniyetli bir şekilde karşılayacağı raporda belirtilmiş olsa da temel zeminin heterojen güncel

dolgu olması nedeniyle ıslah edilmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu nedenle derin temel sistemi planlanarak yapı yükünün fore kazıklar ile yaklaşık 12 m derinlikteki kiltasına taşıtılması planlanmıştır. Raporda temel zemini olarak belirlenen malzemede şişme probleminin olmayacağı ancak kil kiltası paleotopoğrafyası yamaç yönünde eğimli olduğu ve dolgu-kil kontağında gelişecek bir stabilite probleminin olabileceği vurgulanmaktadır.

Söz konusu rapor kapsamında yukarıda bahsedilen problemlerin tanımlanması ve çözümü için herhangi bir analiz programı kullanılmamıştır. Yalnızca Eşitlik 3.1’de verilen kazık taşıma gücü formülü ile Çizelge 3.10’deki veriler kullanılarak 65 cm çapındaki kazığın taşıma gücü hesaplanmıştır. Güvenli katsayısı 3 alınarak ve yapı toplam yükü 3360 ton olarak kabul ederek toplamda minimum 25 adet 14 m boyunda kazığın yapı yükünü güvenle taşıyacağı ifade edilmiştir.

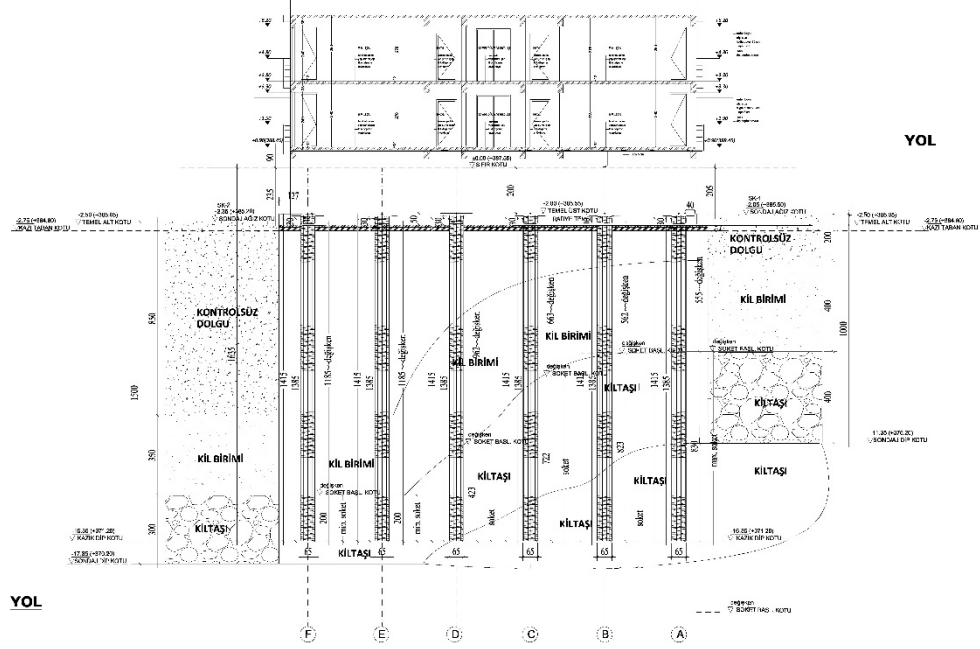
Çizelge 3. 10 Taşıma gücü hesabında kullanılan zemin parametreleri.

Ortalama kalınlık (m)	Zemin Cinsi	Zemin Parametreleri (RAPORDAN)
6.00	Kontrolsüz dolgu	----- (İHMAL EDİLECEKTİR)
4.00	Ayrışma ürünü Rezidüal KİL (CH)	$\gamma_n=1.9 \text{ t/m}^3$ $C = 5.3 \text{ t/m}^2$ $CA= C * \alpha = 5.3 * 0.70=3.7 \text{ t/m}^2$
4.00	KİLTASI (sürtünme soket)	$Is=12 \text{ kg/cm}^2= q_u \text{ (kabul)} = 120 \text{ t/m}^2$ $Cu=q_u/2=120/2=60 \text{ t/m}^2 * \alpha =60*0.40=24 \text{ t/m}^2=CA$
	KİLTASI (Uç)	$Cu=60 \text{ t/m}^2$

$$q_{\text{Toplam}} = q_{\text{çevre(KİL)}} + q_{\text{çevre(KİLTASI)}} + q_{\text{uç(KİLTASI)}} \quad (3.1)$$

Yatay yükler içinse kil yüzeye kadar yatay deplasman yapması beklenen dolgu malzemenin ağırlığı ve yapının yatay itkisi dikkate alındığında oluşabilecek toplam yatay yük 5136 ton olarak bulunmuştur. 1 fore kazık kesme gerilmesi kapasitesi 135 ton olduğundan  $5136/135=38$  adet minimum sayıda kazık gerektiği belirtilmiştir. Sonuç olarak temel ve bina ebatları dikkate alınarak; toplamda, 43 ADET Ø65 lik Fore

Kazık yerleşimi yapılmıştır. Betonarme donatı hesapları yapılarak aşağıdaki Şekil 3.57’de bulunan kesit uygulama paftasında verilmiştir.

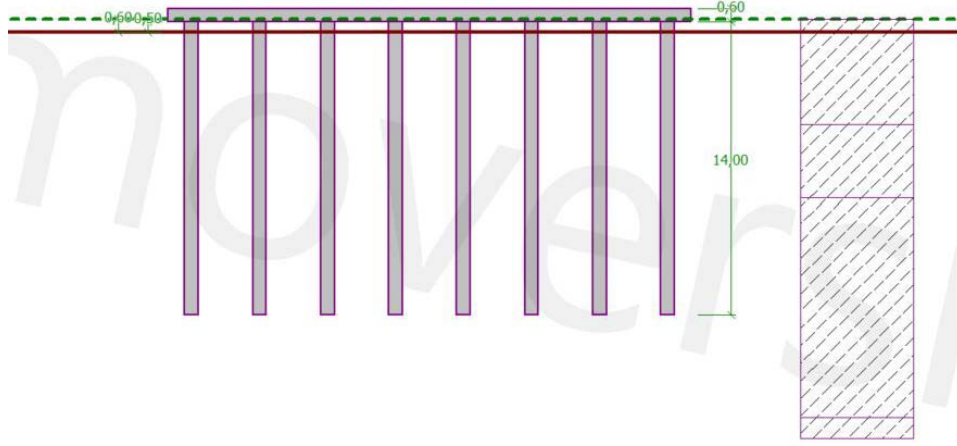


Şekil 3.57. Vaka 9 temel altı kazık sistemine ait arazi kesiti.

### 3.9.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme

Söz konusu vaka tarafımızca detaylıca incelenmiştir. Yapılan incelemelerde inşa edilecek yapının az katlı olmasından kaynaklı oturma problemi beklenmemektedir. Ancak arazinin batı cephesi yamaç olduğu için heyelan oluşma riskine karşı detaylı incelemeler ve varsa oluşabilecek probleme karşı önlem alınması gerektiği tarafımızca değerlendirilmiştir. Nitekim rapor kapsamında bu değerlendirmeler yapılmış ve gerekli önlemler alınmıştır. Bu bölümde yapılan zemin iyileştirme çalışmalarının irdelenmesi ve yatay itki problemine önlem amaçlı tarafımızca oluşturulan alternatif projenin anlatımı yapılacaktır.

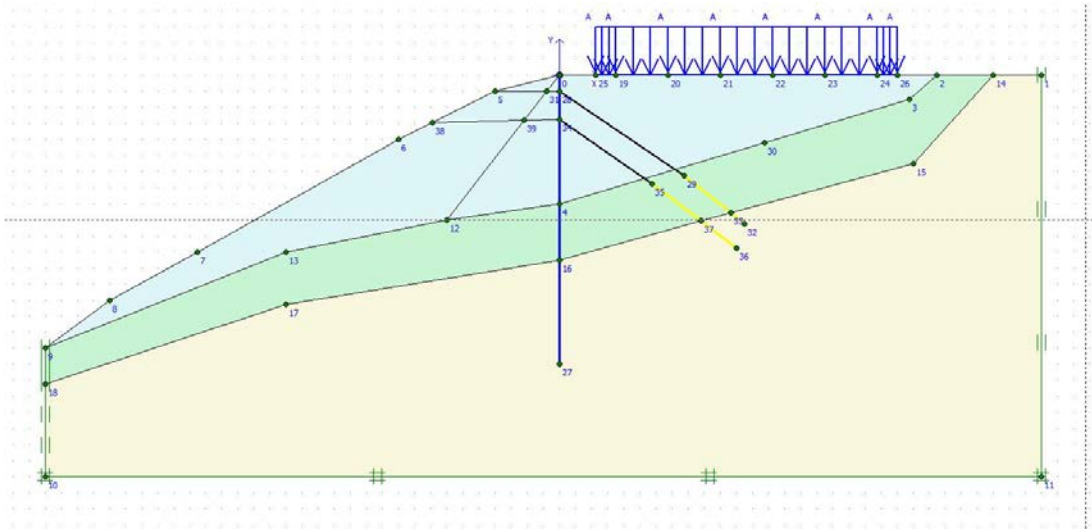
Yapılan iyileştirmenin kesiti zemin parametreleri, malzeme özellikleri, yapı ve arazi ölçülerine sadık kalınarak geo5 pile group yazılımına tekrardan girilmiştir. Zemin profili oluşturulurken girilen zemin parametrelerinin bazıları literatürden alınarak yazılıma girilmiştir. Oluşturulan arazi kesiti Şekil 3.58’deki gibidir.



Şekil 3.58. Vaka 9 Geo5 yazılımı arazi kesiti.

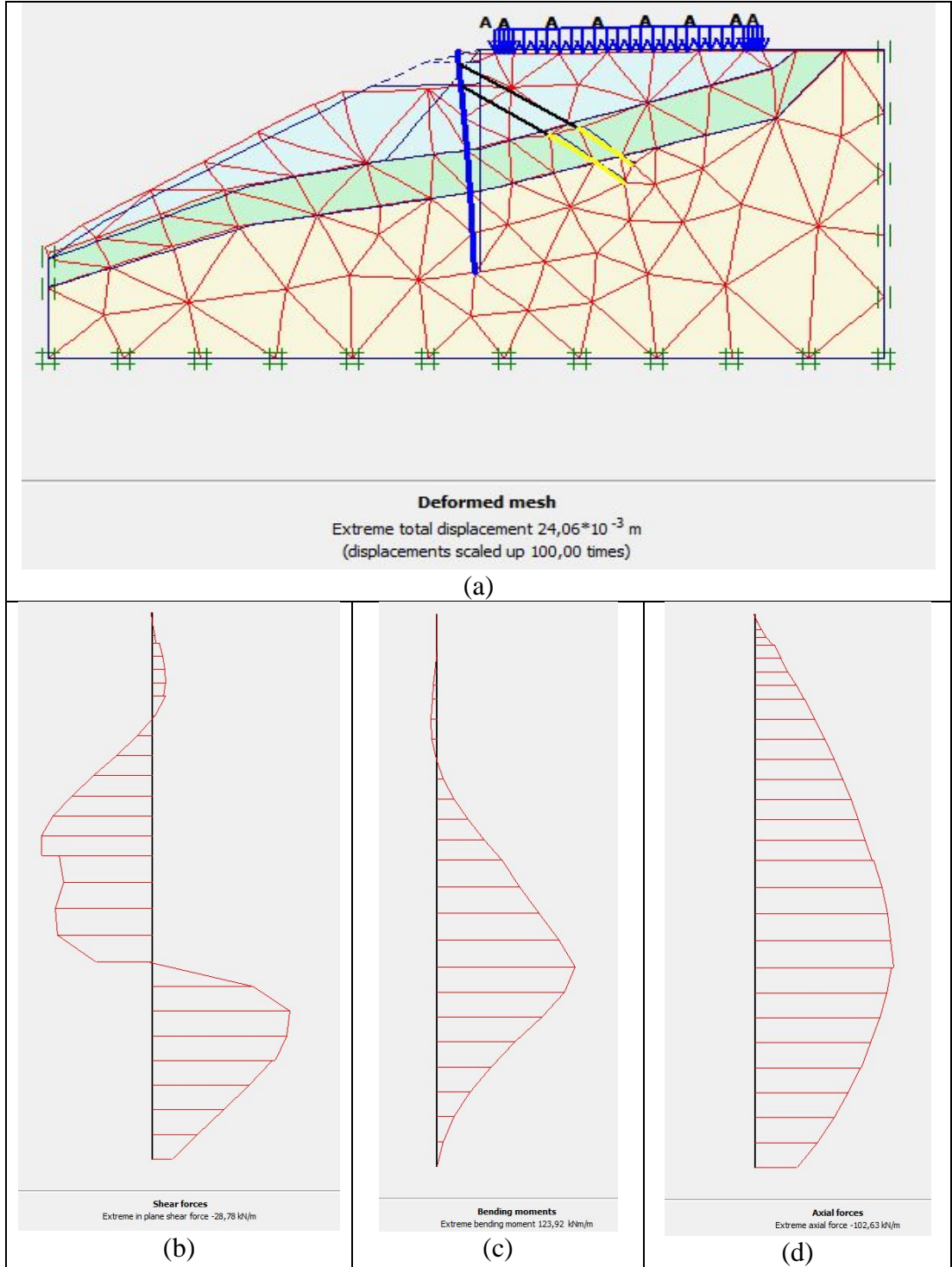
Yapılan analize katılan 33600kN değerindeki üst yapı yükü rapordan alınmıştır. Analiz sonucunda hesaplanan güvenlik faktörü  $3,33 > 2,00$  bulunmuştur. Bu sonuç bize tasarımın yeterince güvenli olduğunu göstermektedir.

Alternatif proje tasarımı olarak parselin batı cephesinde bulunan eğimin başlangıç kısmına oluşabilecek heyelanı önlemek amacıyla fore kazık uygulaması düşünülmüştür. Bu tasarım ve analizde Plaxis yazılımı ile kullanılmıştır. Seçilen çap 100cm, kazık boyu 18m ve iki sıra ankrajlı olacak şekilde fore kazık modellenmesi yapılmıştır. Yapılan modelde mevcut durumdaki arazi kesitlerine ve yapı yüküne (75kN) sadık kalınmıştır. Hazırlanan model Şekil 3.59'deki gibidir.



Şekil 3.59. Alternatif model Plaxis yazılımı model ekranı.

Analiz için gerekli eksik veriler (zemin young modülleri, poisson oranları, elastisite modülleri, ankraj normal rijitlik, vs.) literatürde bulunan verilerden alınarak kullanılmıştır. Yapılan analiz sonuçları Şekil 3.60'da verilmiştir.



Şekil 3.60. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değıştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.

Elde edilen bu sonuçlar değerlendirildiğinde alternatif projenin problemi çözmeye yönelik olduğu ve temel altı kazık sayısı ile karşılaştırıldığında daha ekonomik bir çözüm olduğu tarafımızca değerlendirilmektedir.

### **3.10. VAKA 10**

#### **3.10.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler**

İncelemeye konu olan bu proje Karabük ili, Merkez İlçe sınırlarında yer alan ve konut amaçlı bir yapı için oluşturulan geoteknik projeyi konu almaktadır. Proje alanında arazi topoğrafyasında alt kot ile üst kot arasındaki tesviye kotlarına göre 11 m kot farkı bulunmaktadır. Yapının planlandığı gibi yapılabilmesi ve özellikle temel inşası sırasında arka ve yan cephedeki şevin duraylılığı ve stabilitesinin sağlanması amaçlanmıştır. Temel kazısı sonrasında yapı arkasındaki (doğu cephede) parselde derin kazılardan etkilenecek yüksek katlı yapı söz konusudur. Bu kazının stabil durması için yapılacak şev eğimi dik olduğundan proje alanının duraylılığının sağlanması için iksa destek sistemlerine ihtiyaç duyulduğu ifade edilerek ilgili rapor oluşturulmuştur.

Destek sistemi uygulama projelerinin yapılması amacıyla dayanım ve deformasyon özellikleri, kazı derinliği, çevre yük ve yapı etkileşimi gibi etkenler zemin mekaniği ve temel mühendisliği kriterlerine göre incelenmiştir. İnceleme alanında 1 adet araştırma sondajı ve 1 adet jeofizik çalışma (Şekil 3.61) yapılmıştır. Çalışma alanında yeraltı suyu seviyesine rastlanılmadığı belirtilerek tüm analizler bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir.





Şekil 3.61. Arazi üzerinde zemin etüd araştırmalarını gösteren uydu görüntüsü.

Analizlerde kullanılacak olan geoteknik zemin parametreleri arazi deneyleri ve laboratuvar deney sonuçlarına göre hesaplanmış olup Çizelge 3.11’de verildiği gibidir.

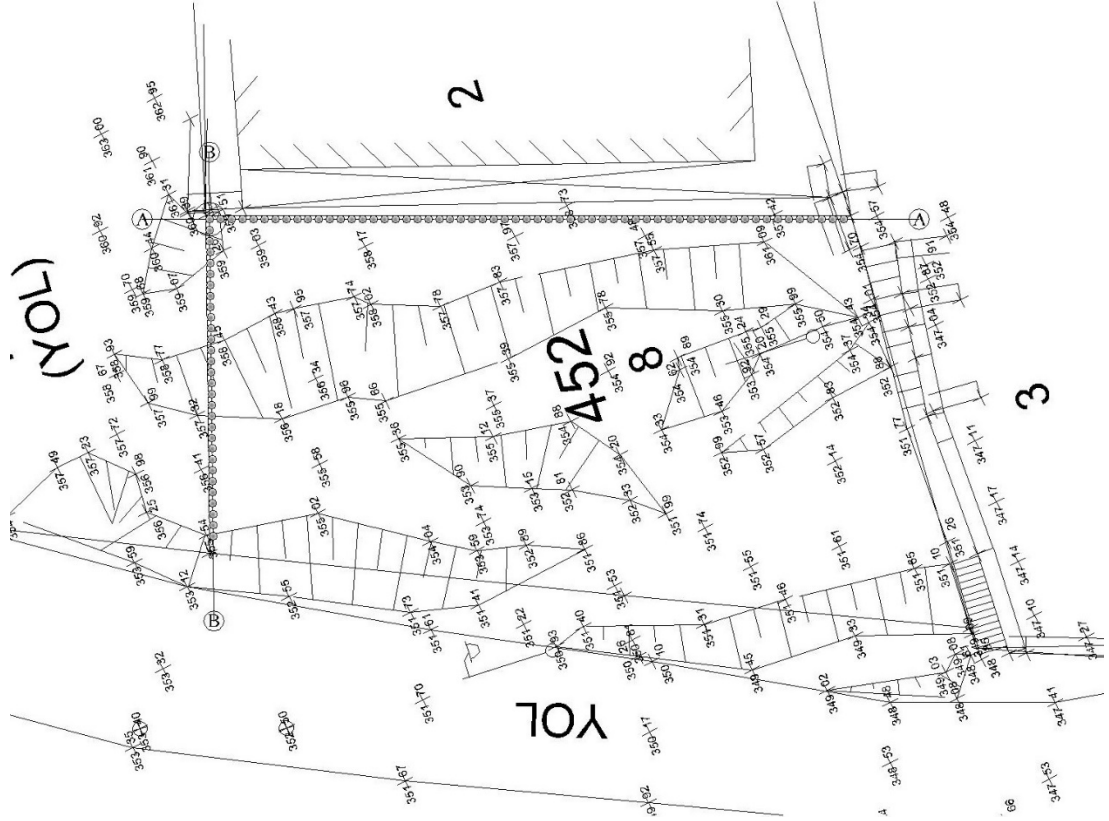
Çizelge 3.11. Vaka 10 zemin mühendislik özellikleri.

Sondaj	Zemin türü	Tabaka Kalınlığı (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme açısı (°)	Elastisite Modülü (kN/m <sup>2</sup> )
SK-1	Kontrolsüz dolgu	0-0,50 m	-	-	-	-
SK-1	Çakıllı Kil	0,50-1,50 m	18,54	35,30	14	
SK-1	Kil birimi	1,50-15,00m	18,84	66,68	7	

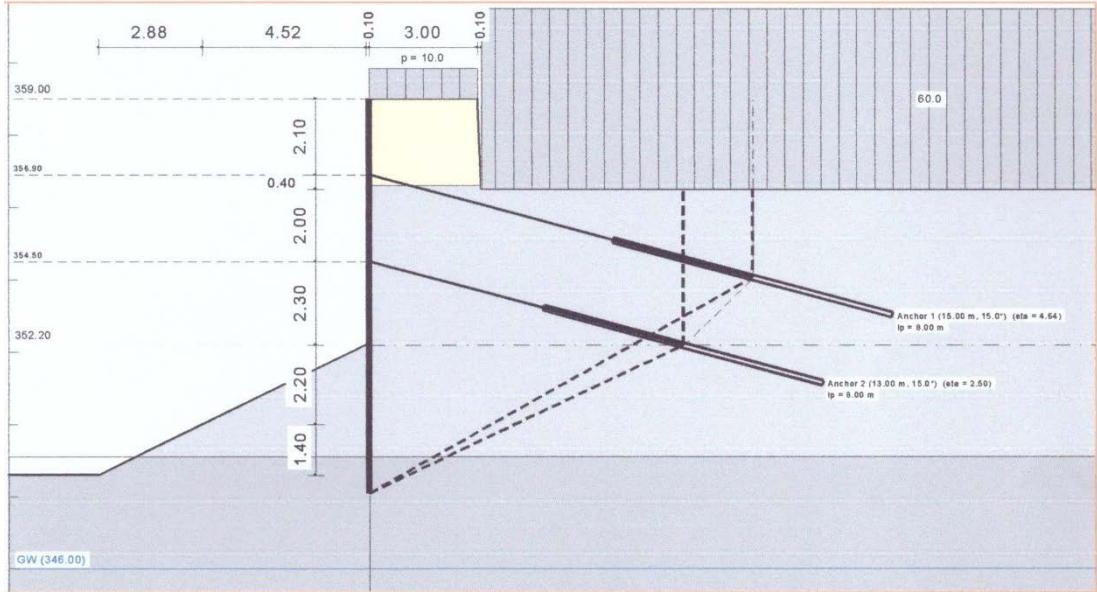
### 3.10.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi

Söz konusu raporda mimari vaziyet planı, tesviye şartları ve geoteknik koşullar birlikte değerlendirildiğinde kalıcı iksa destek sisteminin problemin ortadan kaldırılması için gerekli olduğu belirtilmektedir. Bu kapsamda temel kazısından etkilenebilecek komşu yapı ve yolların duraylılığın sağlanabilmesi için söz konusu fore kazıklı iksa sistemi

ve ankraj sistemi tasarlanmıştır (Şekil 3.62). Bu projede geoteknik değerlendirmeler GGU-Retain yazılımı ile yapılmıştır. Yazılıma tanımlanan iksa destek sistemli arazi modeli aşağıdaki Şekil 3.63'te görülmektedir. Bu kesit en kritik olan doğu-batı doğrultusundadır. Sürşarj yükü yapı için  $60 \text{ kN/m}^2$  ve yol için  $10 \text{ kN/m}^2$  olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.62. Projeye ait forekazık konumlarını gösterir vaziyet planı.



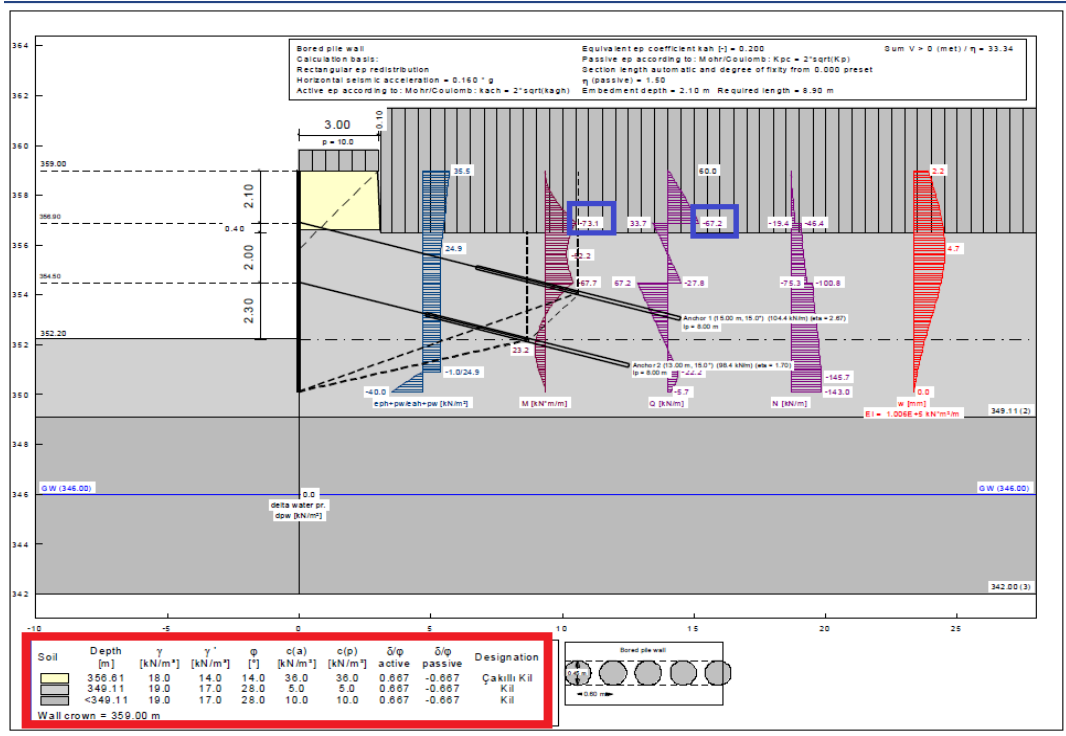
Şekil 3.63. Analiz programı arazi modellemesi ekran görüntüsü.

Rapor ekinde bulunan detay çizimlerinin olduğu paftalar incelendiğinde; Kuzey cephede fore kazık boyları batıdan doğuya 7,20-8,20-9,20-10,20m derinlikte olacak şekilde kademeli olarak tasarlanmıştır. Kazıklar 0,45 m çapında, tek sıra dizilmiştir. Fore kazık donatı özellikleri fretaj Ø8/15, montaj çemberi Ø16/250 ve montaj donatısı 7Ø16 olarak tasarlanmıştır. Doğu cephesinde fore kazık boyları kuzeyden güneye 11,20-10,20-9,20m derinlikte olacak şekilde kademeli olarak tasarlanmıştır. Bu kazıklar da 0,45m çapında, tek sıra dizilmiştir. Fore kazık donatı özellikleri fretaj Ø8/15, montaj çemberi Ø16/250 ve montaj donatısı 7Ø16 olarak tasarlanmıştır. Tüm kalıcı ankrajlar, kazık yatayı ile 15 derece açı yapacak şekilde, 8 m uç ve 13 m toplam boya sahip olacak şekilde dizayn edilmiştir. Bütün sistem için c30 beton sınıfı ve s420 çelik sınıfı kullanılmış ve çizim paftaları oluşturulmuştur.

### 3.10.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme

Bu vaka yoğun bir yapılaşmanın olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Bu sebeple çevre yapıların yakınlığı ve çevre yolların varlığı hesaplara katılması gereken önemli parametrelerdendir. Raporun yeniden değerlendirilmesi tüm proje ayrıntılarına ve zemin özelliklerine sadık kalınarak Plaxis yazılımı ile yeniden analiz edilmiştir. Tasarımcı tarafından yapılan analizler ile sondaj verileri ve laboratuvar sonuçları

benzerlik göstermemektedir (Şekil 3.64). Şekil 3.65'te belirtilen kesit tesirleri statik durum sonucuna göre yapılmıştır. Bu sonuçlara göre donatı tip ve sayısı, beton dayanımı belirlenmiştir. Ancak söz konusu rapor dikkatli incelendiğinde Şekil 3.64'teki depremlili durumdaki mavi kutular içerisindeki kesit tesirleri hesaplarda kullanılan değerlerden daha yüksektir. Bu sonuç depremlili durumda yapının güvenliğini tartışmaya açmaktadır.



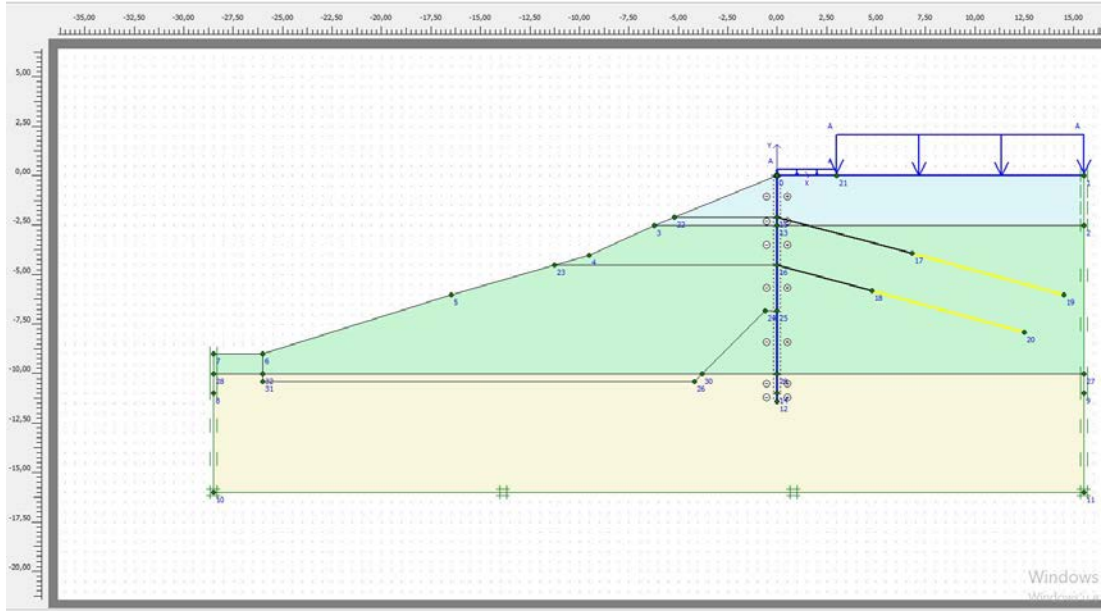
Şekil 3 Depremlili Durum Analizi

Şekil 3.64. Geoteknik rapor analiz sonuçları ve kullanılan parametreler.

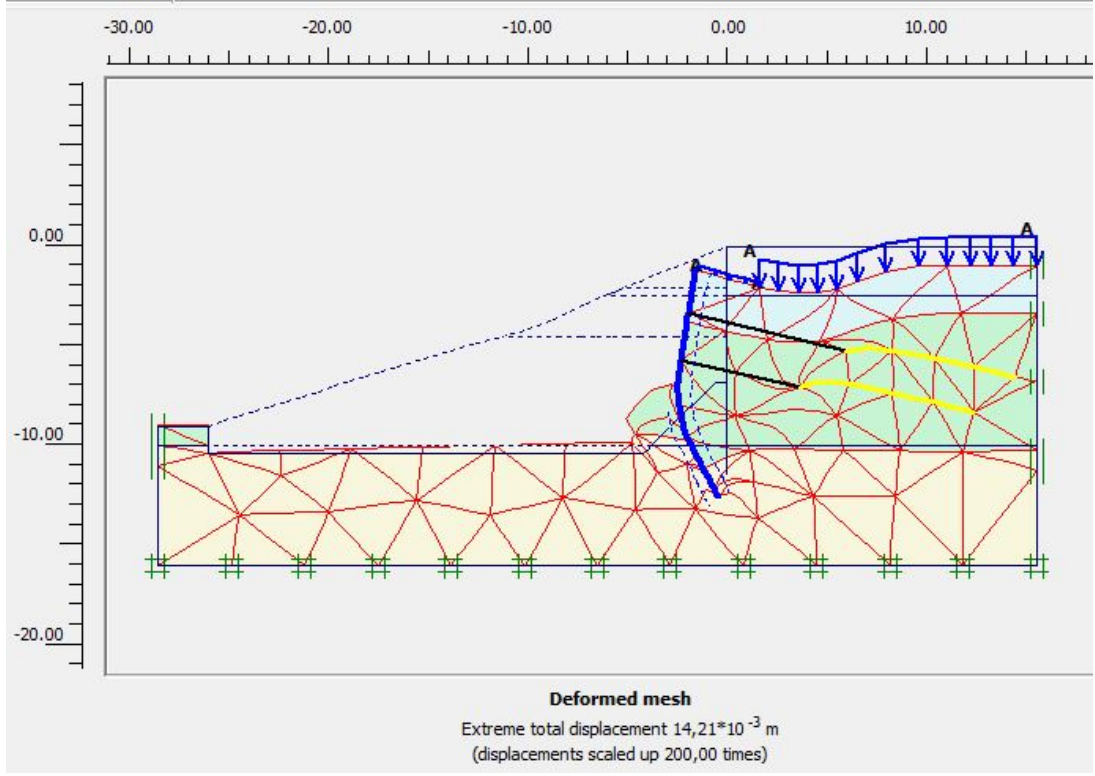
KAZIK BETONARME HESAPLARI										
Kazık Çapı	Yeri Tipi	Kesit Tesirleri			Kazık Gövdesinde Kuvvetler			Betonarme Tasarım Kuvvetleri		
		Hesap Sonucu			Kazık Analizi S= 0,65			Yük Faktörü 1,50		
		M (kNm/m)	N (kN/m)	Q (kN/m)	M <sub>kazık</sub> (kNm)	N <sub>kazık</sub> (kN)	Q <sub>kazık</sub> (kN)	M <sub>kazık</sub> (kNm)	N <sub>kazık</sub> (kN)	Q <sub>kazık</sub> (kN)
Φ45	I	57,00	1,00	65,00	37,05	0,65	42,25	55,58	0,98	63,38

Şekil 3.65. Geoteknik raporda betonarme hesaplara katılan kuvvetler.

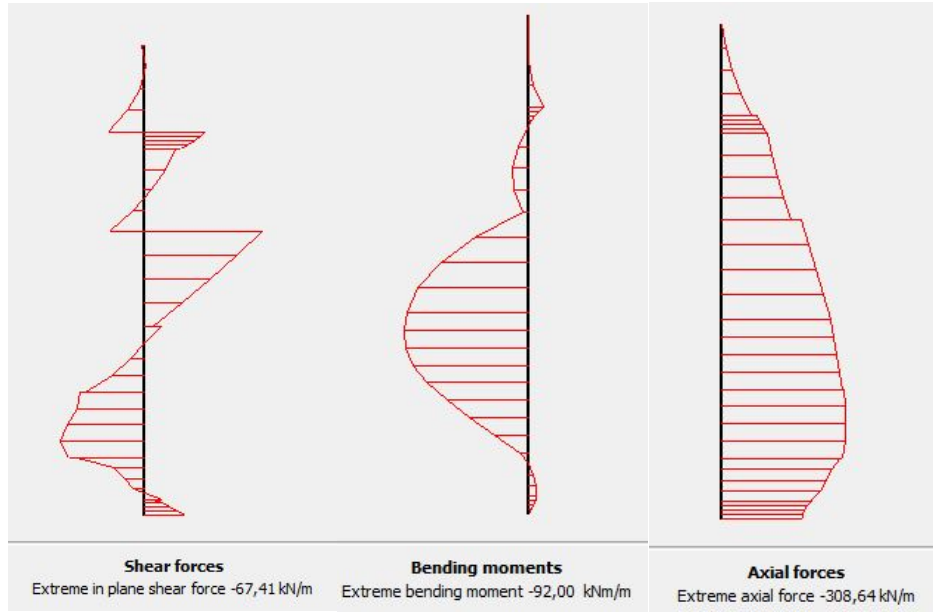
Söz konusu vaka tarafımızca Plaxis yazılımı ile irdelenmiştir. Veri girişleri raporda paylaşılan veriler kullanılarak yapılmaya çalışılmıştır. Eksik olan veriler literatürde geçerli olarak kullanılan verilerle yapılmıştır. Hazırlanan model Şekil 3.66'da gözüktüğü gibidir. Bu model Şekil 3.63 ile aynı kot ve ölçülerde modellenmiştir. Analiz yazılımının getirdiği bir özellik olan aşamalı olarak yapılmıştır. Analiz sonuçları aşağıdaki Şekil 3.67'de gösterilmiştir.



Şekil 3.66. Vaka 5 Plaxis modelleme ekranı.



(a)



(b)

(c)

(d)

Şekil 3.67. Plaxis yazılımı analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.

Tarafımızca yapılan analiz sonuçları irdelendiğinde betonarme dizayn için kullanılan kesit tesirleri ile farklılıklar gözükmemektedir. Plaxis analizi sonucu maksimum moment

değeri 92 kNm bulunmuşken raporda bulunan 55,58 kNm'dir, maksimum kesme kuvveti 67,41 kN/m iken raporda bulunan 63,38 kN/m'dir. Tarafımızca yapılan analiz sonucunda bulunan değerler raporda bulunan değerlerden daha fazla olduğu anlaşılmıştır.

Sonuç olarak geoteknik rapordaki bilgilerin vakanın çözümü ve anlatımı açısından yetersiz olduğu tarafımızca anlaşılmıştır. Bunun sonucu olarak gelecekte oluşacak yenilmelerde veya çevresel kotlar ve yapılardaki değişimler için kullanılması gerektiğinde yanlış yönlendirilmelere sebebiyet verebilir. Analiz sonuçlarındaki bu farklılıktan dolayı kesitlerin tekrardan incelenmesi ve irdelenmesi gerektiği varsa problemler giderilmesi tarafımızca önerilmektedir.

### **3.11. VAKA 11**

#### **3.11.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler**

Karabük ili, Merkez ilçe, Aydınlıkevler mahallesinde bulunan parsele konut amaçlı yapı yapılması amacıyla geoteknik değerlendirmeleri yapılmıştır. Yapılan çalışmalarla inceleme alanı ve yakın çevresinin bölgesel jeoloji haritasındaki yeri belirlenerek bölgenin yapısal özellikleri belirlenmiştir. Bu incelemeyle; yerleşim yapılacak alanda çevresini etkileyebilecek kütle hareketlerinden akma, kayma, oturma ve yeraltı suyu etkisi gibi olayların irdelenmesi sonucunda yerleşim yerinde alınabilecek önlemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yakın çevrede yoğun bir yapılaşma bulunmaktadır. Çalışma sahasında 1 adet sondaj yapılmıştır. Bu sondaja SK-1 ismi verilmiştir. SK- 1 sondaj kuyusu 10 metre derinliğinde açılmıştır. Sondajlardan elde edilen veriler doğrultusunda 0-7m arasında kil ve 7-10m arasında ise marn biriminin olduğu ifade edilmiştir (Şekil 3.68).



Şekil 3.68. a) çalışma alanı ve b) zemin profili.

Geoteknik analizlerde kullanılacak olan geoteknik zemin parametreleri arazi deneyleri ve kaya-zemin laboratuvar deney sonuçlarına göre hesaplanmış ve aşağıdaki Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Vaka 11 zemin mühendislik parametreleri.

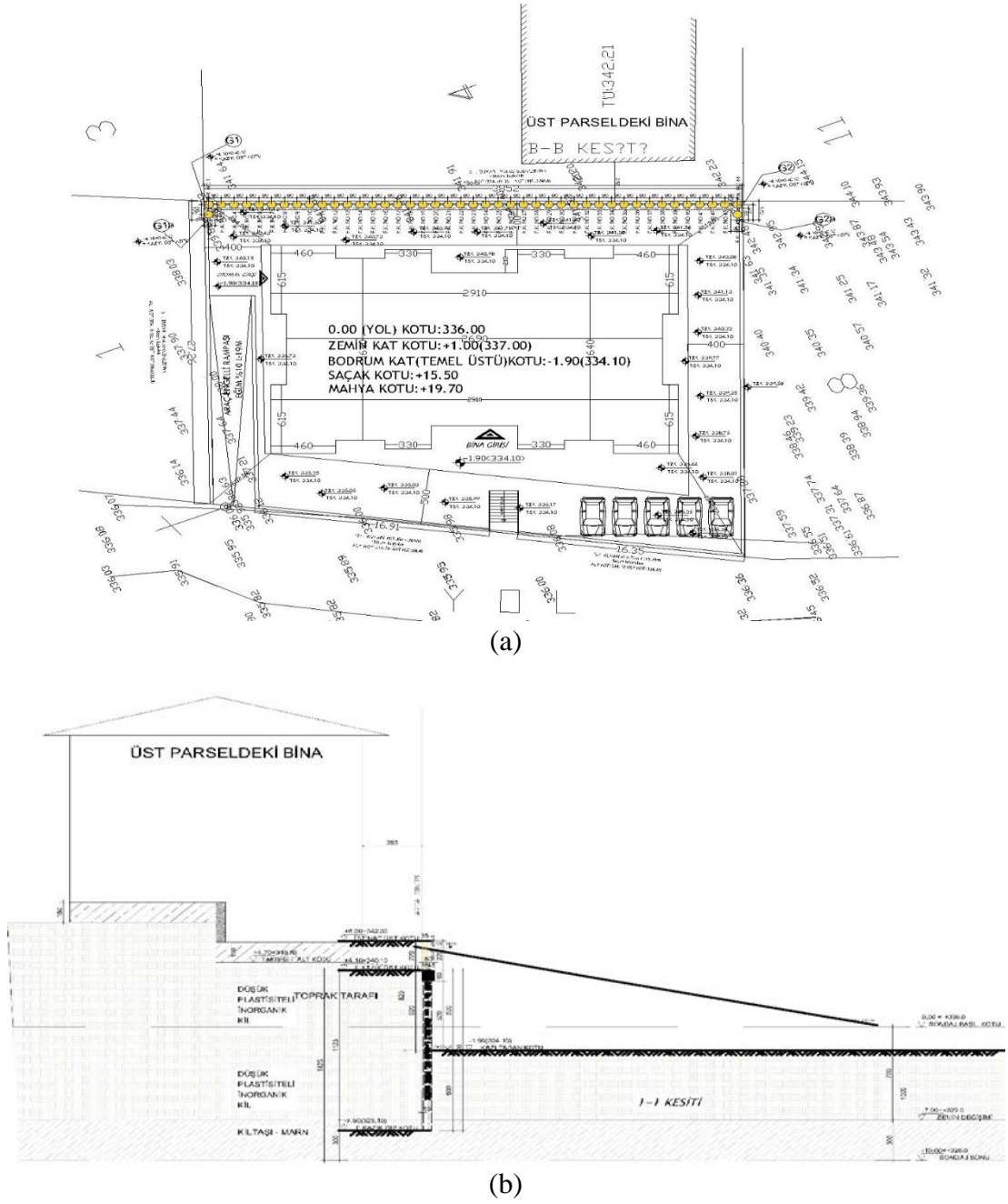
Sondaj	Zemin türü	Tabaka Kalınlığı (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme açısı (°)	Elastisite Modülü (kN/m <sup>2</sup> )
SK-1	Düşük plastisiteli kil	0-7,00 m	19,47	61,78	6	-
SK-1	Kiltaşlı-marn	7,00-10,00m	-	-	-	-

Temel çukurunun yerleşim alanında açılması sırasında komşu yapılarda taşıma gücünün azalması, oturmalar ya da yanal hareketler şeklinde ortaya çıkabileceği tüm olumsuzluklara karşı güvenliğin sağlanması rapor kapsamında hedeflenmiştir. Çalışma alanındaki temel çukuru kazısı derinliği; taban kotuna ve arazi kotlarına bağlı olarak sıfır kotu ±0.00 (336,0) dikkate alındığında sahadaki en yüksek kot olan +5.91 (341,91) kotundan, kazı taban kotu olan -1.90 (334.10) kotuna inileceğinden en derin yerde kot farkı 7,81 m olarak belirlenmiştir. Bu derinlikteki temel kazısı için komşu binalar ile sahanın etrafındaki yollar dikkate alındığında, çevre yapı ve yolların hasar görmeden temel kazısının yapılabilmesi için her türlü geoteknik mühendisliği önlemini içeren gerekli iksa tedbirlerinin alınması gerekmektedir.



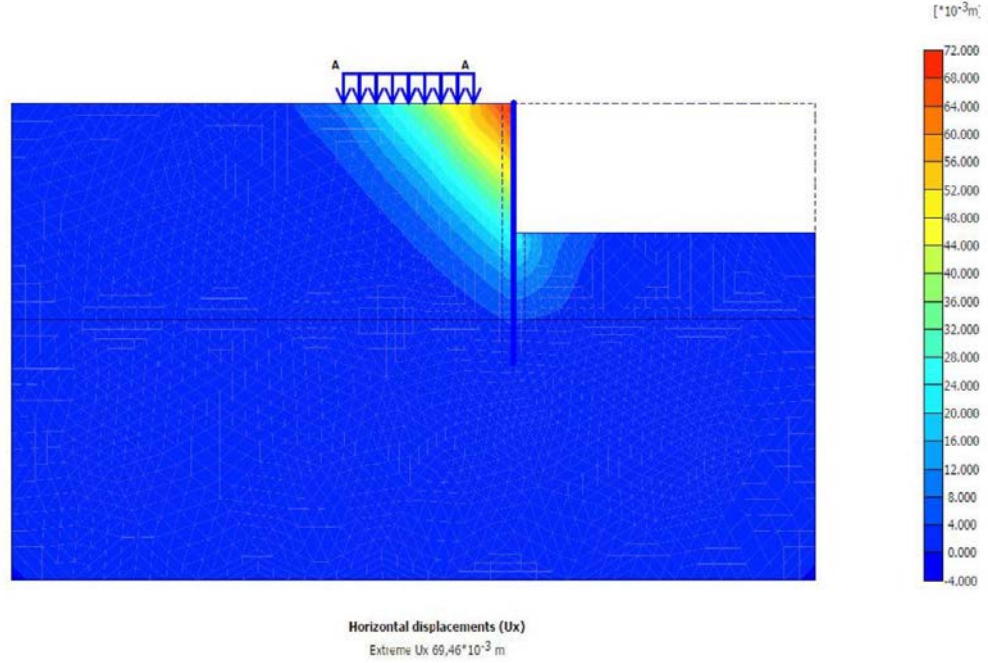
### 3.11.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi

Söz konusu derin temel kazısı neticesinde doğuda üst kotta bulunan yapının güvenliği için emniyet, uygulanabilirlik ve ekonomi kriterleri beraberce düşünülmüş ve kazı aynası önüne konsol fore kazıklı sistem uygulanarak iksa yapılması uygun görülmüştür. Şekil 3.69'da arazinin doğu cephesine fore kazık sistemi yapılmasına rapor kapsamında karar verilmiştir.



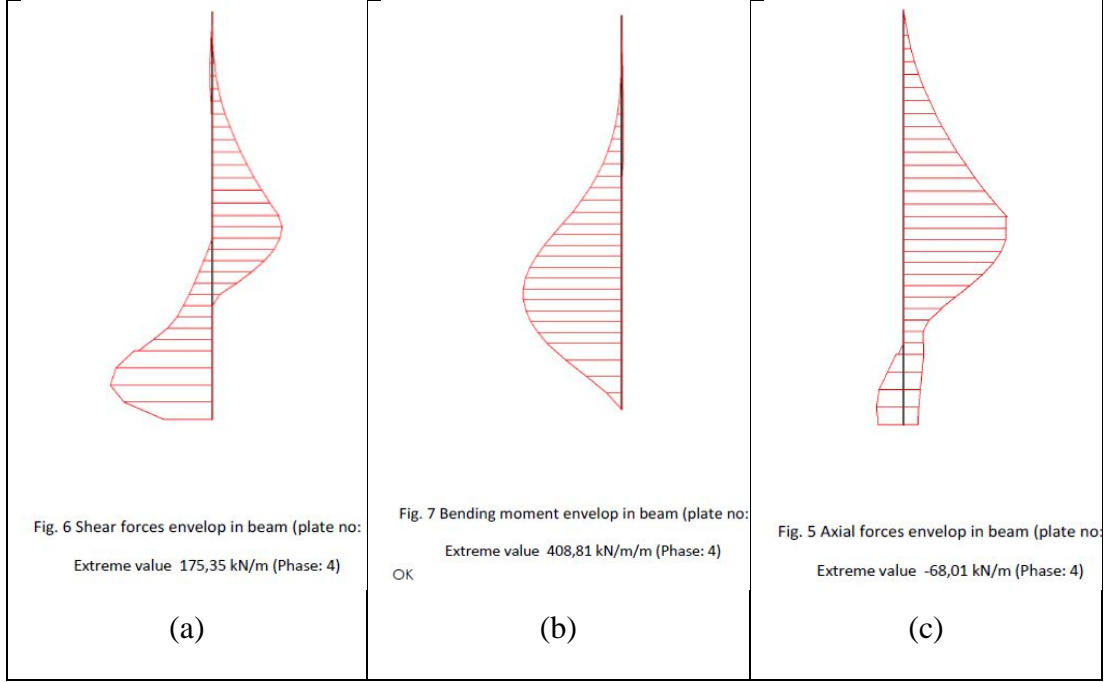
Şekil 3.69. a) forekazık iksa yerleşim planı, b) iksa arazi kesiti.

Belirlenen iksa sisteminin analizine çevre yapılar için sürşarj yükü tanımlanarak Plaxis yazılımı ile yapılmış ve Şekil 3.70'de gösterilen kesitte stabiliteyi sağlamak amacıyla kazıklı iksa sistemleri oluşturulur.



Şekil 3.70. Analiz programı ekran görüntüsü.

Projede şev kazısı güvenliği analiz sonuçlarından elde edilen kesit tesirlerine (Şekil 3.71) göre sağlanmıştır. Bu değerlere göre betonarme hesaplar yapılmış ve 90 cm aralıklarla, 65cm çapta, 12 metre uzunluğunda kazık ve üzerine 2,20m istinat duvarı ile sağlanacağı sonucuna varılmış olup C30 sınıfında beton ve s420 sınıfında donatı çeliği ile uygulama yapılmıştır.

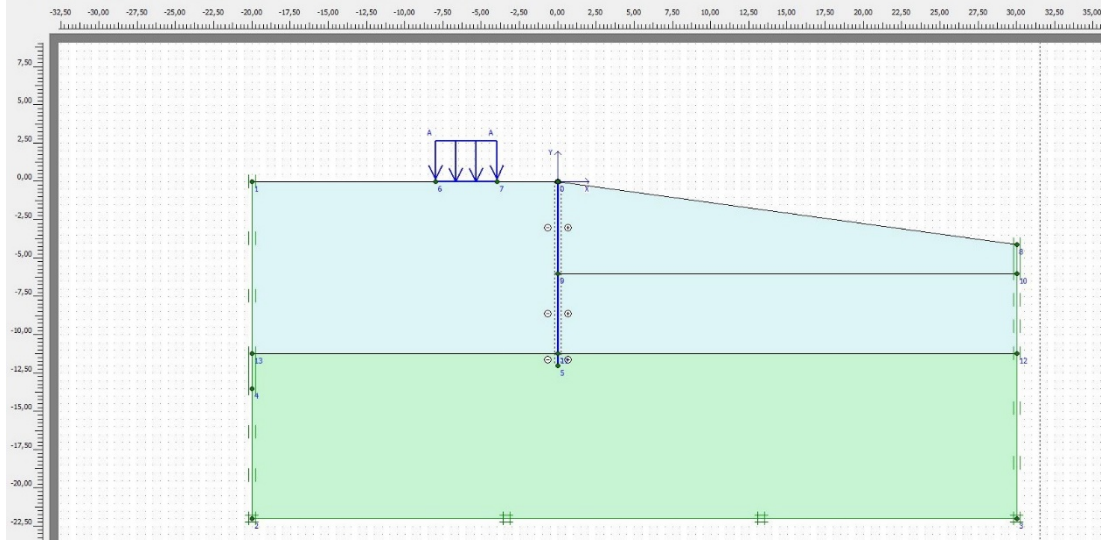


Şekil 3.71. Kesit tesirleri. a) maksimum kazık kesme kuvveti, b) maksimum kazık eğilme momenti, c) kazık aksenal kuvveti.

### 3.11.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme

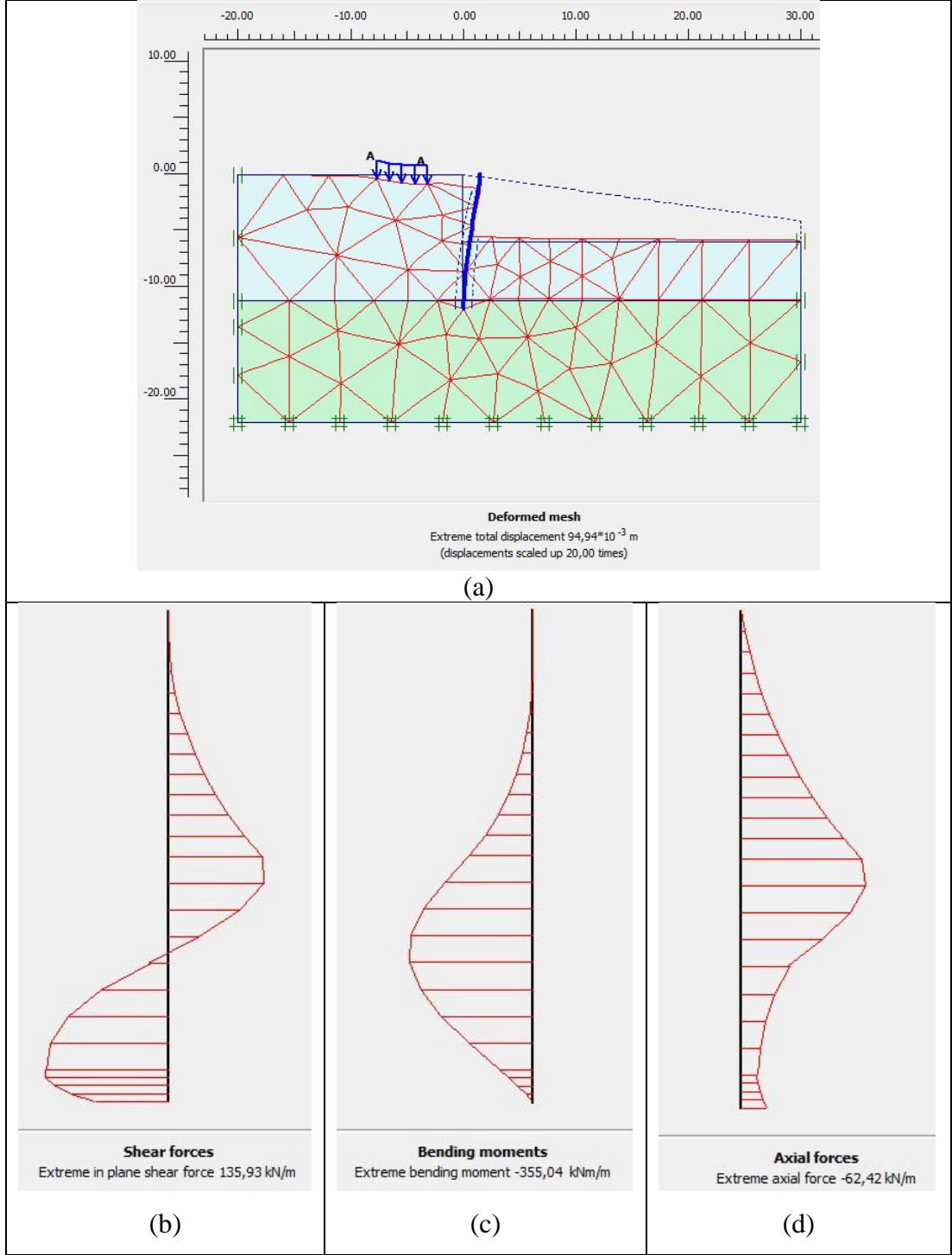
Değerlendirmedeki 11 numaralı vaka arazi eğimlerinin fazla olduğu ve çevre yapıların birbirine yakın olduğu bölgede bulunmaktadır. Çizim paftası ve rapordaki analiz modeli arazi kesiti ile karşılaştırıldığında veriler birbirleri ile uyumludur. Raporda konum bilgileri, jeolojik koşullar, zemin etüt ve deney sonuçları, inceleme alanının tanıtılması, problemin belirlenmesi, gerekli önlemlerin değerlendirilmesi, bina zemin ilişkisinin irdelenmesi, iksa yapısı geoteknik ve geometrik verilerin belirlenmesi, geoteknik analizi ve sonuçları, betonarme hesapları detayları olarak anlatılmıştır. Zemin etüt raporunda kil birim için belirlenen içsel sürtünme açısı  $6^\circ$ , kohezyon  $61,28 \text{ kN/m}^2$  iken analizde kullanılan değerler sırasıyla  $28^\circ$  ve  $2,00 \text{ kN/m}^2$  şeklindedir.

Bu verilere sadık kalınarak arazi plankotesine ve tesviye kotlarına göre Plaxis yazılımında tarafımızca yeniden modelleme yapılmış ve analiz edilmiştir. Böylece söz konusu vaka tekrar bu şekilde değerlendirilmiştir (Şekil 3.72).



Şekil 3.72. Vaka 11 alternatif tasarım arazi kesiti.

Hazırlanan bu model aşamalı bir şekilde analiz edilmiştir. Yazılımdan elde edilen sonuçlar Şekil (3.73)'deki gibi okunmuştur.



Şekil 3.73. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) maksimum kazık kesme kuvveti, c) maksimum kazık eğilme momenti, d) kazık aksenal kuvveti.

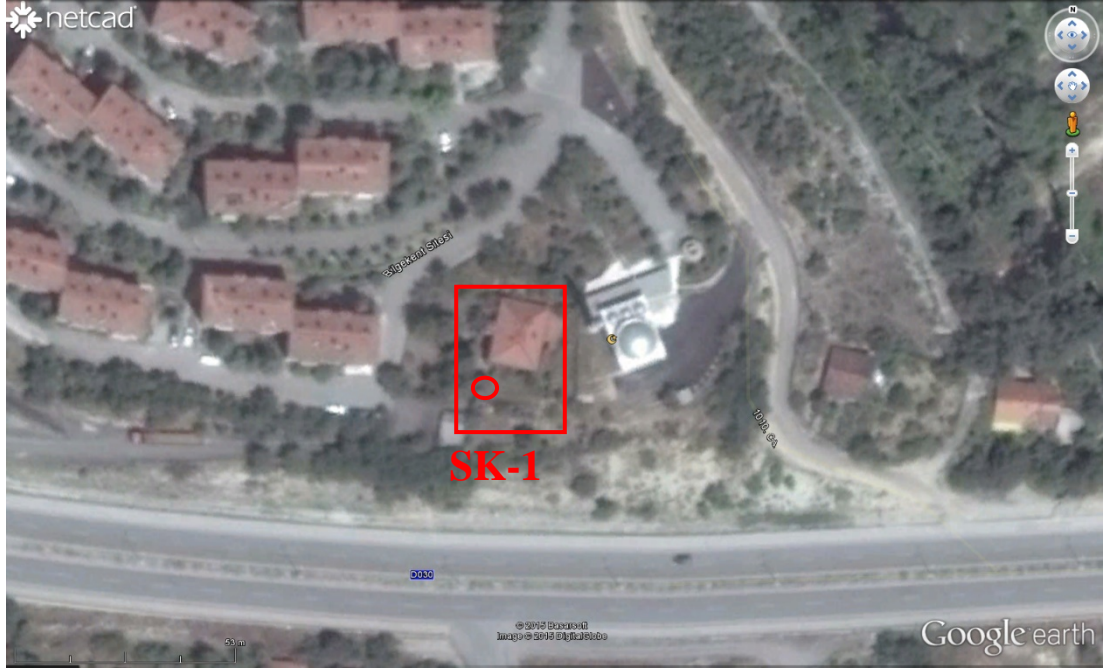
İki analizin sonuçları da okunup karşılaştırıldığında farklılıklar bulunmaktadır. Tarafımızca yapılan analiz arazi plankotesi ile birebir aynı olacak şekilde hazırlandığı için oluşan maksimum yer değiştirme raporda 6,9 cm iken tarafımızca 9,4 cm

bulunmuştur. Diğer kesit tesirleri tarafımızca rapordaki değerlere göre daha düşük bulunduğundan raporda tasarlanan yapının güvenli olduğu kanısına varılmıştır. Ancak yapılan betonarme tahkikleri raporda bulunmamaktadır. Ayrıca uygulama paftaları ile rapor karşılaştırıldığında fore kazık üzerine imal edilen istinat duvarı perdesinin modele eklenmediği, raporda bahsedilmediği ve fore kazık arkasındaki komşu binanın yükünün 15kN/m gibi düşük bir değer ile analize katıldığı gözlemlenmektedir.

### **3.12. VAKA 12**

#### **3.12.1. Proje Hakkında Genel Bilgiler**

Bu vakada Karabük ili, Merkez İlçesi, 100.yıl mahallesinde konut amaçlı yapı yapılması planlanan arazideki geoteknik problemler irdelenmiştir. Arazi topoğrafyası eğimi yüksek bir yapıya sahiptir. Yapılması planlanan yapıda derin bir kazı planlanmış olup proje alanında temel alt kotu 311,65 ve kazısı yapılacak arazi üst kotu ise 321,50 kotunda bulunmakta olup 9,55 m kazı derinliği söz konusudur. Rapor kapsamında bu kazının iksa yapısı ile desteklenmesi ve çevre yapıların güvenliğinin geoteknik açıdan değerlendirilmesi planlanmıştır. İnceleme alanında 1 adet 314,39 kotundan 15 metrelik zemin sondajı (Şekil 3.74) yapılarak zemin özellikleri ortaya konulmuş ve sondajdan elde edilen veriler ile arazi kesiti oluşturulmuştur. Analiz ve geoteknik değerlendirmelerde kullanılan zemin parametreleri ise arazi deneyleri ve laboratuvar deney sonuçlarına göre hesaplanmış ve Çizelge 3.13'te verilmiştir.



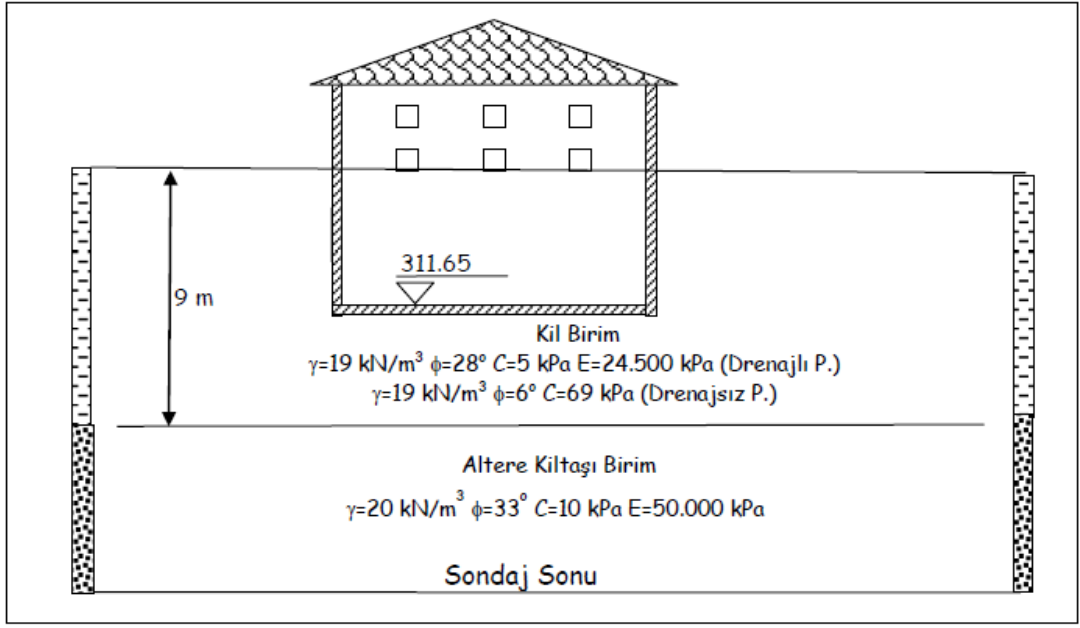
○ SK-1 Sondaj Noktası

Şekil 3.74. Arazi üzerinde yapılan jeolojik ve jeofizik çalışmaların konumu.

Çizelge 3.13. Vaka 12 zemin mühendislik özellikleri.

Sondaj	Zemin türü	Tabaka Kalınlığı (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezyon (kN/m <sup>2</sup> )	İçsel Sürtünme açısı (°)	Elastisite Modülü (kN/m <sup>2</sup> )
SK-1	Yapay dolgu	0,00-0,50m	-	-	-	-
SK-1	Çakıllı killi birim	0,50-6,00m	19,03	6,57	9	-
SK-1	Altera Kilitaşı	6,00-7,00m	23,24	-	-	-
SK-1	Kilitaşı	7,00-15,00m	23,64	-	-	-

Sondaj verileri ve geoteknik değerlendirmeler neticesinde oluşturulan temel zemini profili Şekil 3.75'deki gibi olup raporda yapılan tüm değerlendirmelerde bu model kullanılmıştır.

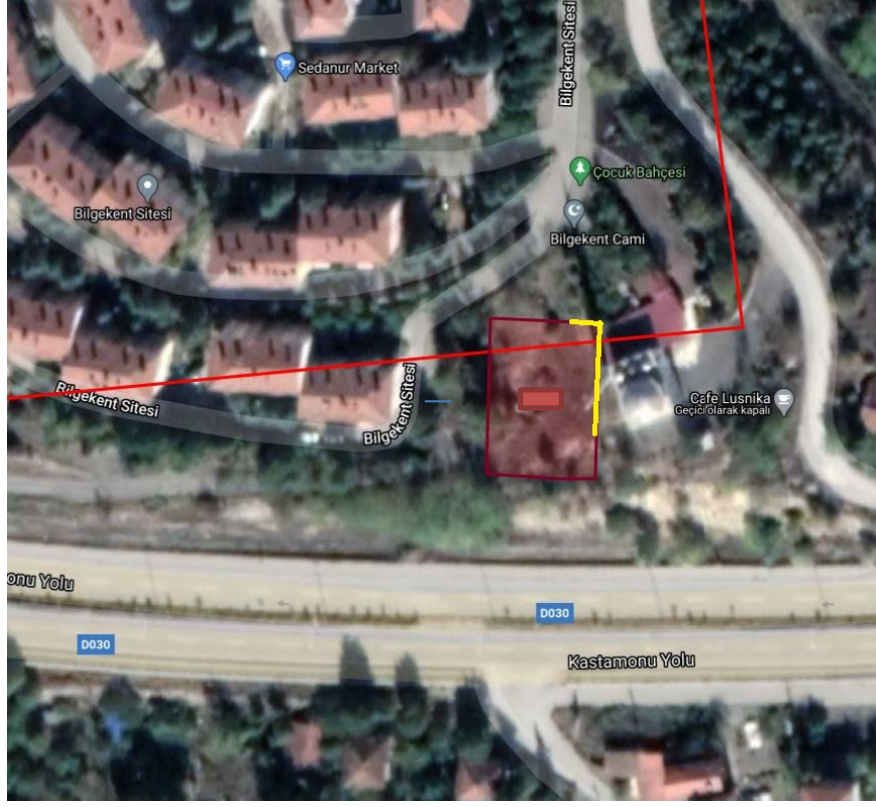


Şekil 3.75. Araziye ait oluşturulmuş zemin profili.

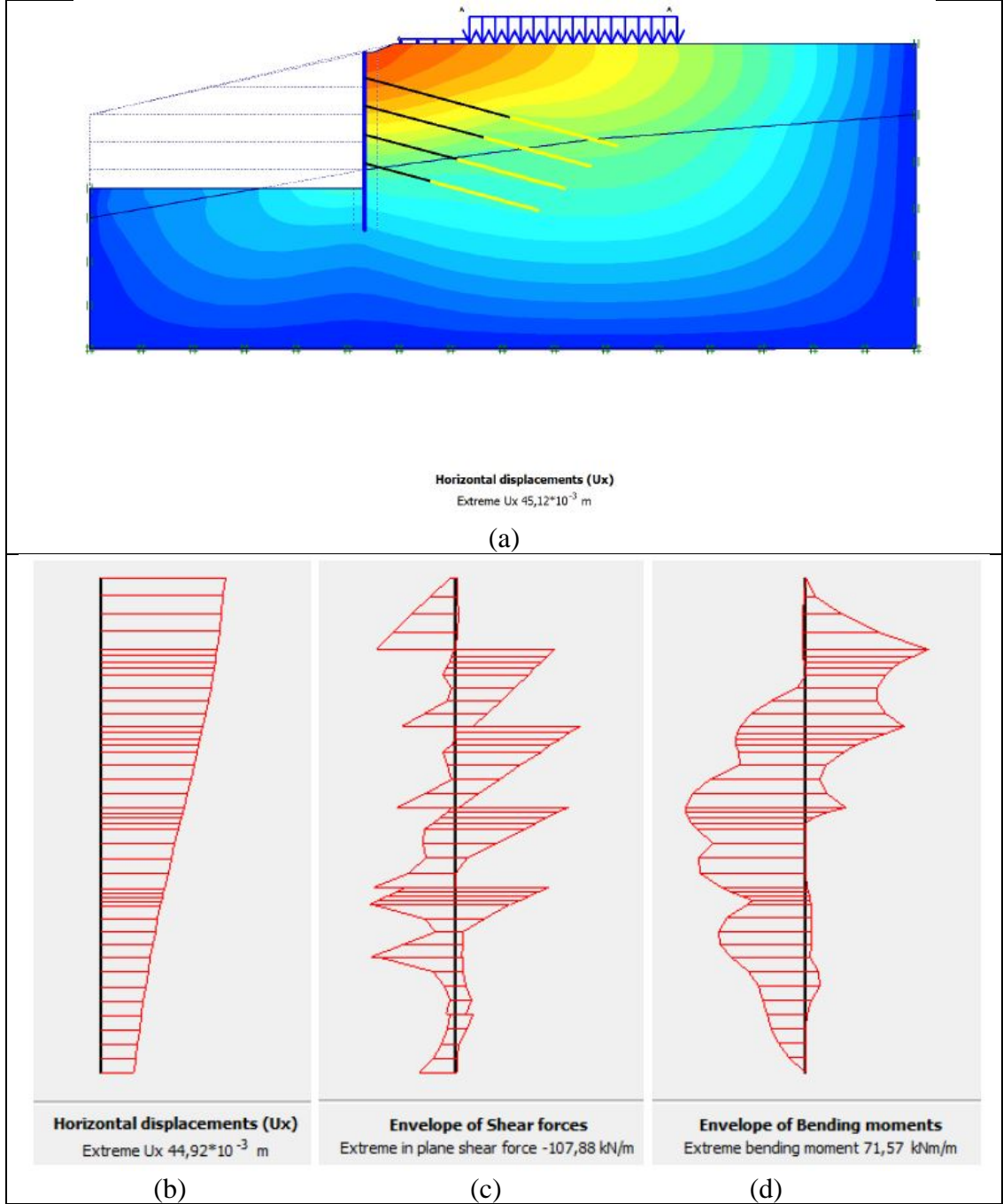
### 3.12.2. Firma Tarafından Geoteknik Problemin Değerlendirilmesi

Vaziyet planı, kazı kotları ve çevre yapılar incelendiğinde yapılacak iksa destek sisteminin parselin kuzey doğu cephesinde kazıklı ve ankrajlı şekilde yapılmasına karar verilmiştir (Şekil 3.76). Proje kapsamında öncelikli olarak ön tasarım hesapları yapılmıştır. Yapılan ön değerlendirmelerde kazık çapının 45cm ve aralıklarının 60cm olması öngörülmüştür. Geoteknik analizler için Plaxis yazılımı müellif tarafından tercih edilmiştir. Genel stabilite için 1,50 g.s depremleri için 1,1 g.s ve üstü değerler için sistem güvenli kabul edilerek analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerde çevre yapılar için  $90 \text{ kN/m}^2$  sürşarj yükü belirlenmiş ve analize katılmıştır. Yapılan analizler neticesinde okunan en elverişsiz kesit tesirleri (Şekil 3.77) güvenlik katsayıları ile çarpılmış ve bu değerlere göre kazık ve ankrajların betonarme tasarım hesapları yapılmıştır. Fore kazıklarda C30 sınıfı beton ve s420 sınıfında donatı kullanılmıştır.





Şekil 3.76. Arazi konumu ve iksa yerleşimini gösterir uydu görüntüsü.



Şekil 3.77. Analiz sonuçları. a) arazi maksimum yer değıştirme, b) kazık üzerindeki maksimum yer değıştirme, c) kazık maksimum kesme kuvveti, d) kazık maksimum moment değeri.

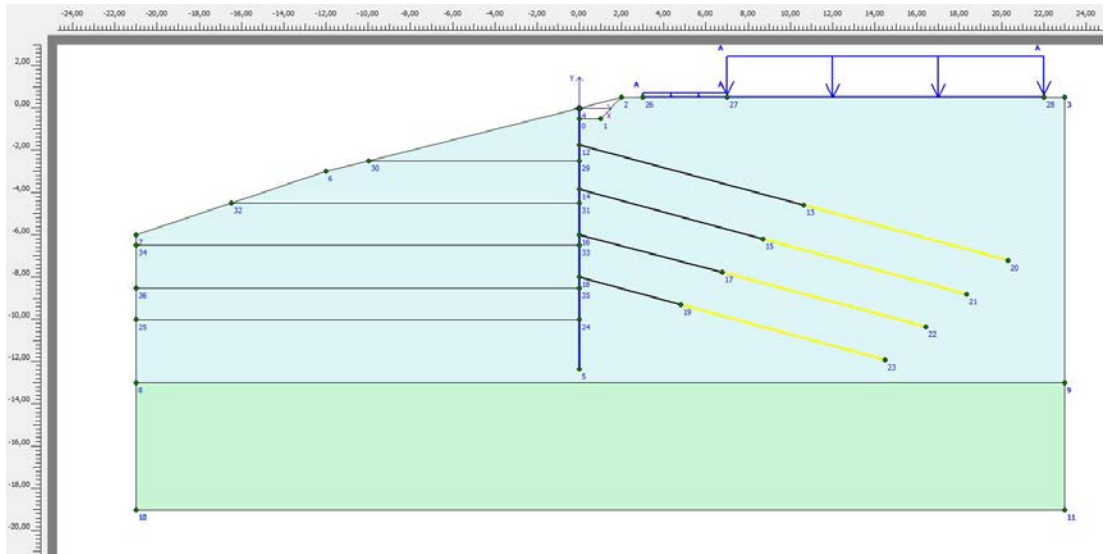
### 3.12.3. Alternatif Proje Önerisi ve Değerlendirme

Konu vakaya ait geoteknik rapor ve ekleri tarafımızca incelenmiştir. Şekil 3.76'dan da görüleceği gibi parsel sınırına çok yakın konumda ve 321,50 kotlarında cami ve

minaresi bulunmaktadır. Bu yapılarında eski yapılar olduğunu varsayarsak oluşabilecek stabilite problemlerine karşı önlemler alınmasının doğru bir karar olduğu anlaşılmaktadır.

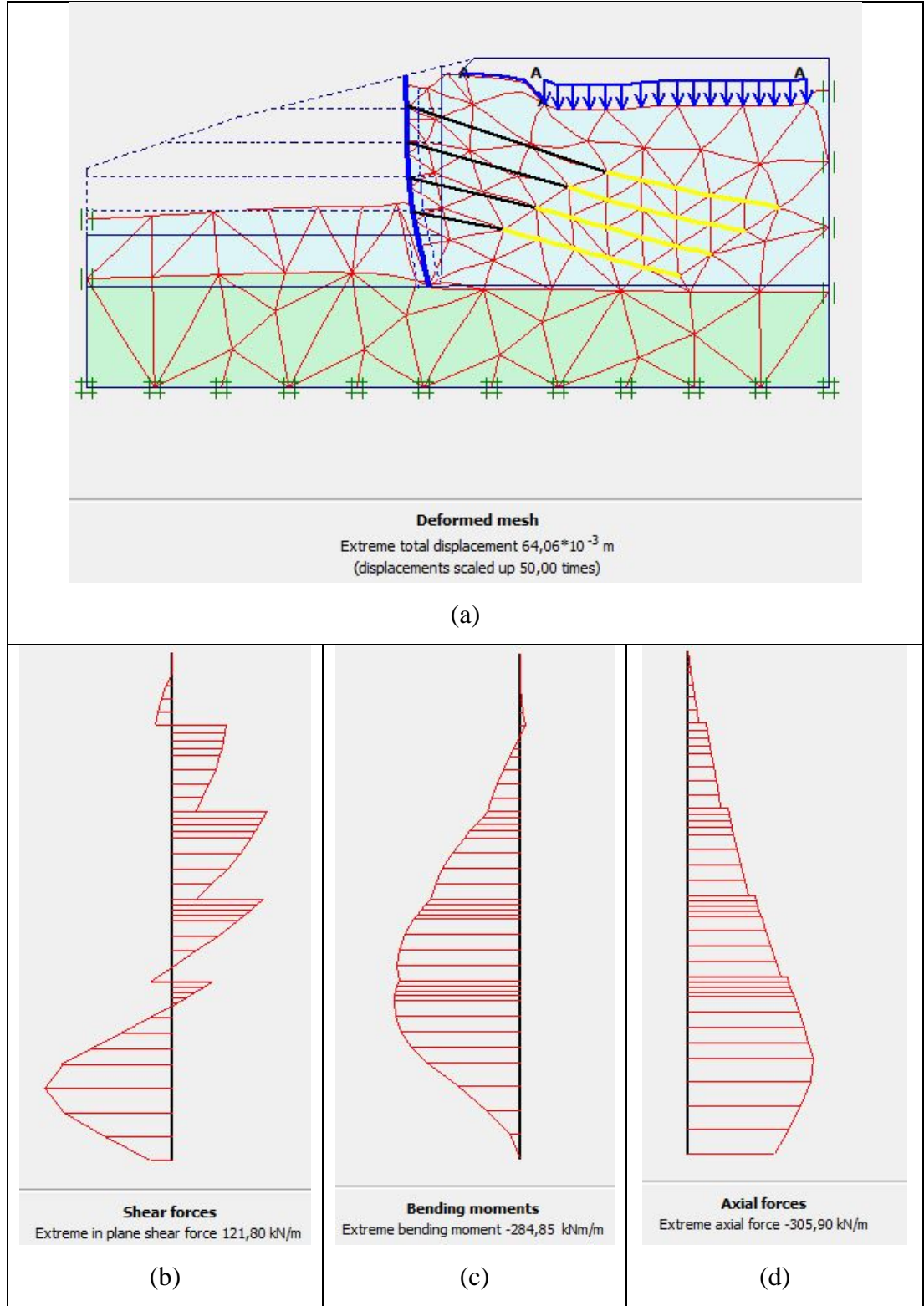
Rapor müellifi tarafından hazırlanan Şekil 3.75'deki zemin profilinde belirtilen zemin parametreleri zemin etüt raporu ile karşılaştırıldığında içsel sürtünme açılarının farklı olduğu belirlenmiştir. Zemin raporunda gözükmeyen ancak analiz için kullanılması gereken bazı parametrelerin de literatürde zemin birimlerine karşılık gelen değerlerden kullanıldığı düşünülmektedir. Tarafımızca hazırlanan modelde raporda kullanılan bu değerler kullanılmıştır.

Belirlenen konumlardaki iksa sisteminin çözümlenmesinde tarafımızca Plaxis yazılımı kullanılmıştır. Modelleme aşamasında arazi kotları plankoteye göre incelenmiş ve bu kotlar dikkate alınarak modelleme yapılmıştır. Tek bir noktadan zemin etüdü yapıldığı için 6m derinlikteki zemin birimi değişimi tüm model boyunca uygulanmıştır. Ayrıca raporda kullanılan fore kazık, ankraj ve ankraj köküne ait parametreler belirtilmediği için yapısal özellikler korunarak sık kullanılan dizayn parametreleri yazılıma girilmiştir. Fore kazık arkasında bulunan yapılar için raporda belirtilen sürşarj yüklerinin konum bilgileri tarafımızca hazırlanan modele (Şekil 3.78) ölçeklenerek girilmiştir. Bu bilgiler ışığında tarafımızca analizler aşamalı şekilde yapılmıştır.



Şekil 3.78. Vaka 12 Analiz programı modelleme ekranı.

Analiz işlemi tamamlandığında okunan sonuçlar aşağıdaki Şekil 3.79'daki gibidir.



Şekil 3.79. Plaxis analiz sonuç diyagramları. a) maksimum yer değiştirme, b) kazık kesme kuvvetleri, c) kazık eğilme momentleri, d) kazık eksenel kuvvetleri.

Yapılan bu analiz sonucu ile rapor kapsamında yapılmış olan analiz sonuçları karşılaştırıldığında modellemede ve veri girişlerindeki farklılıklardan kaynaklı kesit tesirlerinde değişimler oluşmuştur. Bulduğumuz sonuçlar rapordaki betonarme hesaplarda kullanılan verilerden oldukça yüksektir. Bu farklılığın yapısal sorunlar oluşturabileceği sonucundan çok zemin etütlerinin daha detaylı yapılması ve parametrelerin daha dikkatli kullanılması sonucuna varabiliriz.

## BÖLÜM 4

### SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Bu tez çalışmasında geoteknik raporlamanın önemine ve raporlama sürecinde yapılan hatalara dikkat çekilmek istenilmiştir. Tez kapsamında Karabük ili sınırları içerisinde seçilen 12 adet önemli geoteknik problemi konu alan rapor incelenmiş yeniden analiz ve değerlendirmeler yapılarak raporlar tartışılmıştır.

Şev stabilitesinin sağlanması için kalıcı iksa yapılarının önerildiği Vaka 1 olarak adlandırılarak incelenen raporda analize katılan arazi kesitinin projede verilen arazi plankotesi ile uyumlu olmadığı ilk göze çarpan farklılık olmuştur. İksa önüne yapılan yüksek katlı konut yapısının ve çevre yapıların iksa destek sistemleri ile olan etkileşimlerinin rapor kapsamında tartışılmaması ve betonarme parametrelerindeki farklılıklar bu rapordaki eksiklikler olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak tarafımızca yapılan analiz neticesinde iksa yapısının güvenli olduğu değerlendirilmiştir.

Vaka 2 olarak adlandırılan raporda proje vaziyet planına göre yapılması planlanan tesviyelerin komşu parsellere yakın olmasından ve gerekli şev açısının sağlanamamasından kaynaklı iksa destek sistemlerine ihtiyaç duyulmuş ve analizleri yapılarak projelendirilmesi yapılmıştır. Bu raporda fore kazık için yapılan analiz programına girilen zemin verileri zemin etüt raporu ile farklılıklar göstermektedir. Yeniden değerlendirme için tarafımızca yapılan analiz neticesinde güvenli olan yapının yerine betonarme istinat duvarı ile de tasarım önerilmiştir.

Vaka 3 olarak adlandırılan raporda yüksek katlı 5 adet yapının temel altı zemininin emniyetli taşıma gücünün yetersiz olmasından kaynaklı zemin iyileştirmesi yapılması konu edilmiştir. Tarafımızca yapılan yeniden değerlendirme analizleri sonucunda

yapılan iyileştirmelerin yeterli olduğu ancak daha az maliyetli farklı iyileştirme yöntemlerinin de değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Vaka 4'te mimari projeye göre yapılması gereken temel kazısı kotunun komşu parseldeki yapının temel alt kotundan çok düşük olmasından ve mesafe olarak birbirlerine yakınlığından oluşacak problemlerden kaynaklı fore kazık uygulaması konu edilmiştir. Hem raporda yapılan analiz hem de tarafımızca yapılan analizde iksa sistemi güvenli bulunmuştur. Ancak rapor kapsamında kullanılan zemin parametreleri zemin etüt raporundaki deney sonuçlarından alınmaması eksiklik olarak değerlendirilmiştir.

Vaka 5 şehir merkezinde hazırlanmış bir geoteknik raporu konu almaktadır. Parsel içerisinde inşa edilecek 4 bodrumlu yapılardan kaynaklı derin kazı yapılmasından dolayı geçici iksa kazıkları planlanmıştır. Kritik kesit belirlenmiş ve bu kesit üzerinde analizler yapılarak projelendirme yapılmıştır. Oysa ki parsel konumundan kaynaklı bazı cepheler ağır yol yüküne, bazı cepheler ise değişik katlı yapılardan kaynaklı sürşarj yüklerine sahiptir. Bu sebepten ötürü farklı kesitlerin tasarımıyla projelendirmenin yapılması problemin ortadan kaldırılması yönünden daha doğru olacağı düşünülmektedir. Nitekim yapıların inşası tamamlanmış ve hali hazırda herhangi bir problem oluşmamaktadır.

Vaka 6 olarak belirlenen projede yol ile rapora konu yapı temel kazısı kotu arasındaki fark 24 metredir. İnşa edilecek yapının yola 10 m yakınlıkta olmasından kaynaklı şevli hafriyat yapmak ve inşaat faaliyetinde bulunmak imkânsız hale geldiği bu sebeplerden dolayı da fore kazık ile iksa yapısının tasarlanması gerektiği ifade edilerek inşai faaliyetler planlanmıştır. Önerilen uygulamanın güvenli olduğu bu tez kapsamında yapılan alternatif analizlerde de tespit edilmiştir. Raporun içeriğindeki teknik verilerin yetersiz oluşu ileride yapılması gerekebilecek bir revize durumunda eksiklik olarak değerlendirilmektedir.

Vaka 7'de parsel üzerine inşa edilecek yapı temel kotu üst kotta iken yol alt kotta kalmaktadır. Yaklaşık 7m kot farkı bulunmaktadır. Bu sebepten ötürü binanın güvenliğini sağlamak amacıyla parselin yol cephesine fore kazık uygulaması

yapılmıştır. Tarafımızca yapılan analiz ile de iksa yapısının güvenli olduğu anlaşılmıştır. Rapor incelendiğinde depremleri durum analizinin bulunmadığı ve analizde kullanılan verilerin paylaşılmadığı eksiklik olarak göze çarpmıştır.

Vaka 8 incelendiğinde 14 metrelik kazı yapılması planlanmış ve bu kazının desteklenmesi için ankrajlı fore kazık sisteminin önerildiği görülmüştür. Raporunda zemin parametrelerinin belirlenmesi için ilk seferinde iki adet sondaj yapıldığı ancak yeterli görülmediği için üç adet ek sondaj daha yapıldığı tespit edilmiştir. Geoteknik raporda kullanılan zemin verileri ve laboratuvar deney sonuçları karşılaştırıldığında farklı zemin parametrelerinin analizde kullanıldığı gözükmektedir. Bu durum hesapların güvenilirliği açısından ciddi sonuçlar doğuracak niteliktedir.

Vaka 9' a ait parsel içine inşa edilecek yapının temel altı zemin biriminin kontrolsüz dolgu olduğunun zemin etüt raporunda vurgulanması ve arazinin eğimli olması stabilite problemi oluşturabileceği rapor kapsamında değerlendirilmiştir. Bu sebepten ötürü gerekli hesaplamalar yapılarak temel altı donatılı kazık uygulaması yapılmıştır. Yapılan projenin güvenli olduğu tarafımızca değerlendirilmiştir. Ancak ekonomik açıdan farklı bir iyileştirme yapılması tarafımızca analiz edilerek önerilmiştir.

Vaka 10 kapsamında incelediğimiz raporda inşa edilecek yapı arkasında üst kotta bulunan çok katlı yapının ve yan yolun güvenliğini sağlamak amacıyla ankrajlı, fore kazıklı iksa destek sistemi yapılmıştır. İncelenen rapor ile zemin etüt raporunda bulunan zemin parametrelerinin farklılığından dolayı kesit tesirleri yaptığımız analizde yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

Vaka 11 olarak incelenen dosyada inşa edilecek yapının temel kotu ile arka cephede bulunan binanın temel kotu arasında 8 metre kot farkı bulunmaktadır. Arka bina yukarı kotta olduğundan bu yapının güvenliği için parsel sınırına fore kazık uygulaması planlanmış, parsel üzerindeki inşaat faaliyetleri tamamlanmıştır. Ancak çizim paftalarında bulunan kazık üzerindeki istinat perdesinin raporda herhangi bir hesabından bahsedilmemiştir. Ayrıca arkada bulunan yapının yükü çok düşük bir değer alınarak analize katıldığı görülmüş ve bunlar rapordaki eksiklikler olarak tespit edilmiştir.



Vaka 12 kapsamında incelenen dosyada parsel sınırına yakın bulunan ibadethane yapısının ve çevre yapıların güvenliğini sağlamak amacıyla ankrajlı fore kazık uygulaması rapor kapsamında değerlendirilmiş ve uygulama çizimleri yapılmıştır. Arazi profili çıkarmak için tek bir noktadan yapılan zemin etüdünün bu rapor için yetersiz olduğu tarafımızca değerlendirilmiş ve ek yapılması gereken sondajlar neticesinde yeniden değerlendirmesinin uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Bölüm 2.4'te geoteknik raporun ve projelendirilmesinin tüm aşamaları detaylı olarak anlatılmıştır. İncelenen tüm vakalarda bu aşamaların büyük bölümüne uyulmadığı görülmüştür. Raporlarda görülen en kritik eksiklikleri şu şekilde sıralanabilir;

- Arazi ön çalışmasının yetersiz yapılması. Bu sebepten ötürü çevrede bulunan ya da bulunabilecek yapıların (yol, tünel, köprü, bina vs.) geoteknik açıdan hesaba katılması olanaksız hale gelmektedir.
- Geoteknik mühendisinin karar verdiği konum, sayı ve derinlikte zemin sondajının yapılmaması. Böylece problemi belirleyecek zemin profili çıkarılamamaktadır.
- Hatalı seçilen laboratuvar deneyleri sonucunda doğru zemin parametreleri elde edilememektedir. Bu sebeple analizlerde literatürden alınan parametreler kullanılmaktadır.
- Bazı projelerde laboratuvar sonuçlarında verilen zemin parametreleri yerine farklı verilerin analizlerde kullanılması ile karşılaşmıştır.
- Analizlerde konuma yönelik depremlili duruma ve dinamik duruma ait analizlerin yeteri kadar yapılmadığı görülmüştür.
- Mühendis tarafından belirlenen bir tek kritik kesit üzerinden analizler yapılmaktadır. Oysa ki arazi ve çevresi üzerinde değişen her kesit üzerinde ayrı ayrı kesitler oluşturulmalı ve projelendirmelerinin yapılması gereklidir.

- İksa sistemlerine ek olarak yapı zemin etkileşimlerinin de detaylı irdelenmeleri yapılmalı ve varsa gerekli alınması gereken gerekli önlemler rapor kapsamında paylaşılmalıdır.
- Yapılan bazı analizlerde güvenlik katsayılarının fazla yüksek alınmasından kaynaklı ekonomiklikten uzaklaşmaktadır.
- Genellikle raporların sonuç bölümlerinde alınması gereken önlemler ve uyulması gereken kurallar detaylı olarak anlatılmamaktadır.

## KAYNAKLAR

Atalay, İ., “Türkiye Jeomorfolojisine Giriş”, *İzmir Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Yayınları*, İzmir (1987).

Clayton, C., Matthews, M. C., Simons, N.E., “Site Investigation”, *Department of Civil Engineering, University of Surrey*, Guildford (1995).

Ersöz, F., Ersöz, T., Kıvrak, Ö., Kardeş, S., “Kuzey Anadolu Fay Hattı Üzerinde Yer Alan Karabük İli ve Çevresinde Meydana Gelen Depremlerin Veri Madenciliği ve İstatistiksel Yöntemlerle İncelenmesi”, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (2016).

İnternet: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, “Türkiye Deprem Tehlike Haritası”, <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi> (2018).

İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2.htm> (2018).

İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, “Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatına Dair Tebliğ”, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/03/20190309-5.htm> (2019).

Koçyiğit, A. “Karabük-Safranbolu Tersiyer havzası kuzey kenarının stratigrafisi ve niteliği”, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 61-69 (1987).

## ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Fatih YAZICI İlk, orta ve lise eğitimini Karabük'te tamamladı. 2007 yılında Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi inşaat mühendisliği bölümüne yerleşti. 2009 yılında Sakarya Üniversitesine yatay geçiş yaptı. 2011 yılında Erasmus programı çerçevesinde Tor Vergata Üniversitesi, Roma, İtalya'da eğitim aldı. 2012 yılında inşaat mühendisliği lisans eğitimini tamamladı. Askerlik görevi sonrasında 2013 yılında Karabük'te kendi şirketini kurarak mühendislik alanında proje ve danışmanlık yapmaya başladı. 2016 yılında Karabük Üniversitesi makine mühendisliği bölümüne yerleşti. 2017 yılında inşaat mühendisliği anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2018 yılında makine mühendisliği lisans eğitimini tamamladı. Halen kendi şirketinde çalışmakta ve yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.