



T.C

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER MÜHENDİSLİĞİ

**YAPILARDA UYGULANAN ZEMİN
İYİLEŞTİRME VE GEOTEKNİK ÇALIŞMALARIN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

GÖKÇER ÖZEN
166201108

Prof. Dr. Ali İsmet KANLI

İSTANBUL, 2018



T.C

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER MÜHENDİSLİĞİ

**YAPILARDA UYGULANAN ZEMİN
İYİLEŞTİRME VE GEOTEKNİK ÇALIŞMALARIN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tezi Hazırlayan: **Gökçer ÖZEN**

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Yapılarda Uygulanan Zemin İyileştirme Ve Geoteknik alışmaların Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldığları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

.. / 06 / 18

Gökçer ÖZEN

ONAY

Tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin 5 yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

.. / .. / 18

Gökçer ÖZEN



ÖZET

YAPILARDA UYGULANAN ZEMİN İYİLEŞTİRME VE GEOTEKNİK ÇALIŞMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gökçer ÖZEN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Prof. Dr. Ali İsmet KANLI

Haziran 2018-249 Sayfa

Bu tez çalışmasında ‘‘Vadistanbul Projesi Park Etabı Zemin İyileştirme İşleri Kapsamında Uygulanan Geoteknik Yöntemler ‘‘zemin iyileştirilmesi ile bunlara ait uygulamalar araştırılmıştır. Tez kapsamında inşaat sahasının jeolojisi ve zemin özellikleri tanımlanmış, zemin iyileştirilmesi için gerekli düzenlemeler ve öneriler yapılmış, iksa sistemleri ve temel iyileştirmeleri uygulama türü, prosedürü ve parametreleri plaxis programı kullanılarak ortaya konmuştur. Sistemin inşası öncesi deneme kazıklarının oluşturulması ile parametrelerinin belirlenmesi irdelenerek, yapım sürecinde ve sonrasında uygulanan kalite kontrol çalışmaları ile uygulama başarısı değerlendirilmiştir. Proje kapsamında kullanılan ekipmanlarda optimum verim alınabilmesi amacıyla, gerçekleştirilecek olan uygulamalar detaylı şekilde tartışılmıştır.

Zeminin iyileştirme yöntemlerinin değerlendirildiği bu çalışmada, zemin içerisindeki mevcut boşlukların mekanik araçlarla azaltılması, zemin boşluklarının çeşitli bileşimdeki karışımlarla doldurulması, yeraltı su seviyesinin düşürülmesi veya zeminin su içeriğinin azaltılması yada çeşitli elemanların kullanılması suretiyle mevcut zeminin güçlendirilmesi esas alınması ve detaylandırılması yapılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında, proje alanındaki zemin koşulları özellikle kayma modülleri arasında belirgin fark olan zemin tabakalarındaki zeminlerin doğrusal olmayan davranışlarının incelenmesi, yük kabulleri, deprem yükleri altındaki kazıklı temellerin doğrusal olmayan bir dinamik analiz işlemi, ankraj kökü taşıma kapasitesi hesabı, iksa sistemi kesit hesapları, çalışma sahasının jeolojisi ve zemin özelliklerinin analizi, jeoteknik analizlere esas zemin profillerinin değerlendirilmesi, inklinometre analizleri, açılmış olan sondajlara ait bilgilerin ve jeolojik kesitlerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu çalışma yardımıyla olası bir deprem sırasında kazıklarda meydana gelen gerilmelerin zemin koşullarındaki etkileri araştırılmıştır.

Belirtilen yöntemler çerçevesinde yapılardaki zemin iyileştirme ve geoteknik alanda elde edilen sayısal sonuçlar plaxis programıyla birleştirilip, zayıf zemin koşullarındaki kazık tasarımlarında yerin deformasyon davranışının etkileri detaylı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zemin iyileştirme yöntemleri, İksa sistemleri, Fore kazık, Ankraj, Jet grout

ABSTRACT

ASSESSMENT OF SOIL IMPROVEMENT AND GEOTECHNICAL STUDIES APPLIED IN STRUCTURES

Gökçer ÖZEN

Master's Thesis

Thesis Advisor: Prof.Dr.Ali İsmet KANLI

JUNE 2018-249 Page

In this thesis study, ‘‘Geotechnical Methods Applied in the Scope of Ground Improvement Works of Vadistanbul Park’’ ground improvement and application of them have been searched and analyzed. Within the framework of the thesis, geology and ground features of the construction site are defined. The necessary arrangements and recommendations for the improvement of the soil were made and the application types, procedures and parameters of the braced and basic remedies were demonstrated using the plaxis program. The design of the test piles before the construction of the system and the determination of the parameters were examined and the success of the application was evaluated with the quality control practices applied during the construction process and afterwards. The applications to be implemented are discussed in detail in order to ensure optimum efficiency in the equipment used in this project.

In this study evaluating the methods of soil improvement, it has been taken into consideration that the existing holes in the ground are reduced by mechanical means, the ground holes are filled with various composition mixtures, the groundwater level is powered or the water content of the ground is reduced or various elements are used. In addition, in the scope of the study, the ground conditions in the project area, especially the nonlinear behavior of the grounds in the soil layers which is a significant difference between the sliding modules, load acceptance, nonlinear dynamic analysis of pile foundation under earthquake loads, anchorage load carrying capacity calculations, analysis of the geology and soil properties of the study area, evaluation of the ground profiles of the geotechnical analyzes, inclinometer analysis, information on the drilled holes and geological sections were evaluated. With this study, the effects of the ground conditions on the piles that occurred during stresses or a possible earthquake were investigated.

Within the framework of the mentioned methods, the numerical results obtained from the underground soil improvement and geotechnical field are combined with the plaxis program and the effects of deformation behavior of the site were investigated in detail.

Keywords: Soil remediation methods, Fortification systems, Bored pile, Anchorage, Jet grout

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sırasında bana yol gösteren ve yardımları ile çalışmalarımı yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Ali İsmet KANLI'ya,

Tüm öğrenim hayatım boyunca olduğu gibi tez çalışmamda da her zaman yanımda olan aileme,

Vadistanbul gibi geniş kapsamlı bir projede birlikte çalışma fırsatı bulduğum deneyimlerinden, teknik bilgilerinden ve tecrübelerinden ders çıkardığım proje müdürümüz Serdar YILDIRIM'a ve genel müdürümüz Tahsin Fırat ÇELİKEL'e,

Gecesiyle gündüzüyle birlikte çalıştığımız, hem hayat tecrübesiyle hem de mesleki bilgi ve uygulama tecrübeleriyle bana yol gösteren birim şefimiz Ali GÖRGÜLÜ'ye ve tüm Vadistanbul ailesine teşekkürlerimi sunarım.

Gökçer ÖZEN

Jeoloji Mühendisi

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
KISALTMALAR LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ	XIV

1 GİRİŞ	1
1.1 Zemin İyileştirmenin Gelişimi	1
1.2 İyileştirme Kavramı	2
1.3 Zemin İyileştirme Nedenleri	2
1.4 İyileştirme Yöntemleri	3
1.4.1 Mekanik İyileştirme	3
1.4.1.2 Sıkıştırma Kazıkları	4
1.4.2 Hidrolik İyileştirme	5
1.4.3 Fiziksel ve Kimyasal	6
1.4.4 Ekleme ve sınırlama ile iyileştirme	6
1.4.5 İyileştirme Yöntemlerinin Seçimi	7

2- ZEMİNLERİN SIKIŞTIRMA VE İYİLEŞTİRME

YÖNTEMLERİ	10
2.1 Vibrokompaksiyon (Vibroflotasyon)	11
2.2 Titreşimli Boru ve Çubuklar	14
2.3 Kompaksiyon Kazıkları	15
2.4 Dinamik Kompaksiyon	16
2.5 Patlatma	18
2.6 Enjeksiyon	20
2.6.1 Temel Enjeksiyon Uygulamaları ve Amacı	20
2.6.1.1 Hidrolik çatlatma	22
2.6.1.2 Deplasman ve kompaksiyon enjeksiyonu	22
2.6.1.3 Permeasyon enjeksiyonu (geçirimsizlik enjeksiyonu)	23
2.6.1.4 Jet-grouting (jet enjeksiyonu)	23
2.6.2 Permeasyon enjeksiyonu	23
2.6.3 Kompaksiyon Enjeksiyonu	25

2.7 Jet Enjeksiyonu	26
2.7.1 Jet Enjeksiyonunun Avantaj ve Dezavantajları	27
2.7.2 Jet Enjeksiyonu Yöntemindeki Ön Çalışmalar	27
2.7.3 Jet Enjeksiyonu Yönteminin Uygulanması	30
2.7.4 Temel Jet Enjeksiyonu Teknikleri	31
2.7.5 Çalışma Parametreleri	32
2.8 Jet Enjeksiyonu Kolonların Yapılış Yöntemi	34
2.9 Işıl İşlemler	36
2.9.1 Dondurma	36
2.9.2 Isıtarak İyileştirme	39
2.10 Donatılandırarak İyileştirme	40
2.10.1 Fore kazık	41
2.10.1.1. Yapım Aşamaları	41
2.10.1.1.1. Çalışma Sahası	41
2.10.1.1.2. Kazıkların Aplikasyonu ve İmalat Toleransları	42
2.10.1.1.3. Foraj	42
2.10.1.1.4 Donatı Kafesi Hazırlanması ve Kuyulara İndirilmesi	42
2.10.1.1.5 Kazıkların Betonlanması	43
2.10.1.2. Uygunluk	44
2.10.2 Mini veya Mikro Kazıklar	44
2.10.3 Zemin Çivileri	45
2.10.4 Donatılı Zemin Dayanma Yapıları (Toprakarme)	47
2.10.4.1 Geri Dolgu Malzemesi	48
2.10.4.2 Donatı Şeritleri	50
2.10.4.3 Bağlantı Elemanları	51
2.10.4.4 Yapım ve Montaj	52
2.10.4.4.1 Uygulama Projesini Hazırlanması	52
2.10.4.4.2 Prekast Yüzey Elemanlarının Hazırlanması	54
2.10.4.4.3 Tesviye Betonu İmalatı	57
2.10.4.4.4 Montaj	59
2.10.5 Kazık Önü Prekast Panel Kaplama	65
2.10.5.1 Modüler Blok	65
2.10.5.2 Malzeme ve Üretim	65
2.10.5.3 Yapım ve Montaj	68

3 – VADİSTANBUL PROJESİ PARK ETABI ZEMİN İYİLEŞTİRME KAPSAMINDA UYGULANAN GEOTEKNİK YÖNTEM VE UYGULAMALAR

3.1 Çalışma Sahasının Tanıtımı Genel Bilgiler	69
3.2 Jeomorfolojik ve Çevresel Bilgiler	71
3.3 Mühendislik Jeolojisi	73
3.4 Genel Jeoloji ve Tektonik	74
3.5 Arazi Araştırmaları ve Deneyler	80
3.5.1 Arazi, Laboratuvar ve Büro Çalışma Yöntemlerinin Tanıtılması	80
3.5.2 Araştırma Çukurları	80
3.5.3 Araştırma Sondajları	81
3.5.3.1 İnklinometre Analiz ve Grafikleri	83
3.5.4 Yeraltı ve Yerüstü Suları	87

3.5.5 Ana Kaya Haritası Vaziyet Planı	87
3.5.6 Arazi Deneyleri	88
3.5.6.1 Standart Penetrasyon Testi (SPT),RQD ve SCR Tayini	88
3.5.6.2 Pressiyometre Deneyleri	88
3.5.7 Jeolojik Kesitler	90
3.5.8 Jeofizik Çalışmalar	91
3.5.8.1 Sismik Kırılma Ölçümleri	91
3.6 Mühendislik Analizleri	95
3.6.1 Blok Sahalarının Geoteknik Değerlendirilmesi	95
3.6.2 Zemin ve Kaya Türlerinin Değerlendirilmesi	134
3.6.2.1 Ayrışmış Zemin ve Kaya Türlerinin Sınıflandırılması	134
3.6.2.2 Kaya Türlerinin Sınıflandırılması	134
3.6.2.3 Zemin Profilinin Yorumlanması	136
3.6.2.4 Sıvılaşma ve Yanal Yayılma Analizinin Değerlendirilmesi	138
3.6.2.5 Oturma-Şişme ve Göçme Potansiyelinin değerlendirilmesi	138
3.6.2.6 Karstik Boşlukların Değerlendirilmesi	138
3.6.2.7 Temel Zemini Olarak Seçilen Birimlerin Değerlendirilmesi	138
3.6.10 Şev Duraylılığı Analizi ve Değerlendirilmesi	138
3.6.11 Kazı Güvenliği ve Gerekli Önlemlerin Alternatifli Olarak Değerlendirilmesi	139
3.7 Doğal Afet Risklerinin Değerlendirilmesi ve Depremsellik	139
3.7.1 Deprem Anında Kazıklara Etki Eden Statik Yükler	143
3.8 Kalite Kontrol Çalışmaları	144
3.8.1 Eksenel Statik Basınç Yükleme Deneyi	144
3.8.1.1 Deney Kazıkları	144
3.8.1.2 Eksenel Statik Basınç Yükleme Deney Düzenegi	145
3.8.1.3 Yükleme Deney Programı	145
3.8.1.4 Yükleme Deney Sonuçları	145
3.8.1.5 Çalışan Kazık Yükleme Deneyleri Reaksiyon Kazıkları Donatı ve Kaynak Hesapları	147
3.8.1.6 Yükleme Deneyinde Kullanılan Kazık İmalatları	148
3.8.1.7 Yükleme Deneyi Saha okumaları	152
3.8.2 Pile İntegrity Test	156
3.8.2.1 İntegrity Giriş	156
3.8.2.2 İntegrity Deney Tekniği ve Ekipmanları	156
3.8.2.3 K Blok İntegrity Test Sonuçları	158
4 – İKSA SİSTEMİ HESAP ANALİZİ	175
4.1 Proje Alanındaki Zemin Koşulları	175
4.2 Yük Kabulleri	177
4.3 Ankraj Kökü Taşıma Kapasitesi Hesabı	177
4.4 İksa Sistemi	178
4.5 Kesit Hesapları	179
4.5.1 Kesit- 1Y Hesabı	179
4.5.2 Kesit- 1D Hesabı	182
4.5.3 Kesit- 2B Hesabı	185
4.5.4 Kesit- 3D Hesabı	189
4.5.5 Kesit- 3Y Hesabı	192

4.6 Toptan Göçme Hesabı	195
4.6.1 Kesit- 1Y	195
4.6.2 Kesit- 1D	196
4.6.3 Kesit- 2B	197
4.6.4 Kesit- 3D	198
4.6.5 Kesit- 3Y	199
4.6.6 Kesit- 3Y – Su Tankı	200
4.7 Konsolidasyon Hesabı	201
4.7.1 Kesit- 1Y	201
4.7.2 Kesit- 1D	203
4.7.3 Kesit- 2B	205
4.7.4 Kesit- 3D	207
4.7.5 Kesit- 3Y	209
4.7.6 Kesit- 3Y – Su Tankı	211
4.8 Betonarme Hesaplar	213
4.8.1 Kesit- 1y Betonarme Hesabı	213
4.8.2 Kesit- 3y Betonarme Hesabı	214
4.8.3 Kuşak Kirişi Betonarme Hesabı	215
5 – DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR	217
EKLER	219
Ek:Saha Resimleri	219
KAYNAKLAR	247
ÖZGEÇMİŞ	249

KISALTMALAR LİSTESİ

TS 500 /T1/T2	Betonarme yapıların hesap ve yapım kuralları
TS 1247 -1248	Beton yapım, döküm ve bakım kuralları
TS 648	Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
TS 708	Çelik – Betonarme için – Donatı Çeliği
TS 3168 – EN 1536	Özel Geoteknik Uygulamalar - Delme (Fore) Kazıklar
TS EN 206-1Beton:	Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk
ASTM D1143	Kazıkların Statik Eksenel Basınç Yüğü Altında Test Metodları
ASTM D3689	Münferit Kazıkların Statik Eksenel Çekme Yüğü Altında Test Metodları
ASTM D3966	Kazıkların Yanal Yüğü Altında Test Metodları
ABYYHY 2007	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1. Zemin cinsine göre tavsiye edilen iyileştirme yöntemleri	8
Tablo 1.2. Zemin cinsine göre tavsiye edilen iyileştirme yöntemleri (Hunts)	9
Tablo 2 Uygulamada kullanılan mini kazık çapları ve kapasiteleri	45
Tablo 3 Geri Dolgu Malzemesinin Kimyasal Özellikleri	49
Tablo 4 Projede inşaa edilecek yapılara ait bilgiler	71
Tablo 5 Proje alanında açılan temel araştırma sondajlarına ait kot-kordinatlar	81
Tablo 6 İnklinometre ink 15 fk 555 Axis A	83
Tablo 7 İnklinometre ink 15 fk 555 Axis B	84
Tablo 8 İnklinometre 4 fk 170 Axis A	85
Tablo 9 İnklinometre 4 fk 170 Axis B	86
Tablo 10 Anakaya kaya haritasının vaziyet planı üzerine izdüşümü	87
Tablo 11 Pressiyometre deney sonuçları	88
Tablo 12 Sismik p dalga hızına bağlı olarak yapılan ayrışma sınıflaması (Iiew, 1966)	91
Tablo 13 Vp/Vs değerlerine göre zemin yapısının tayin edilmesini gösterir Tablo	92
Tablo 14 1. Profil ölçüm sonucu	92
Tablo 15 2. Profil ölçüm sonucu	93
Tablo 16 3. Profil ölçüm sonucu	94
Tablo 17 4. Profil ölçüm sonucu	94
Tablo 23 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu	95
Tablo 24 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuar Deney Sonuçları	96
Tablo 25 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik	

Birimler ve Ayrışma Derecesi	97
Tablo 26 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri	98
Tablo 27 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu	99
Tablo 28 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuvar Deney Sonuçları	100
Tablo 29 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi	100
Tablo 30 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri	102
Tablo 31 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu	102
Tablo 32 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuvar Deney Sonuçları	103
Tablo 33 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi	104
Tablo 34 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri	105
Tablo 35 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu	106
Tablo 36 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuvar Deney Sonuçları	107

Tablo 37 – +1.20 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi	107
Tablo 38 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri	109
Tablo 39 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu	109
Tablo 40 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuar Deney Sonuçları	110
Tablo 41 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi	111
Tablo 42 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri	112
Tablo 43 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu	113
Tablo 44 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuar Deney Sonuçları	113
Tablo 45 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi	114
Tablo 46 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri	115
Tablo 47 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu	116

Tablo 48 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuvar Deney Sonuçları	116
Tablo 49 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi	117
Tablo 50 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri	118
Tablo 51 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu	119
Tablo 52 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuvar Deney Sonuçları	119
Tablo 53 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi	120
Tablo 54 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri	121
Tablo 55 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu	122
Tablo 56 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuvar Deney Sonuçları	123
Tablo 57 – +1.20 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi	123
Tablo 58 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri	125
Tablo 59 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu	125
Tablo 60 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuvar	

Deney Sonuçları	126
Tablo 61 – +1.20 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi	126
Tablo 62 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri	128
Tablo 63 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu	128
Tablo 64 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuvar Deney Sonuçları	129
Tablo 65 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi	129
Tablo 66 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri	131
Tablo 67 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu	131
Tablo 68 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuvar Deney Sonuçları	132
Tablo 69 – +1.20 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi	132
Tablo 70 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri	134
Tablo 71 - Deere ve Miller Sınıflaması, 1966	135
Tablo 72 – Q Sistemi Sınıflaması	135

Tablo 73 – Kayanın Ayrışma Derecesi Sınıflaması	136
Tablo 74 – Sahada Belirlenen Litolojik Birimlerin Ortalama Jeolojik – Jeoteknik – Jeofizik Değerleri	137
Tablo 75 – Jeofizik Ölçmeler Sonucu Hesaplanan Dinamik Parametre Değerleri	137
Tablo 76 – Maksimum Kayma Modülüne Göre Zemin Özelliği Tanımlamaları (Bowles, 1988; Kramer, 1996)	138
Tablo 77 – Bölgede Son 50 Yılda Meydana Gelen ve Büyüklüğü $M \geq 4$ Olan Depremlerin Oluş Sayıları (Kandilli Verileri)	140
Tablo 78 – Değişik Büyüklükte Depremler İçin Hesaplanmış Yıllık Riskler	140
Tablo 79 – Deprem Parametreleri	142
Tablo 80 Yükleme Deneyi Sonuçları	146
Tablo 81 Pile integrty grafikleri	163
Tablo 82: Hesaba Esas Zemin Parametreleri	175
Tablo 83 : S. Tendon Ankraj Halatı Teknik Özellikleri	178

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Sıkıştırma Kazıkları yapım aşamaları (Bell, 1993)	4
Şekil 1.2 Sıkıştırılmış kum kazıkları oluşturma aşamaları (Tanimoto, 1973)	5
Şekil 1.3. İyileştirme yöntemlerinin dane boyutuna göre uygulanabilirliği.	7
Şekil 2.1 vibro kompaksiyon uygulaması (BELL,1993)	11
Şekil 2.2 Vibrokompaksiyon ile iyileştirme yapılacak uygun	

zeminlerin dane çapı dağılımı.	12
Şekil 2.3 Vibro- kompozer uygulaması	14
Şekil 2.4 kompaksiyon kazıklarının uygulaması	15
Şekil 2.5 Keller sarsma basınç uygulaması	16
Şekil 2.6 Dinamik kompaksiyon uygulaması	17
Şekil 2.7 Bataklıkta patlatma yöntemi ile dolgu yerleşimi	19
Şekil 2.8 Enjeksiyon teknikleri	22
Şekil 2.9 Çeşitli enjeksiyon yöntemlerinin dane çapına göre Uygunluğu	23
Şekil 2.10 Çeşitli enjeksiyon malzemelerinin zeminlerin dane çapını giderebilme limitleri	24
Şekil 2.11 Jet enjeksiyonu yapım yöntemi	26
Şekil 2.12 Dondurmanın şematik gösterimi	36
Şekil 2.13 Hareketli ve yeraltı suyunun donmaya etkisi	38
Şekil 2.14 Farklı dondurma yöntemlerinin şematik gösterimi	38
Şekil 2.15 Değişik dondurma yöntemleri için önerilen süreler	39
Şekil 2.16 Işıl işlem uygulama şeması	40
Şekil 2.17 Yamaç stabilitesinde mini kazık uygulaması	44
Şekil 2.18 Zemin çivileri uygulaması	46
Şekil 2.19 Zemin çivileri uygulaması 2	47
Şekil 2.20 Donatılı zemin mekanizması	48
Şekil 2.21 Tip kesit (Toprakarme)	50
Şekil 2.22 Çizim anahtarı	53
Şekil 2.23 Prekast eleman detayları	56
Şekil 2.24 Prekast eleman istif detayı	57
Şekil 2.25 Tesviye betonu kesiti	58
Şekil 2.26 Derz aralıkları	61

Şekil 2.27 Toprakarme panel kesiti	63
Şekil 2.28 Tip kesit modüler blok	65
Şekil 2.29 Prekast eleman detayları	67
Şekil 2.30 Prekast eleman istif detayı	67
Şekil 3.1 vaziyet planı	69
Şekil 3.2 İnceleme alanı ve yer bulduru haritası	70
Şekil 3.3 Bölgesel jeoloji haritası	78
Şekil 3.4 Bölgesel ölçekte genelleştirilmiş stratigrafi kesiti	79
Şekil 3.5 Sondaj korelasyon kesiti (a,b)	90
Şekil 3.6 – İnceleme alanına en yakın fay ve 50 km. çevresindeki etki alanını gösterir harita	141
Şekil 3.7 : Deprem Anında Kazıklara Etki Eden Statik yükler (G+P+ EX)	143
Şekil 3.8 :Deprem Anında Kazıklara Etki Eden Kuvvet (G+P+EY)	143
Şekil 3.9 :Temel Altı Kazıkların Bloktaki Yerleşimi	144
Şekil 3.10 Deney kazıklarının saha içindeki yerleşimi	146
Şekil 4.1: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü (Kesit-1Y)	179
Şekil 4.2: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü a (Kesit-1Y)	180
Şekil 4.3: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü b (Kesit-1Y)	181
Şekil 4.4: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü c (Kesit-1Y)	181

Şekil 4.5: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü (Kesit-1D)	182
Şekil 4.6: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü a (Kesit-1D)	183
Şekil 4.7: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü b (Kesit-1D)	184
Şekil 4.8: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü c (Kesit-1D)	184
Şekil 4.9: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü (Kesit-2B)	185
Şekil 4.10: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü a (Kesit-2B)	186
Şekil 4.11: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü b (Kesit-2B)	187
Şekil 4.12: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü c (Kesit-2B)	187
Şekil 4.13: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü d (Kesit-2B)	188
Şekil 4.14: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü e (Kesit-2B)	188
Şekil 4.15: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü (Kesit-3D)	189
Şekil 4.16: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü a	

(Kesit-3D)	190
Şekil 4.17: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü b	
(Kesit-3D)	191
Şekil 4.18: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü c	
(Kesit-3D)	191
Şekil 4.19: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü	
(Kesit-3Y)	192
Şekil 4.20: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü a	
(Kesit-3Y)	193
Şekil 4.21: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü b	
(Kesit-3Y)	194
Şekil 4.22: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü c	
(Kesit-3Y)	194
Şekil 4.23: Toptan Göçme Hesabı (Kesit-1Y)	195
Şekil 4.24: Toptan Göçme Hesabı (Kesit-1D)	196
Şekil 4.25: Toptan Göçme Hesabı (Kesit-2B)	197
Şekil 4.26: Toptan Göçme Hesabı (Kesit-3D)	198
Şekil 4.27: Toptan Göçme Hesabı (Kesit-3Y)	199
Şekil 4.28: Toptan Göçme Hesabı (Kesit-3Y Su Tankı)	200
Şekil 4.29: Konsolidasyon Hesabı (Kesit-1Y)	201
Şekil 4.30: Konsolidasyon Hesabı Plaxis Çözümü (Kesit-1Y)	202
Şekil 4.31: Konsolidasyon Hesabı (Kesit-1D)	203
Şekil 4.32: Konsolidasyon Hesabı Plaxis Çözümü (Kesit-1D)	204

Şekil 4.33: Konsolidasyon Hesabı (Kesit-2B)	205
Şekil 4.34: Konsolidasyon Hesabı Plaxis Çözümü (Kesit-2B)	206
Şekil 4.35: Konsolidasyon Hesabı (Kesit-3D)	207
Şekil 4.36: Konsolidasyon Hesabı Plaxis Çözümü (Kesit-3D)	208
Şekil 4.37: Konsolidasyon Hesabı (Kesit-3Y)	209
Şekil 4.38: Konsolidasyon Hesabı Plaxis Çözümü (Kesit-3Y)	210
Şekil 4.39: Konsolidasyon Hesabı (Kesit-3Y Su Tankı)	211
Şekil 4.40: Konsolidasyon Hesabı Plaxis Çözümü (Kesit-3Y Su Tankı)	212



1. GİRİŞ

Zeminin, yapıların temelleri altında taşıyıcı tabaka ve birçok durumlarda inşaat malzemesi olarak bütün inşaat projelerinde karşımıza çıktığı bilinmektedir. İnşaat sahasında karşılaşılan zeminler her zaman istenilen özelliklere sahip olamamaktadır. Geoteknik mühendisi, arazide zemin özelliklerinin getirdiği sınırlamaları olduğu gibi kabul etmek veya tasarım kriterlerini sağlayacak tarzda bu özellikleri "**zemin stabilizasyon yöntemleri**" ile ıslah etmek (**iyileştirmek**) durumundadır. Zemin stabilizasyonu dendiğinde çoğunlukla zeminin kayma mukavemetinin, sıklığının veya kıvamının iyileştirilmesi anlaşılmaktadır.

İnşaat yerinin değiştirilmesi veya istenilen özelliklere sahip olmayan zeminlerin atılarak yerine elverişli zeminlerin kullanılması ise **teknolojik ve ekonomik** nedenlerden dolayı çoğu kere uygun çözümler olarak kabul edilmemektedir. Bu gibi durumlarda arazideki zemin tabakalarının özelliklerinin iyileştirilmesi kaçınılmazdır.

Bu çalışmada, Vadistanbul projesi park etabı zemin iyileştirme kapsamında uygulanan geoteknik yöntem ve detaylı uygulamaları araştırılmıştır. (Vadistanbul Projesi,2015)

1.1 Zemin İyileştirmenin Gelişimi

Mühendisliğin inşaat yapımında kullanıldığı ilk günden bu güne kadar mühendisler zeminlerle alakalı çeşitli problemlerle karşılaşmışlar ve bu problemlere çözüm bulmaya çalışmışlardır. Mühendisler mümkün olduğu sürece yapılarını sağlam zeminlere yapmışlar fakat buna imkân olmadığı durumlarda kötü zeminler üzerine de binalar yapılması düşünülmüş ve bu şekilde inşaat yapmanın gerekleri üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Tarihte eski Venedik kentinde yapılan yapıların, Osmanlılar zamanında deniz kıyısında yapılan Yeni Cami veya Haydarpaşa Tren İstasyonu gibi yapıların, mevcut zemin zayıf olduğu için, ahşap kazıklar üzerine inşa edildiği görülmüştür. Çin'de M.Ö. 600'lerde zeminin içine açılan kuyuları sönmemiş kireçle doldurarak, eski Roma'da karayolları yapımında killi zeminleri puzzolan ve kireçle stabilize ederek yerel zemini iyileştirmişlerdir.

Çoğu zaman zeminin çok kötü olmasından veya ekonomik olmamasından dolayı kazık temeller kullanılamamakta bunun yerine yerel zemin iyileştirmeleri yapılması tercih edilmektedir.

Bugüne kadar stabilizasyon tekniklerinin gelişmesi, zemin ve geoteknikteki birçok konu gibi, önceki yapılardan edinilen tecrübeler ve deneysel bilgilerin birikiminden meydana gelmiştir. Günümüzde insan nüfusunun artmasına paralel olarak barınma ihtiyacının artması, yapı boyutlarının büyümesi,

özelliklerinin yükselmesi, yapı yüklerinin artması yapıların çevresinde daha nitelikli zeminlere ihtiyaç duyulmasına sebep olmuştur. 1970'lerden itibaren alternatif bir uygulama olarak ortaya çıkan iyileştirme, zemini uygun bir yöntemle iyileştirip oturma ve stabilite açılarından sorunsuz bir hale getirmek ve yapının bu zemin üzerinde tasarlanmasını sağlamaktır. Zeminlerin özelliklerini daha iyi nitelikli hale getirebilmek için iyileştirme tekniklerine ve yöntemlerine eskisinden daha çok ihtiyaç duyulmasına neden olmuş ve buna bağlı bu konuda oldukça ilerlemeler kayıt edilmiş ve edilmektedir

1.2 İyileştirme Kavramı

Temel tasarımında genellikle mümkün olduğu taktirde sığ temeller kullanılmaya gayret edilir. Oturmaların büyük veya stabilite açısından yeterli güvenlik bulunmadığı durumlarda derin temel tasarımına veya alternatif olarak zemin iyileştirmesine başvurulur. Karşılaşılan zeminler her zaman istenilen özelliklere sahip olamamaktadır. Zemin özelliklerinin proje kriterlerine daha uygun hale getirilmesi mühendislerin düşündüğü ve geliştirdiği bir konu olup iyileştirme kavramının ortaya çıkmasına ve gelişmesine neden olmuştur. Zemin iyileştirme yöntemlerinin hızla gelişmesi derin temellere göre genellikle ekonomik alternatif olmalarından kaynaklanmaktadır.

1.3 Zemin İyileştirme Nedenleri

Farklı amaçlara yönelik çeşitli mühendislik yapıları (okul, konut, hastane, baraj, köprü, viyadük, otoyol, demiryolu, tünel, vb.) yapılmaktadır. Bütün bu yapıların ya zeminin içinde veya üzerinde inşa edildiğini düşünerek olursak, zeminle ilgili olarak bir ara kesiti bulunmaktadır. Bu yapıların ömrü boyunca güvenli ve istenilen özelliklerde hizmet verebilmesi her şeyden önce üzerinde ve/veya içinde yer aldığı ortamın özellikleriyle yakından ilgilidir. Yapıların yer aldığı ortamlar çok farklı karakterlere sahip olan kaya ve zemin türü ortamlardır. Kaya ve zemin mekaniğinden de bilindiği üzere bu ortamların çeşitli koşullar altındaki davranışları farklılık arz eder. Ortam koşulları mühendislik yapılarının tasarımında, inşasında, kullanımında önemli rol oynar. Her farklı tip mühendislik yapısında ortam özelliklerinin farklı olması arzu edilir (örneğin; yapı temellerinde taşıma gücünün yüksek olması, bir beton kemer barajda baraj gövdesinin bağlandığı kayaların mekanik ve fiziksel özelliklerinin oldukça iyi olması, yol dolgularında dolgu malzemelerinin sıkışabilirlik özelliklerinin belirli standartlara uyması ve kullanımı esnasında dış ortam koşullarından etkilenmemesi, vb.) Zeminler yapıların altında çoğunlukla taşıyıcı ortam görevi görmesinin yanında bazı yapılarda da inşaat malzemesi olarak kullanılmaktadır (örneğin; su tutma yapıları, taşkın önleme seddeleri, yol dolguları, vb.)

Zemin-yapı etkileşimi ve tesirleri olumlu veya olumsuz yönde yapı üzerinde zaman içerisinde görülebilmektedir. Jeoloji mühendisine düşen görev; zemin koşullarına uygun olarak mühendislik projesini güvenli ve ekonomik olarak projelendirmek ve uygulamaktır. Genel anlamda zeminlerin bu yapıların tabanını oluşturduğu düşünülecek olursa; zeminlerin arzu edilen özelliklerde olup-olmaması yapı maliyetini ve güvenliğini etkileyecektir. Yapıların daha ekonomik ve güvenli inşa edilmesinde zemin ortamının oynadığı rol oldukça büyüktür.

Nüfusun artması, ekonomik göstergelerin yükselmesi, ihtiyaçların çeşitlenmesi;

- a) Problemsiz alanlardaki daralmaya, buna karşılık problemlilerde yapı yapmaya,
- b) Yapılardaki boyutların büyümesi daha iyi zemin koşullarının gerekliliğini,
- c) Daha yüksek düzeyde mühendislik yapı ihtiyaçlarını,

ortaya çıkarmaktadır. Bu zorlamalar, zeminlerin arzu edilen performansının elde edilebilmesi için; çeşitli zemin iyileştirme yöntemlerinin geliştirilmesine ve uygulanmasına başlıca neden teşkil etmiştir.

1.4 İyileştirme Yöntemleri

Olumsuz zemin koşullarında başlıca 4 tür iyileştirme uygulanabilir;

- 1) Mekanik,
- 2) Hidrolik,
- 3) Fiziksel ve kimyasal iyileştirme,
- 4) Ekleme-sınırlama yolu.

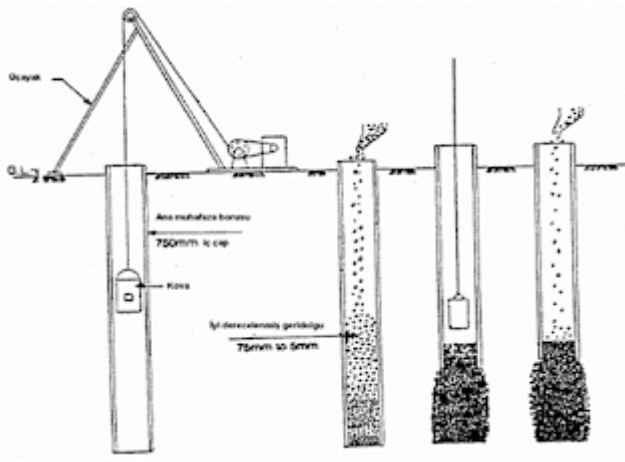
Bu yöntemler uygulanarak; zeminin kayma dayanımını artırmayı ve önemli yükler altında zemin davranışını iyileştirmeyi, oturmayı azaltmayı, zeminden su sızıntısı kayıplarını azaltmayı hedefleriz.

1.4.1 Mekanik İyileştirme kısa süreli mekanik kuvvetlerin etkisi ile zemin yoğunluğunun arttırılması amaçlanmaktadır. Örneğin; yüzeydeki zemin tabakalarının statik, titreşimli veya darbeli silindir ya da titreşimli tablalarla sıkıştırılması, zeminlerin derinde titreşimle sıkıştırılması mekanik iyileştirme yöntemlerini oluşturmaktadır. Ayrıca patlatma ile sıkıştırma, o sıkıştırma kazıkları ile zeminin sıkıştırılması bu grup içerisinde sayılabilir.

1.4.1.1 Sıkıştırma Kazıkları Kum sıkıştırma kazıkları yumuşak zeminleri iyileştirme tekniği olarak Japonya’da geliştirilmiştir. Bu teknik yumuşak zemin içerisinde titreşimli bir muhafaza borusu yardımıyla kum veya benzer bir malzeme kullanarak iyi sıkıştırılmış kum kazıklardan oluşmaktadır.

Kum Sıkıştırma Kazıkları (SCP) tekniğine ilişkin ekipman kum dren yerleştirme ekipmanına benzemektedir. Ekipman istenilen derinliğe ulaşıktan sonra, daha önceden belirlenen boydaki gevşek kum ekipmanın mili arasından boşaltılır ve ekipman biraz yukarı çekilir. Daha sonra milin üstündeki bir vibratör yardımıyla mil gevşek kumu sıkıştırır ve çapını artırır. Bu işlemin tekrar ettirilmesiyle sıkıştırılmış kum kazıkları oluşturulur ve ayrıca etraftaki zeminde sıkıştırılmış olur.

Zeminler kazık çakılması sonucu oluşan deplasmanlar yoluyla sıkıştırılabilir. Fakat söz konusu bu teknik granüler zeminlere uygulandığında sıkıştırma, deplasmanlara ek olarak kazık çakımı esnasındaki titreşim hareketleri sonucunda da gerçekleşmektedir. Dolayısıyla elde edilen sıkıştırma derecesi sadece bu kazıkların aralıklarına değil aynı zamanda titreşim enerjisine de bağlıdır. Bu durumu ince daneli malzeme miktarı etkilemektedir çünkü titreşimlerin yayılması ince malzemelerin etkisiyle sönümlenmektedir. Genel olarak eğer ince malzeme miktarı %20’yi geçerse iyileştirme oranı azalacak ve kazıkların daha sık aralıklı yerleştirilmesi gerekecektir. Chung vd. (1987) titreşimin sıkıştırma üzerine etkisinin olabilmesi için %35’lik bir ince daneli malzeme miktarı sınırı önermişlerdir. Sıkıştırma kazıkları yapısal kazıklar (ahşap ya da betonarme) olabileceği gibi kum sıkıştırma kazıkları da olabilir. Yüksek deplasmanlı sıkıştırma kazıkları zemin içerisinde istenilen derinliğe kadar 0.5 m çapında bir kuyu açılıp, muhafaza borusu içinin boşaltılarak yerine her seferinde 100 kJ’den fazla enerji verebilen bir şahmerdan yardımıyla sıkıştırılmış kumun doldurulmasından oluşmaktadır.

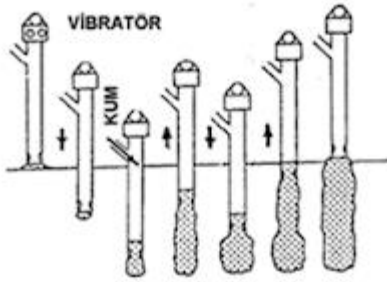


Şekil 1.1 Sıkıştırma Kazıkları yapım aşamaları (Bell, 1993)

Yerleştirilen muhafaza borusu küçük miktarlar yukarı çekilir ve her yukarı çekişte bir miktar kum yerleştirilip sıkıştırılır. Dolayısıyla bu şekilde oluşturulan sıkıştırılmış kum kazığı muhafaza borusundan daha büyük çapta olmakta ve etrafındaki zemin de sıkıştırılmaktadır.

Franki tekniğiyle çakıl sıkıştırma kazıklarının yerleştirilmesi de benzer olup çakıl tıkaç veya sıfır çökme değeri olan beton ile kapatılmış bir tütün şahmerdan yardımıyla zemin içerisine çakılmasından oluşur. Çakma esnasında tüp etrafındaki zemin yanıl olarak sıkıştırılmaktadır. Tüp tasarım derinliğine kadar batırıldığında belli bir miktar çakıl veya kuru beton tüp içerisinden tabana yerleştirilir ve yüksek enerjili bir şahmerdan yardımıyla sıkıştırılarak geni iletilmiş bir taban oluşturulur. Daha sonra tüp aşamalı olarak geri çekilir ve bir miktar çakıl daha yerleştirilip sıkıştırılır ve sonuçta sıkıştırılmış bir çakıl kazığı oluşturulur. Kazık içerisine yerleştirilen çakılın miktarı ölçülerek çapı hesaplanabilir ve deplasman değerleri yardımıyla da etrafındaki zeminin yoğunluğunda meydana gelen artış belirlenebilir.

Bu kazıklar yapım aşamasından önce gerçekleştirilen testler sonucu belirlenen aralıklarla oluşturulur.



Şekil 1.2 Sıkıştırılmış kum kazıkları oluşturma aşamaları (Tanimoto, 1973)

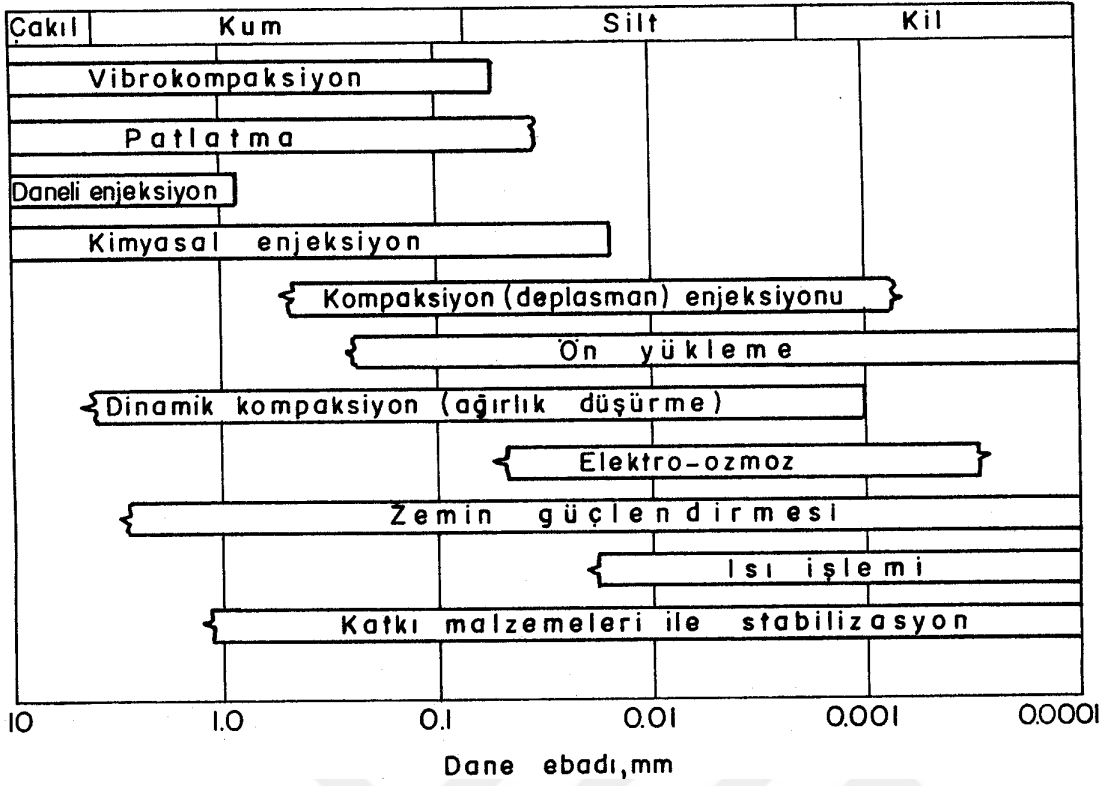
1.4.2 Hidrolik İyileştirme drenler veya kuyular yardımı ile boşluk suyu basıncının düşürülerek kayma dayanımını arttırmayı hedefleyen iyileştirme yöntemleridir. Kaba daneli zeminlerde kuyu veya hendeklerden pompalama ile yeraltı su seviyesinin indirilmesi, ince daneli zeminlerde düşey drenlerin yardımı ile de ön yükleme yapılması, elektriksel yüklerle boşluk suyunun uzaklaştırılması türünden iyileştirmeler bu grup altında toplanabilir. Geosentetiklerin geleneksel tekniklere katkısı bu alanda

büyük olmuştur. Diyafram duvarlar, palplanş duvarlar ve geomembranlar, keson ve tünelde basınçlı hava kullanılarak zemin suyunun uzaklaştırılması teknikleri bu grup içerisinde sayılabilir

1.4.3 Fiziksel ve Kimyasal İyileştirme yüzeysel zemin tabakalarında katkıların fiziksel olarak karışımı, katkıların derinlerde kolonlar teşkil edecek şekilde karıştırma yolu ile yapılabilir. Doğal zeminler, endüstriyel artık ürünleri veya atıklar, birbiriyle veya zeminle reaksiyona giren çimento ve kimyasallar katkı maddesini oluşturur. Katkı zemin boşluklarına veya yapı elemanı ile zemin arasındaki boşluğa basınçla verilirse bu uygulama enjeksiyon adını almaktadır. Isıtma ve dondurma yolu ile yapılan iyileştirmeler (ısısal yöntemler) ile son yıllarda yurdumuzda geniş uygulama alanı bulan jet grout kolonu uygulaması bu grup içerisinde sayılabilir.

1.4.4 Ekleme ve sınırlama ile iyileştirmede fiberler, şeritler, donatılar ve hasırların zemine yerleştirilmesi ile zemin kütlesi dayanımı arttırılmaktadır. Benzer şekilde *zemin çivileri ve ankraj yerleştirilecek zeminin donatılandırılması ekleme ile yapılan iyileştirme anlamındadır*. Beton, çelik veya diğer üretilmiş elemanlarla zemini sınırlandırarak duraylı zemin yapıları elde etmek olanağı vardır. Yaşayan (kafes) duvarlar, gabion elemanlar, geotekstilli bohçalama duvarları, taşkolon ve geokolon teşkili bu grup içerisinde sayılabilir.

Yukarıda sayılan iyileştirme yöntemlerinden birisinin seçiminde istenilen iyileştirmenin nedeni ve hangi dereceye kadar yapılmak istenmesinin yanı sıra jeolojik yapı, zemin türü, sızıntı koşulları, maliyet, malzeme ve uygulama aygıtlarının elde edilebilirliği, süre, çevre yapılarında olası hasar, yeraltı suyu kaynaklarında olası kirlilik, iyileştirmede kullanılan malzeme dayanıklılığı, paslanma etkisi, iyileştirme yönteminin güvenilirliği, iyileştirmenin denetimi gibi etkenler önemli rol oynamaktadır. Zemin ıslak olmak koşulu ile yukarıda sıralanan yöntemlerden yalnızca dondurma yöntemi, tüm zemin cinsleri için uygun olup diğer tüm yöntemler zeminin kohezyonu olup-olmadığına, suya doymun olup-olmadığına, normal ya da aşırı konsolide olduğuna, zeminin özel bir yapısı (örneğin; organik veya atık) bulunup-bulunmadığına göre bir yöntem uygun olabilirken diğeri uygun olmayabilir. Özellikle uğraşılan sorunun türünün (temel taşıma gücü, yanal dayanımı, dayanma yapısı teşkili, yumuşak ve gevşek zemin üzeri dolgu, sızıntı vs) bir yöntemin uygunluğunda çok önemli bir etken olduğu bilinmektedir. Şekil 1.3.'de verilen diyagramda yukarıda sıralanan iyileştirme yöntemlerinin bazılarının dane boyutuna göre hangi türlerde daha başarılı olabileceğini göstermektedir.



Şekil 1.3. İyileştirme yöntemlerinin dane boyutuna göre uygulanabilirliği.(Yıldırım,2002)

1.4.5 İyileştirme Yöntemlerinin Seçimi

Yapılacak mühendislik yapısının türüne göre zeminde olması istenen özellikler farklı olabilmektedir. Karşılaşılan zeminlerin arzu edilen zemin özelliklerine ulaşabilmesi için uygulanacak yöntemler değişik olabilmektedir. Yukarıda belirtildiği üzere zeminlerin iyileştirilmesinde çok farklı yöntemler geliştirilmiştir. Her yöntem zeminin farklı bir parametresini daha iyi hale getirilmesine yöneliktir. Zeminin hangi özelliklerini değiştirmek veya iyileştirmek isteniyorsa uygulanacak yöntem buna göre seçilmelidir. İyileştirme yöntemlerinin de zemin cinsi ve özellikleri ile ilgili olduğu göz önünde tutulmalıdır. Zemin cinsine göre tavsiye edilen iyileştirme yöntemleri Tablo 1.1 ve Tablo 1.2’de verilmiştir.

Tablo 1.1. Zemin cinsine göre tavsiye edilen iyileştirme yöntemleri (Rodriquez,).

Zemin Bileşği	Tavsiye Edilen Stabilizasyon	Amaçlar
Organik Madde	Mekanik Stabilizasyon	Diğer metotlar etkisizdir
Kum	Mekanik Stabilizasyon Çimento Asfalt	- İnce ve plastik olamayan malzeme karıştırılarak stabiliteyi artırmak - Mukavemeti artırmak - Kohezyon sağlamak
Silt	Mekanik veya Kimyasal Stabilizasyon	Zemin özelliklerini iyileştirmek
Killer; • Alofenler • Kaolin • İllit • Montmoriller	Kireç veya Kireç-Uçucu Kül Karışımı Kum ile Mekanik Stabilizasyon Çimento Kireç Çimento Kireç Kireç	- Mukavemeti artırmak - Stabiliteyi artırmak - Kısa süreli mukavemeti artırmak - İşlenebilirlik ve uzun süreli mukavemeti artırmak -Kısa süreli mukavemet artışı - İşlenebilirlik ve uzun süreli mukavemeti artırmak - işlenebilirliği ve kısa süreli mukavemeti artırmak

Tablo 1.2. Zemin cinsine göre tavsiye edilen iyileştirme yöntemleri (Hunts).

Zemin Cinsi	Stabilizasyon Metotları
Çeşitli Dolgular Sığ Derin	Kazı/Geri Dolgu
	Dinamik Kompaksiyon Kum Kolonları
Organik Zeminler Sığ Derin Tabakalı	Kazı/Geri Dolgu Geotekstil
	Sürşarj Geotekstil Kum Kolonları
	Sürşarj Patlama Tekniği Dinamik Kompaksiyon Kompaksiyon Enjeksiyonu Kum Kolonları, Taş Kolonlar
Yumuşak Killer Sığ Derin Tabakalı	Kazı/Geri Dolgu Geotekstil
	Sürşarj Geosentetik Kum veya Kireç Kolonlar
	Sürşarj Dinamik Kompaksiyon Kompaksiyon Enjeksiyonu Kum ve Kireç Kolonları
Killer	Mekanik Stabilizasyon Kireç Stabilizasyonu Termal (Dondurma), Elektro-Osmoz Geosentetik Drenaj Kireç veya Çimento Kolonlar
Gevşek Siltler Sığ Derin	Kazı/Geri Dolgu Tuz Katkısı Dinamik Kompaksiyon
	Sürşarj Taş Kolonlar Elektro-Osmoz Vakum Kuyuları
Gevşek Kumlar Sığ Derin	Çimento veya Bitüm Stabilizasyonu Dinamik Kompaksiyon
	Vibraflasyon Vibrokompaksiyon Dinamik Kompaksiyon Taş kolonlar Enjeksiyon Drenaj Kuyuları Termal (Dondurma)
Sıvılaşabilen Zeminler	Dinamik Kompaksiyon Taş Kolonlar Drenaj Enjeksiyon
Şişebilen Zeminler	Kireç Stabilizasyonu Drenaj Çimento, uçucu ktl, tuz, kimyasal katkılar Enjeksiyon
Çatlaklı Kayalar	Enjeksiyon Ankraj Şatkrit Yüzeyaltı Yatay Drenajı

2.ZEMİNLERİN SIKIŞTIRMA VE İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Bir malzemenin göstereceği davranış o malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısı ile ilgilidir. Fiziksel olarak bir malzeme ne kadar az boşluk oranına sahipse veya diğer bir deyişle kompasitesi ne kadar fazla ise o malzemenin dayanımı veya mukavemeti o kadar fazla olur. Zeminlerin hem yapılarımıza taban teşkil ettiği ve bazı durumlarda inşaat malzemesi şeklinde kullanıldığı düşünülürse; her türlü dayanımın yüksek olması arzulanır. Dayanımın yüksek olması; yukarıda söylendiği üzere yapının boşluksuz olmasına bağlıdır. Gerek yapıların tabanını teşkil eden kütlenin ve gerekse teşkil edilen yapay dolguların, yapı yükleri ve dış etkiler altında dayanımlarının yüksek olması istenir. Yapı yükleri nedeniyle meydana gelen oturmalar; yapıların kullanımını bazen sınırlandırmakta veya yapının kullanımını engelleyebilmektedir. Zemin kompaksiyonu; zeminin boşluk oranının azaltılmasına imkan vererek yükler altında daha az deforme olan bir ortam sağlamaktadır. Bilindiği üzere zeminlerin kompaksiyonuna etki eden bir takım etkenler bulunmaktadır. Zeminlerin sıkışmasına etki eden bu etkenler aşağıda ana başlıkları ile belirtilmiştir:

- Zeminin cinsi,
- Zeminin dane dağılımı,
- Zeminin en büyük dane çapı (D_{max}),
- Sıkıştırma sırasındaki su muhtevası,
- Sıkıştırma sırasında kullanılan enerji miktarı,
- Zemindeki bağlayıcı çimento miktarı ve cinsi,
- Sıkıştırma vasıtasının cinsi, kapasitesi ve özellikleri,

Yukarıda ana başlıkları verilen bu parametreler sıkışmayı kontrol eden başlıca parametrelerdir. Sıkıştırılacak zeminin cinsi, miktarı, büyüklüğü, bulunduğu konum ve sıkıştırmanın esas maksadına yönelik olarak değişik sıkıştırma yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin başlıcaları;

- Vibrokompaksiyon veya vibroflotasyon,
- Vibro (titreşimli) boru, çubuk veya sondalar,
- Kompaksiyon kazıkları,

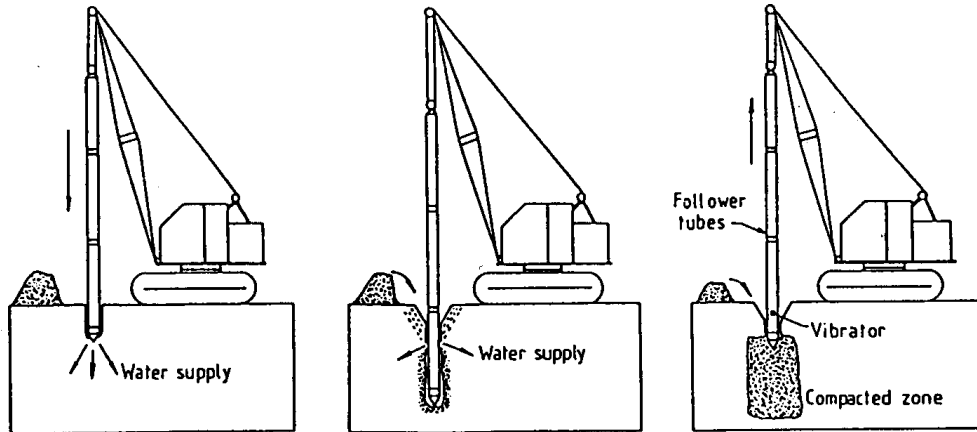
- Dinamik kompaksiyon (veya konsolidasyon)-ağırlık düşürme,
- Patlatma.

Sıkıştırma tekniklerinden kullanıldığı amaçlar şu şekilde sıralanabilir;

- Yol, demiryolu, sedde, baraj gibi kendilerinden yüksek performans istenen yapay dolguların teşkilinde,
- Yapılar altında kalacak zeminlerin sıkıştırılması ile daha ekonomik temel projelendirilmesi,
- Oturmaları sınırlandırmak maksadıyla,
- Taşkın önleme seddelerinde, barajlarda permeabilitenin (geçirgenliğin) azaltılmasında,
- Depremlerde sıvılaşma problemlerinin çözümünde,

2.1 Vibrokompaksiyon / Vibroflotasyon

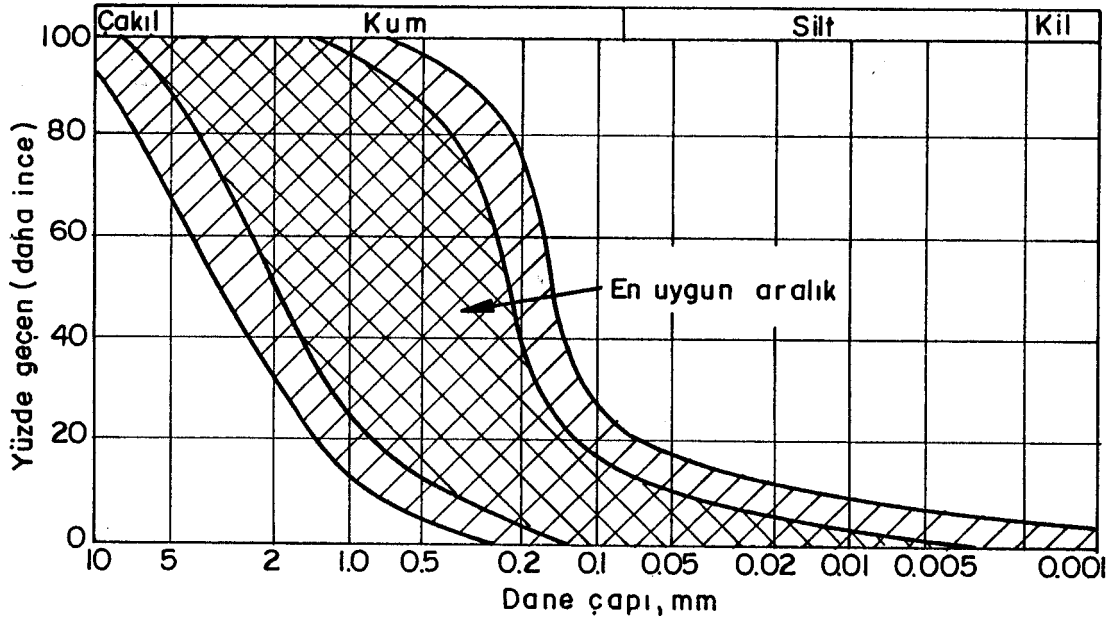
Vibratör (veya vibroflot) denilen sonda bir paletli vinç ve uzatma boruları vasıtası ile kendi ağırlığı ve üzerindeki su jeti yardımı ile titreştirilerek zemine sokulur (Şekil 2.1). Vibratör çap, boy ve ağırlıkları değişiklikler göstermekle birlikte 40 cm çapında, 3 m boyunda ve 3 ton ağırlığında bir vibrator orta boy bir ekipman kabul edilebilir. Vibrasyon genlikleri ile zemine büyük dinamik yükler verilmektedir. Vibroflot 1-2 m/dak. hızla gevşek zeminlere girer.



Şekil 2.1 Vibrokompaksiyon uygulaması.(BELL, 1993)

Titreşen zemin oturur ve vibratörün çevresinde bir çöküntü konisi oluşur. Sahaya getirilen kum-çakıl yüzeyden bu boşluğa doldurularak zemin devamlı doldurulur. Proje derinliğine inen titreşimli sonda üstten malzeme eklenirken zemini sıkıştırarak yavaş yavaş yukarı çekilir (0.3m/dak. gibi). İyileştirme noktasında sonda çapından daha büyük sıkı bir kolon oluşturulmuş olur.

Rezonans kompaksiyon yöntemi vibrokompaksiyon yönteminin yeni bir şekli olup vibrator zemine indirildikten sonra frekansı değiştirerek zeminin rezonans frekansına ayarlanmakta ve zemin amplifikasyona uğrayarak daha iyi sıkışmaktadır. Bu yöntem ve vibrasyon kaynaklı diğer yöntemler esasen kohezyonsuz zeminlere uygulanabilir ve ince dane oranı (%<No.200 elek) genellikle en fazla %20 civarında olmalıdır. Şekil 2.2'de vibroflotasyona uygun zeminlerin dane çapı dağılım sınırları görülmektedir.



Şekil 2.2 Vibrokompaksiyon ile iyileştirme yapılacak uygun zeminlerin dane çapı dağılımı (Brown, 1977)

Vibrokompaksiyon projelerinin tasarımında iyileştirme yapılacak noktaların aralığı, derinliği, planda geometrisi ve uygulama noktaları arasında hedeflenen izafi sıkılık belirlenir. Proje tipi ve yerel şartlara göre değişmesine rağmen aşırı oturmalar ve sıvılaşmanın önlenmesi için genellikle %75 civarında bir izafi sıkılık proje kriteri olarak kullanılmaktadır. Uygulama aralığı 1.5-3.0 m arasında değişmektedir.

Vibrokompaksiyon Uygulamalarının Amacı

1. Temellerdeki oturmaların azaltılması,
2. Sismik aktivitenin neden olduğu sıvılaşma riskinin azaltılması,
3. İri daneli dolgu zeminlerde yapılaşmanın yapılabilmesi.

Önemli Vibrokompaksiyon Parametreleri

1. Zemin tipi ve dane dağılımı,
2. Relatif sıklık (D_r).

Değişik Zeminlerde Beklenen Vibrokompaksiyon Uygulaması

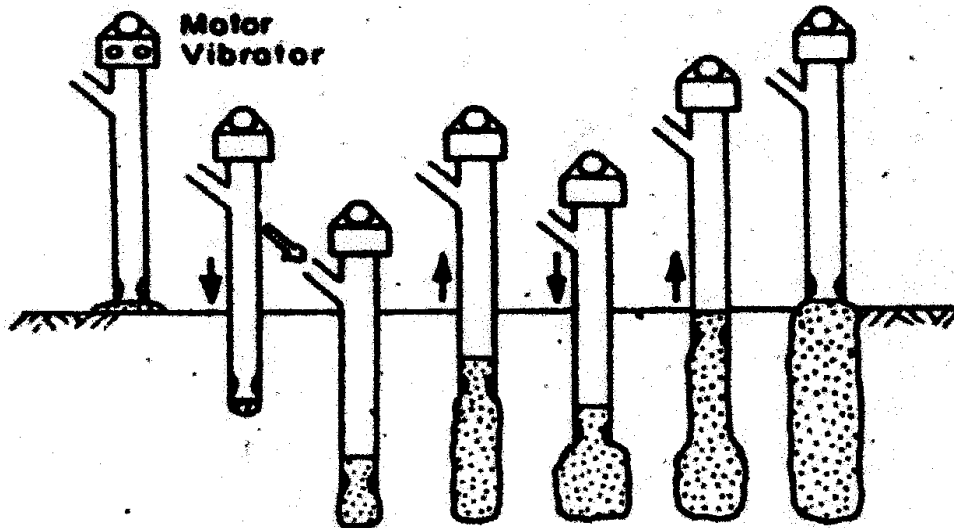
Zemin Cinsi	Etkinlik Derecesi
Kumlar	Mükemmel
Killi Kumlar	Ortadan İyiye Doğru
Siltler	Zayıf
Killer	Uygulanamaz
Maden Atıkları	İyi (eğer iyi daneli ise)
Yapay Dolgular	Dolgunun Karakterine Bağlı
Atık (Çöp)	Uygulanamaz

Vibrokompaksiyonun Yapım Basamakları

- 1.Zemin etüdü (dane dağılımı önemlidir),
- 2.Muhtemel oturmaların hesaplanması,
- 3.Uygun sıkıştırmanın sağlanması (oturmaya azaltmak ve/veya sıvılaşmayı önlemek için yeterli sıkıştırma),
- 4.Uygun vibrokompaksiyon yaklaşımının geliştirilmesi (tüm bölgeyi yada sadece temel altını iyileştirmek),
- 5.Test kriterinin sağlanması (relatif sıklık, Standard Penetrasyon Deneyi SPT, Konik Penetrasyon Deneyi CPT, Presiyometre Deneyi PMT, Dilatometre Deneyi DMT, Plaka Yükleme Deneyi).

2.2 Titreşimli Boru ve Çubuklar

Titreşimli boru veya çubuklar zemine sokularak zeminin sıkılaştırılması ve oturması sağlanmaktadır (Şekil 2.3). Arazi üstten dolgu ile takviye edilerek kotlar kontrol altında tutulmaktadır. Genellikle paletli vinçlerin sarkıttığı üst vibratörler kullanılmaktadır. Çeşitli çubuk ve sonda kesitleri uygulanmaktadır. Japon yöntemi vibro-kompozer vibroflotasyona daha fazla benzemektedir. Burada borunun yan çatalından beslenen kum; muhafaza borusunun alt ucuna dolmakta ve buradan hava basıncı ile kum itilmektedir.

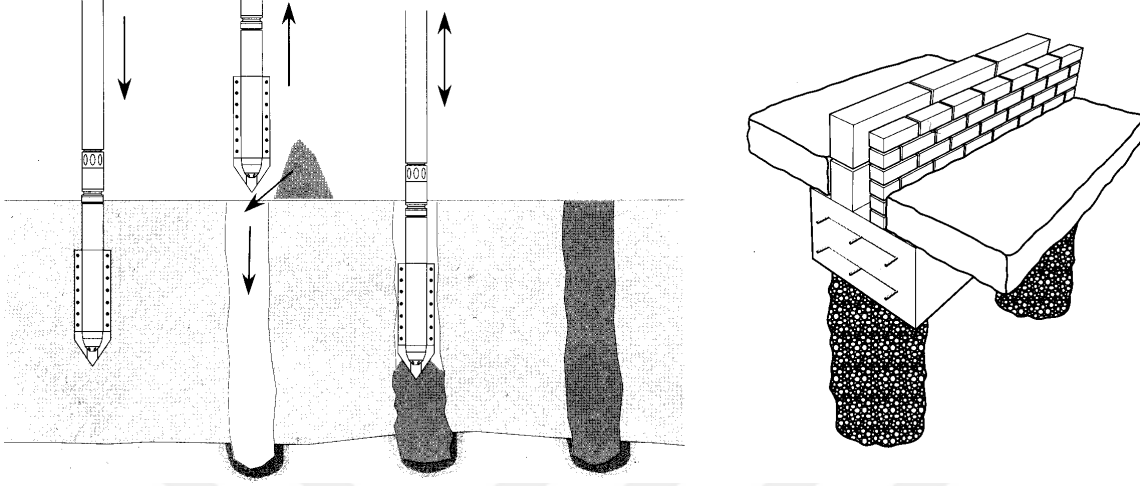


Şekil 2.3. Vibro-kompozer uygulaması. (Tanimoto, 1973)

2.3 Kompaksiyon Kazıkları

Kompaksiyon kazığı tekniği kısaca zemine ucu kapalı çelik boruların kazık çekiçleri (klasik çekiç veya vibratör çekiç) ile çakılması ve içlerinin doldurularak çekilmesi esasına dayanmaktadır

(Şekil 2.4).



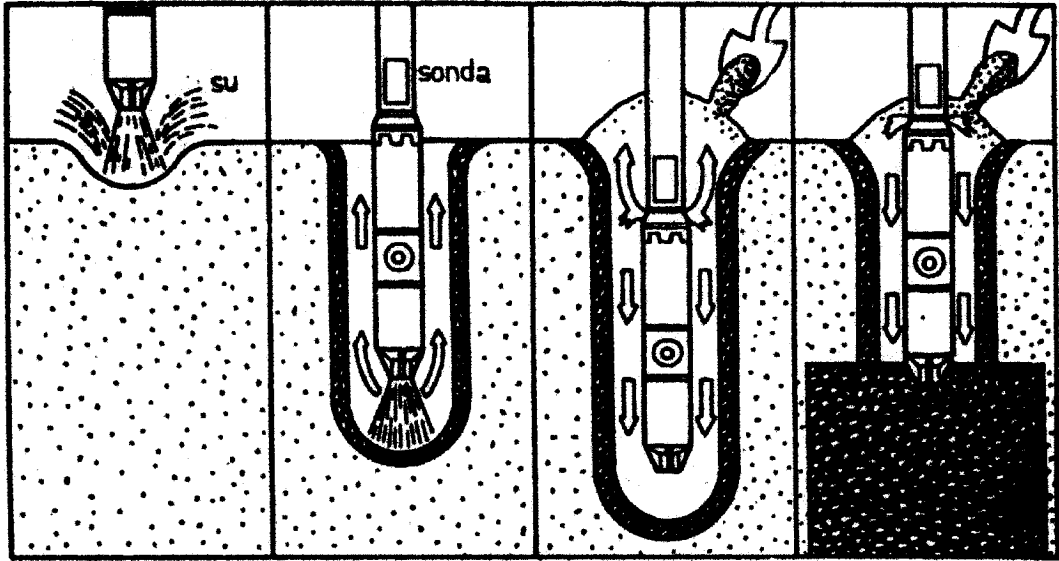
Şekil 2.4 Kompaksiyon kazıklarının uygulaması.

Terk edilen uçlar veya özel ağızlı çarıklar kullanılmaktadır. Burada zeminin radyal olarak deplasmana uğrayarak sıkışması ve çakım sırasında vibrasyondan etkilenerek oturması söz konusudur. 0.9-1.8 m uygulama mesafeleri kullanılmaktadır. İnce dane oranı fazla olan zeminlere de uygulanabilir olması pratik açıdan yöntemin önemini artırmaktadır. Kum drenler ile karıştırılmamalıdır. Killi ve siltli zeminlerde oturma hızlarına katkıda bulunabilirler. Kum tabakalarını istenilen derinliğe kadar sıkıştırmak için Franki ve Keller'in sarma-basınç metodları kullanılabilir.

Franki metodunda 50 cm genişliğindeki bir çelik boru zemine çakılır. Bundan sonra borunun içine, kum, çakıl, ve mıcırdan ibaret bir tampon dökülür. Tokmak boru içine düşer ve tampona vurur. Bu esnada tampon sıkışır ve nihayet bu sıkışma boruyu birlikte zemine sürüklemeye yetecek miktarı bulur, Fazla derinliklerde, birbiri içine giren ve teleskop şeklinde açılan borular kullanılır. İstenilen derinliğe inilince, boru sabit tutulur ve çakıl tamponun üzerine yapılan tokmak darbeleriyle tampon borudan dışarıya zımbalanır. Borunun içine devamlı olarak kum, çakıl ve mıcır dökmek ve bunları tokmaklamak suretiyle boru yavaş yavaş dışarıya çekilir ve bu suretle zemine kum, çakıl ve mıcır çakılmış olur. Zeminin sıkıştırılması, hem borunun çakılması ve hem de zemine kum, çakıl ve mıcır çakılması dolayısıyla meydana gelen hacim azalması (etrafa itilme) ile

olur. Bundan başka çakma dolayısıyla meydana gelen sarsıntılardan dolayı da büyük bir çevre sıkışmaktadır.

Keller' in sarsma-basınç metodunda ise alt ucunda su vermek ve bu şekilde zemini gevşetmek suretiyle uzunca bir sarsma gövdesi zemine yıkama suretiyle indirilmektedir. Sarsma gövdesi maksimum derinliğe indirilince içinde bulunan düşey eksene tespit edilmiş ve eksantrik tekerlekleri ihtiva eden iki elektrik motoru harekete geçirilir. Bu halde sarsıcının ucundaki yıkamaya son verilir ve su sarsıcının üst kısmında zemine akıtılmaya başlanır (Şekil 2.5). Dönen bir hareket yapan sarsıcı, bir elektrik sayacı yardımıyla sarfiyatları kontrol edilen elektrik motorlarının sarfiyatları artmaya başlayınca kadar aynı yerde bırakılır. Bu halde sarsıcı artık zeminin çevresinde yapabileceği maksimum sıkıştırmayı yapmış sayılır ve bir miktar yukarıya çekilir. Sarsıcı zeminin çöküntü yapmasına neden olur, zemin yüzeyinde huni şeklinde bir boşluk meydana gelir ki bunun içine yukarıdan malzeme doldurulur.



Şekil 2.5 Keller sarsma-basınç uygulaması (Braja, 1984)

2.4 Dinamik Konsolidasyon (Dinamik Kompaksiyon), Yük Düşürme

Bu yöntemin ilk uygulamaları 1970-1973 yıllarında olmuştur. Ağır yüklerin belirli bir yükseklikten zeminin yüzeyine düşürülmesi ve zeminin sıkıştırılması esasına dayanmaktadır (Şekil 2.6) . Betonarme bloklar, beton doldurulmuş çelik saçlar, civatalanmış sert çelik plakalar yük olarak kullanılmaktadır. 0.5-200 ton arası yük uygulamaları yapılmıştır. Düşürülen yükseklikler 40 m'ye kadar çıkmaktadır. 15-20 ton ağırlıklar ve 15-20 m'den düşük tipik bir uygulama örneğidir.

Şekil 2.6'de sıkıştırılacak zemin derinliği-enerji ilişkileri çeşitli zemin tipleri için verilmektedir. Kalabalık ve meskun yerlerde kullanılması uygun olmamaktadır.



Şekil 2.6. Dinamik kompaksiyon uygulaması.
(<http://keller-ge.co.uk/images/cms/DynamcCompB.jpg>,
<http://kshitija.files.wordpress.com/2006/09/dynamiccomp.jpg>,

2.5 Patlatma

Yurdumuzda kullanılmayan bu yöntem ile kohezyonsuz gevşek zeminler, boşlukları azaltılarak sıkıştırılmaktadır. Ana prensip zemin içinde patlatma yaparak kayma (S) ve diğer dalgaları (P) üretmek ve zemini sıkıştırmaktadır. Bu yöntem suya doygun zeminler için uygundur. Patlatma sıvılaşmaya yol açar ve zeminin gevşek yapısı göçerek boşluk su basınçlarının düşmesiyle sıkılaşır, su ve gaz dışarı atılır. Yüzeyde kum kaynamaları görülür.

Yöntemde istenilen derinliğe çeşitli yöntemlerle (vibrasyon, jet v.b.) boru yerleştirilir. Patlayıcı (dinamit, TNT, amonit v.b.) boru içine yerleştirilir, boru geri çekilerek delik doldurulur. Patlayıcılar planlanan şekilde patlatılır. Gevşek zeminlerde daha az patlayıcı kullanılmaktadır. İyileştirilecek zeminin dane çapı bakımından durumu vibrokompaksiyon kriterindeki gibi aynıdır. Uygulama derinliği bazı baraj vadilerinde 70-100 m ye kadar yapılmıştır.

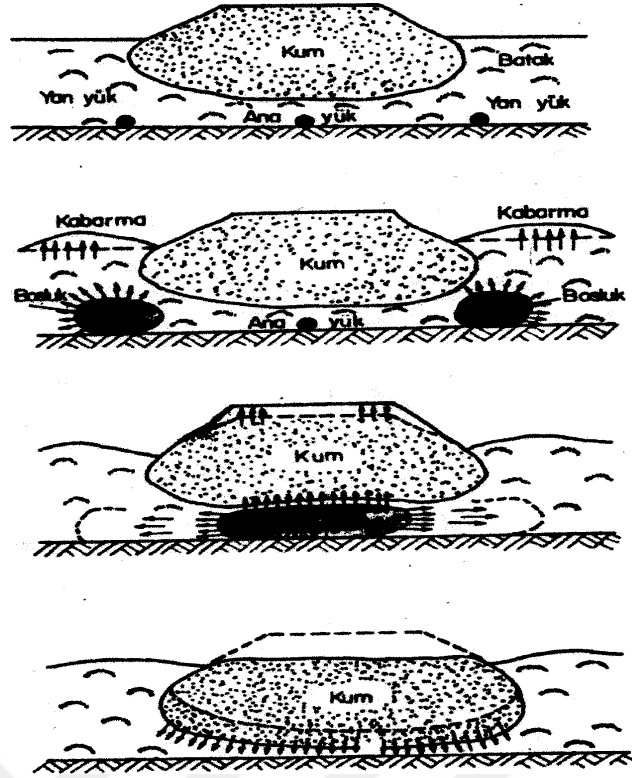
Patlayıcı etrafında küre şeklinde bir etki hacmi düşünülürse etki yarıçapı (R_E) (m),

$$R_E = K \sqrt[3]{C} \quad (1)$$

Şeklinde ifade edilmektedir. Etkili yarı çap, içinde oldukça üniform sıkıştırmanın gerçekleştiği yarı çap olarak tarif edilebilir. Burada K bir sabit, C ise kg olarak ve TNT eşdeğeri olarak patlayıcının miktarıdır. Patlama sonucu etkili yarıçap içinde sıvılaşma olur ve bu sıkıştırmanın esasını teşkil eder. Ortalama bir değer olarak başlangıç hesaplarında $K=2.8$ kullanılabilir.

Patlatma tasarımında üç boyutlu tesir küreleri göz önüne alınarak üç boyutlu patlayıcı ara mesafeleri hesaplanır. En üst sıra patlayıcılar etkili yarıçaptan daha derine (zemin yüzeyinden) yerleştirilmezse zemin yüzeyinde krater oluşur ve istenmez. Zeminin tabii ortalama izafi sıklığına göre sıkıştırma ve oturmalar fark göstermektedir. Patlatma projelerinde düşey birim boy kısalma % 2-10 arasında değişmektedir.

Tekrarlı ve gecikmeli (1-5 sn) patlatmalar; tek bir büyük veya çok sayıda aynı anda patlamadan daha tesirli olmaktadır. Doygun olmayan katmanların önce doyurulması gerekmektedir. Lös zeminlerde bu yöntemin başarı ile kullanıldığı bilinmektedir. Patlatma yönteminin bataklıkta uygulama örneği Şekil 2.7'da gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Bataklıkta patlatma yöntemi ile dolgu yerleşimi.

Bu yöntemin üstün olan tarafı, diğerlerinde mümkün olmayan derinliklerde etkin olabilmesidir. Derinliği 40 m'yi bulan noktalarda 30 kg'lık yüklerle atım yapılmakta ve başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Kalınlığı 20 m ye varan gevşek granüler zeminler %70-80 relatif sıkılığa kadar sıkıştırılabilmektedirler. *Yöntem yerleşme bölgelerinde uygulanamamaktadır.* Zemin yüzeyinde patlatmayı izleyerek kraterlerin belirmesi sıkıştırma etkisinin ani olduğu kanısını uyandırabilse de bazı kitlelerin sıvılaşmayı izleyerek birkaç günden birkaç haftaya varan sürelerde dirençlerini kazanabildikleri görülmüştür.

Arazi uygulamasında, öncelikle bir boru çakma, yıkama ya da titreşimle istenilen derinliğe indirilir. Sonra patlayıcı borunun dibine yerleştirilerek delik doldurulur, sırasına göre patlatma yapıldıktan sonra boru yeniden kullanılmak üzere dışarı alınır. TNT, dinamit, ammonit gibi patlayıcıların etkin olduğu bir başka durum su altındaki gevşek zeminin 1-3 m üzerinde yapılan atımlardır. 18 m su altındaki çakıllı kumda 2.5 m yükseklikte 20 kg'lık TNT atımında yüzeyin 25 cm çökertilebildiği bildirilmiştir. Lösslerde uygulanan patlatma yöntemi araziye su ile kapladıktan sonra 5 kg lık atımlar yapmaktır. Etkinin yerel olması için arsanın kenarlarına birkaç metre derinlik ve 50 cm eninde bir hendek kazıldığı gibi, suyun derine etkiyebilmesi için belirli noktalarda sondaj delikleri açılmaktadır. Patlatma ile kompaksiyon tekniği ucuzluğu, kolaylığı ve özel aletler gerektirmemesi açısından diğer birçok yöntemden üstün olup mümkün olan her yerde uygulanmasının pratik olduğu söylenebilir.

2.6 Enjeksiyon

Temel zeminin veya ana kayanın kayma mukavemetini arttırmak ve geçirgenliğini azaltmak amacı ile zemin ve kaya içerisine basınç altında çeşitli bileşimlerdeki karışımların enjekte edilmesine (basılmasına) “**enjeksiyon**” denmektedir. Ancak her ne kadar teçhizat benzerse de çok yaygın olan ve çatlaklı kayaların üzerine inşa edilen barajların sızdırılmazlığını sağlamak amacı ile yapılan enjeksiyon, temel mühendisliğindeki uygulamalardan farklılık arz eder. Enjeksiyonla sağlamlaştırılmada, zemine enjekte edilen enjeksiyon harcındaki tekil danelerin konumunu sabitleştirmesinden dolayı toplam sistemde sürekli artan bir deformasyon direnci elde edilir. Sağlamlaştırılan alt zeminin dayanımı, herhangi bir işlem görmemiş zemin ile basıldıktan sonra sertleşen enjeksiyon harcının özelliklerine bağlıdır. Fakat zeminin dayanımı her iki bileşenin (zemin + enjeksiyon harcı) özelliklerinden belirlenemez. Ancak başarılı bir sağlamlaştırmaya tabi olan zeminin dayanımı; enjeksiyonda kullanılan maddenin dayanımından daha yüksektir.

2.6.1 Temel Enjeksiyon Uygulamaları ve Amacı

Temel enjeksiyonu uygulamanın başlıca amaçları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

1. Aşırı oturmaları önlemek amacıyla boşlukları doldurma,
2. Yeni yapılar veya mevcut yapıların büyütülmesi halinde zeminin emniyet gerilmesini artırma,
3. Yeraltı su akımını kontrol altına alma,
4. Hafriyatlarda veya kazık çakımı gibi işlemlerde gevşek veya orta gevşek kohezyonsuz zeminin oturmasını önleme,
5. Tünel kazıları sırasında yer değiştirmeleri (yüzey/yüzey altı) kontrol etme,
6. İksa ile ilgili problemlerini çözmek amacı için zemin güçlendirmesi,
7. Kazıkların düşey ve yatay kapasitelerini artırma,
8. Sıvılaşmaya karşı gevşek kum tabakalarını taşlaştırma,
9. Temeli alttan destekleme işleri,
10. Şev stabilizasyonu,
11. Şişen zeminlerin stabilizasyonu

Enjeksiyon karışımının cinsi doğrudan ıslah edilecek zemin dane çapı ile ilgilidir. Çimento, kireç ve bentonit gibi daneli karışımlar çakıl dane boyutundan orta kum boyutuna kadar olan zeminlerde kullanılabilir. İnce kum ve siltlerin enjeksiyonunda kimyasal eriyikler kullanılmalıdır. Kil zeminlerin enjeksiyonla ıslahı mümkün değildir. Sadece, kil içerisinde belli başlı fisürler ve kuruma çatlakları doldurulabilir.

Daneli karışımların kullanılmadığı durumlarda kimyasal eriyikler kullanılır. Bugün en çok kullanılan kimyasal maddeler silikatlar, krom-lignin, reçine akrilamid ve polüretandır. İyileştirilecek ortamda %20 den fazla silt ve kil boyutunda danelerin olması halinde;

1. Arazi bilgilerinden sondaj deliklerinin yerleri belirlenir.
2. Eğimler ve enjeksiyon derinlikleri kararlaştırılır.
3. Ortam özellikleri dikkate alınarak enjeksiyon sıvısının özellikleri belirlenir.
4. Çalışma programı belirlenerek titizlikle takip edilir.

Enjeksiyonun en çok uygulandığı alan kuşkusuz baraj temelleridir. Alüvyonlu zeminler ve gözenekli kayalarda baraj güvenliğinin korunması için enjeksiyon programının uygulanması zorunlu olur. Ülkemizde birçok projede başarı ile uygulanan bu yöntemde DSİ hayli başarılı ve tecrübelidir. En çok kullanılan enjeksiyon malzemesi; çimento türleri, bentonit, silikatlar ve son yıllarda rağbet bulan lignin, akrilamid, resorsinal, formol gibi kimyasal bileşimlerdir.

Enjeksiyon basınçlarının hangi düzeyde tutulacağı bugün bile tartışma konusudur. Ancak enjeksiyon sıvısının iyileştirme bölgesine girişini sağlamak için minimum basıncın katman yükü eşdeğerinden yüksek olması esas kural olarak kabul edilir. Enjeksiyon debisi sabit tutulursa basınç ortamının geçirimsizliği, sıvının viskozitesi ve sistemdeki yük kayıplarının fonksiyonu olur. Değişmez debi ideal çalışma şartları açısından istenirse de bazen yüzeydeki kabarma ve çatlama; ortamın bu hıza uygun olmadığına göstergesi sayılarak basınç düşürülür. Genel kural olarak açık enjeksiyonda her metre delik derinliği için 0.2 kg/cm^2 basınç uygulanır.

Geoteknik mühendisliğindeki enjeksiyon uygulama alanları şöyle sıralanabilir;

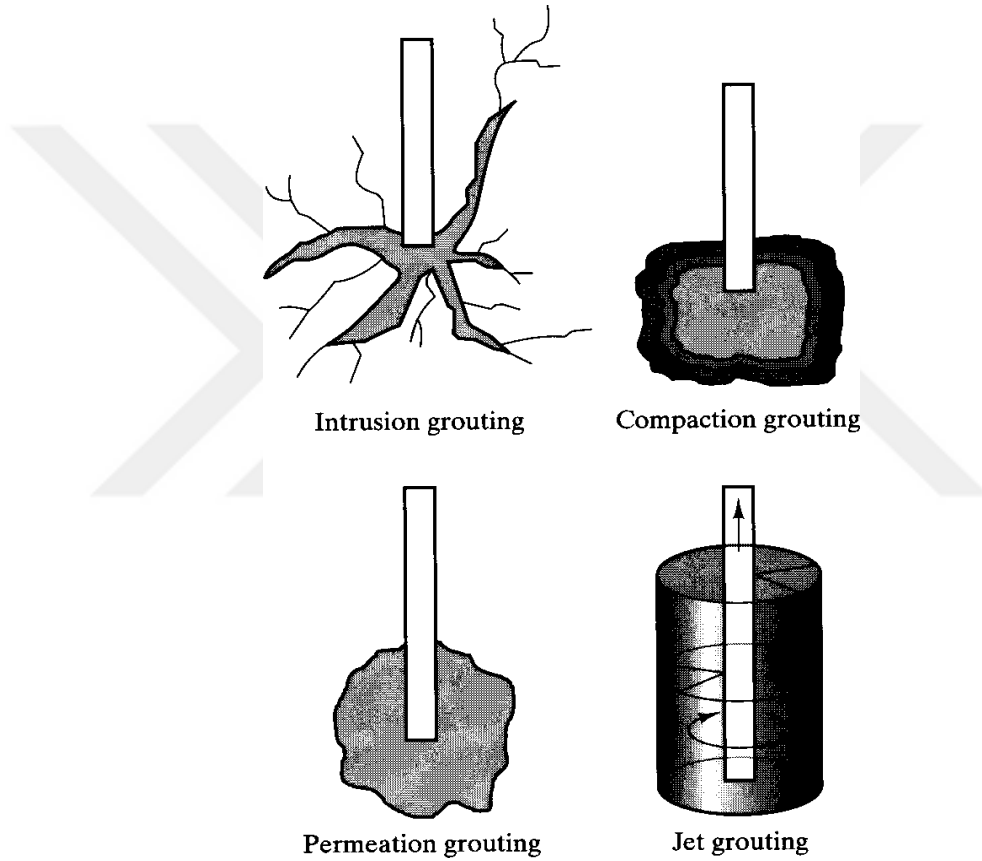
1. Geçirimsizlik perdelerinin teşkil ettirilmesinde (perde enjeksiyonu),
2. Aşırı oturmaların ve su kaçaklarının önlenmesi amacıyla boşlukların doldurulması,
3. Dinamit atımıyla gevşeyen temel kayanın üstkısımlarının sağlamaştırılması (konsolidasyon enjeksiyonu),
4. Yapı ile ana kaya arasında kalması muhtemel boşlukların doldurulması (kontakt enjeksiyonu),

5. Tünel inşaatında, tünel aynasının stabilitesinin sağlanmasında ve üst tabakalarda kemerleme sağlamak amacıyla,
6. Temel çukuru duvarının stabilitesinin sağlanmasında,
7. Komşu temellerin takviyesinde veya oturmuş temellerin düzeltilmesinde

Enjeksiyon teknikleri 4 grup altında incelenebilir (Şekil 2.8):

2.6.1.1 Hidrolik Çatlatma:

Çimento esaslı harçla 10 kg/cm^2 basınçla zemin parçalanarak yapılır.



Şekil 2.8 Enjeksiyon teknikleri.(Welsh,1986)

Sokulum enjeksiyonu, Kompaksiyon enjeksiyonu, Geçirimsizlik enjeksiyonu, Jet enjeksiyonu

2.6.1.2 Deplasman ve Kompaksiyon Enjeksiyonu (Sıkılama Enjeksiyonu):

Zemini tamamen deplase (yer değiştirme) ederek enjeksiyon malzemenin zemine sokulması suretiyle yapılan enjeksiyondur. Gevşek zeminleri sıkıştırmak ve birim hacim ağırlığını arttırmak için zemin-çimento harcı 35 kg/cm^2 lik basınçla zemine enjekte edilir.

2.6.1.3 Permeasyon Enjeksiyonu (Geçirimsizlik Enjeksiyonu):

Danelerin konumunu bozmadan, daneler arası boşluklara girerek zemin hacmini ve yapısını değiştirmeden yapılır. Kullanılan enjeksiyon harcı; zeminin dane çapına ve geçirgenliğine bağlı olarak silikat veya reçine esaslı olarak seçilir.

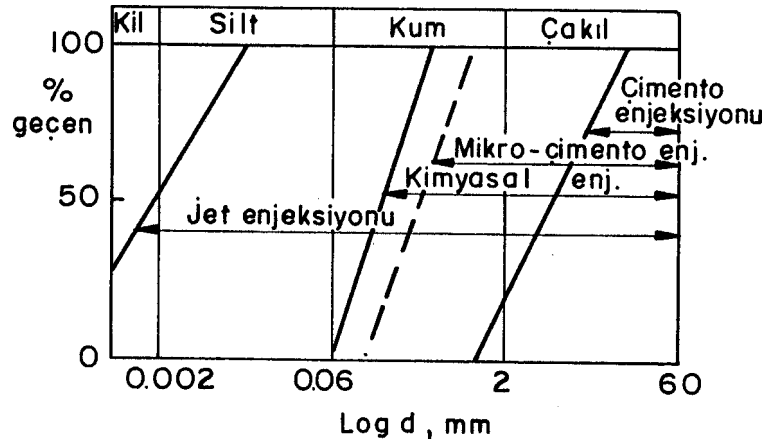
2.6.1.4 Jet-Grouting (Jet Enjeksiyonu) :

Temel altı zeminin iyileştirilmesi ve temel yüklerinin daha derindeki sağlam zeminlere aktarılması amacıyla yapılır. Uygulama delme ve püskürtme olarak iki aşamadan ibarettir.

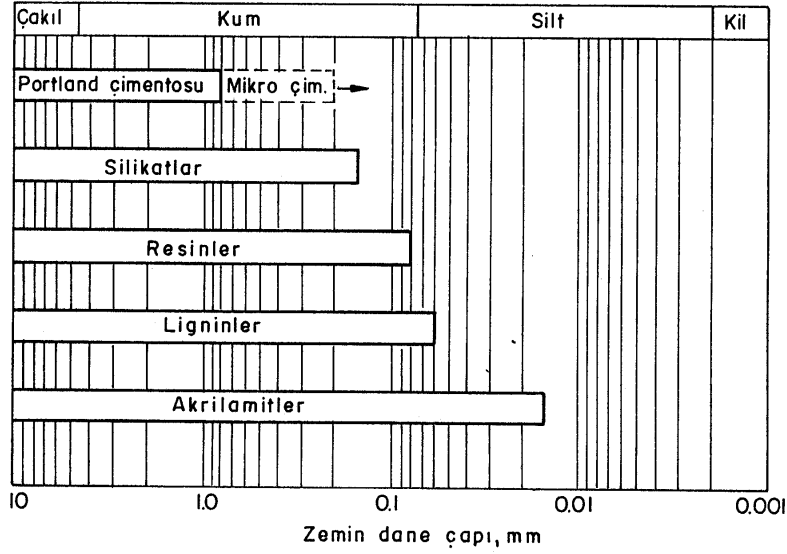
2.6.2 Permeasyon Enjeksiyonu :

Parçacıklardan oluşan enjeksiyon malzemeleri veya çok çeşitli kimyasal enjeksiyon malzemeleri kullanılarak yapılmaktadır. Hedeflenen amaç zeminin daneleri arası boşlukları doldurmak olduğundan enjeksiyon malzemesi; zeminin dane çapı göz önünde bulundurularak seçilir. En yaygın daneli enjeksiyon malzemesi çimentodur. Toprak veya kil ve bunların çimento ile karışımları da kullanılır. Çimento; katkılı veya katkısız daha ince mikro çimento olabilir. Çimentonun dane çapı Şekil 2.9 ve Şekil 2.10’da görüldüğü gibi ancak kaba kumların ve daha kaba zeminlerin daneleri arasına girmeye uygundur.

Su-çimento oranları 0.5/1 - 6/1 arası değişir. Mikro çimento ile ince kumlara girmek son senelerde mümkün olmuştur. Kum-çimento, kil-çimento karışımları kaba daneli zeminlere girebilir. Daneli karışımlar genel olarak orta ve kaba kumlardan daha ince dane çapına sahip zeminlere permeasyon enjeksiyonu olarak giremezler. Bu yaklaşık olarak 5×10^{-4} cm/sn’lik bir permeabiliteye karşı gelmektedir.



Şekil 2.9 Çeşitli enjeksiyon yöntemlerinin dane çapına göre uygunluğu.



Şekil 2.10 Çeşitli enjeksiyon malzemelerinin zeminlerin dane çaplarına girebilme limitleri (Önalp,1983)

Hangi enjeksiyon malzemesinin hangi zemine girebileceği aşağıdaki enjekte edilebilirlik oranları ile gösterilmektedir:

$$D_{15}(\text{zemin}) / D_{85}(\text{enjeksiyon malz.}) < 24 \text{ enjeksiyon düzgün olarak mümkün}$$

$$< 11 \text{ enjeksiyon mümkün değil}$$

$$D_{10}(\text{zemin}) / D_{95}(\text{enjeksiyon malz.}) < 11 \text{ enjeksiyon düzgün olarak mümkün}$$

$$< 6 \text{ enjeksiyon mümkün değil}$$

Burada D_{xy} zeminin ve enjeksiyon malzemesinin yüzde xy'sinin daha ince olduğu dane çaplarına karşı gelmektedir.

İnce dane oranı %10 dan az olan zeminlere kimyasal solüsyonlar permeasyon enjeksiyonu olarak uygulanabilirler. İnce dane oranı %15'ten fazla ise etkili bir kimyasal enjeksiyon zor olabilir. İnce dane oranının %20 den daha fazla olması halinde permeasyon mümkün olamayacaktır.

İnce dane oranının yüksek olduğu zeminlere kimyasal enjeksiyon malzemeleri hidrolik çatlatma ile enjekte edilebilmektedir. Kimyasal enjeksiyon malzemelerinin kullanımı yer altı suyu ve çevre kirliliği açısından kısıtlanmaktadır. En zararsız görülen silikatların kullanıldığı enjeksiyon bölgelerinde suyun PH değerinin 8.6'dan küçük olması istenmektedir. Bunun için alkali olmayan

silikat karışımlar geliştirilmiştir (Silika-sol solüsyonları) Şekil 2.10'da zeminlerin dane çapına göre permeasyonu sağlayan çeşitli kimyasal enjeksiyon malzemeleri görülmektedir.

2.6.3 Kompaksiyon Enjeksiyonu

Kompaksiyon enjeksiyonu zemini deplase (yerdeğiştirme) ederek katı enjeksiyon malzemesinin zemin içine yerleştirilmesidir. Zemin hem enjekte edilen malzemenin etrafında hacim değişikliğine uğrayıp sıkışacak hem de enjeksiyon malzemesinin (genellikle beton) desteğini alacaktır. Kompaksiyon enjeksiyonu malzemeleri katı veya düşük kıvamlı (0-5 cm çökme) çimento, kum veya kil ve su karışımı malzemelerdir. Plastiklik ve enjeksiyonlanabilme özelliklerinin artımı için katkı malzemeleri kullanılmaktadır. Enjeksiyon malzemesi içinde kullanılan agrega; %100'ü, 8 nolu elekten geçen bir kum olmalıdır. 200 nolu elekten geçen malzeme, %10 ila %30 arası değişir. Kompaksiyon enjeksiyonu tasarımı, enjeksiyon sırasını, bir delikteki enjeksiyon işlemlerini kapsmalıdır. Yöntem, genellikle binaların kaldırıp doğrultulması gibi alttan destekleme işlerinde kullanılır.

Enjeksiyon, yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarıya yöntemlerinden biri takip edilerek yapılır. 1-2.5 m aralıklarla ilerlenir ve refü alınıncaya kadar karışım pompalanır. Her iki yöntemin avantaj ve dezavantajları vardır. Basınçlar bazı hallerde 4500 kPa'yı geçer

(Genellikle 1000-3000 kPa). Pompanın tipi ve pompalama hızının kontrolü kompaksiyon enjeksiyon yönteminin esasıdır. Pompalama hızı basınç miktarı ve basıncın yükselme hızı ile ilişkilidir ki bunlar;

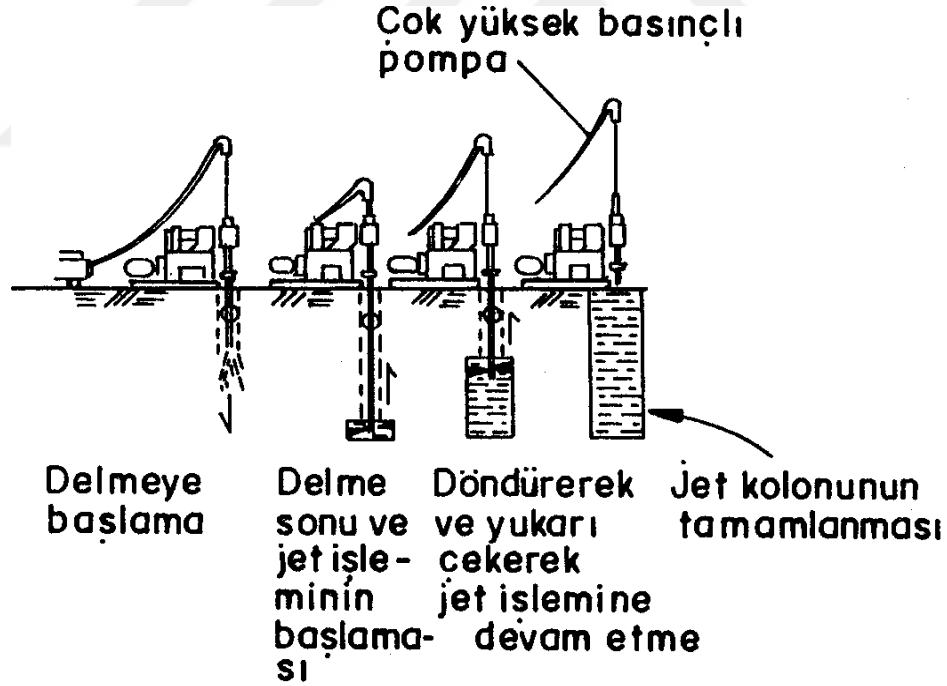
- a)Zemin Tipi,
- b)Sıkıştırma Derecesi,
- c)Su Muhtevası,
- d)Enjeksiyon Derinliği,
- e)Zemin ve Yapıdan Kaynaklanan Çevre Basınçlarına Bağlıdır.

Uygulamada; Enjeksiyon alan zeminlerin 3-14 lt/dak. dan 3000 lt/dak. arasında geniş bir aralıkta değişebildiği görülmektedir.

2.7 Jet Enjeksiyonu

Bu yöntemde yüksek basınç altında (700 kg/cm ye kadar) çok küçük deliklerden pompalanan enjeksiyon malzemesi zemini bıçak gibi keserek zemin içinde silindirik kolonlar oluşturmaktadır. Kazığa benzeyen bu kolonlar zeminin taşıma kapasitesini artırmakta ve sıkışabilirliğini azaltmaktadır. Birbirleri ile yan yana kesleştirildiğinde sızdırmazlık perdeleri oluşturulabilmektedir. Zemin, enjekte edilen malzeme ile karıştırılmakta bazı uygulamalarda ise karıştırılmayıp sondaj daimi devir sistemi ile tamamen veya kısmen dışarı çıkartılmaktadır.

Enjeksiyonda; tekli, çiftli ve üçlü sistemler bulunabilmektedir. Tek bir boru hattından çimento ve su karışımından oluşan basınçlı enjeksiyon malzemesi verilebileceği gibi birbirinin içinden geçmeli üç borudan hava, su ve çimento karışımı ayrı ayrı ve değişik enjeksiyon basınçlarında verilebilmektedir. Su ve hava karışımları yüksek basınçlarda özellikle sert zemini gevşetmeye ve kazmaya yaramaktadır. Enjeksiyon basınçları ise aynı sistemin içinde daha düşük tutulmaktadır. Basınçlar arttıkça ve sistem çok borulu hava-su karışımlarına gittikçe zemin tipine göre jet enjeksiyonu kolon çapları da büyüebilmektedir. Bazı Japon yöntemlerinde 3.5 m'ye kadar olan kolon çaplarında imalat yapılmaktadır. Şekil 2.11' de yöntem ile ilgili safhalar gösterilmektedir.



Şekil 2.11 Jet Enjeksiyonu Yapım Yöntemi

Jet enjeksiyonu yöntemi, mevcut yapıların alttan desteklenmesi, tünellerin, açık kazılar, kanallar ve barajların geçirimsizliğini sağlamak üzere duvarlar yapılması, kazı ve şaftlarda destek sağlanması,

yeni yapılar, dolgular ve istinad yapıları için temel zemin ıslahı ve heyelanların stabilizasyonu alanlarında kullanılmaktadır.

2.7.1 Jet Enjeksiyonunun Avantajları ve Dezavantajları

Jet Enjeksiyonunun Avantajları:

- a)Jet enjeksiyonu; çakıl, kum ve killerin stabilizasyonu, temiz su ve çimento kullanılarak, daneler arasındaki boşluklara girme yöntemiyle yapılabilir.
- b)Geniş çaplı kolonlar (50-300 cm) küçük delme deliğinden (9 cm) başlanarak oluşturulabilir.
- c)Odun kazık engeli kolayca geçilebilir yada çimentolanmış zemine birleştirilebilir.
- d)Monitörün esnekliği müteahhide yapıların inşasında değişik şekillerde genel amaca bağlı kalarak uygulamada kolaylıklar sağlar. Bu, yöntemin yatay yönde ve her çeşit eğik dikdörtgende uygulanması mümkündür.
- e)Enjeksiyon malzemeleri çok basit "akışkan" dır. Minimum bir maliyet yüksek kullanım hacmine sahiptir. Sıvı harç geniş alana yayılmaz. Bu nedenle bu metot nispeten ekonomiktir.
- f)Bu metot uygulanırken titreşim ve gürültü oluşmaz.

Jet Enjeksiyonunun Dezavantajları:

- a) Metot hala gelişme safhasındadır. Ekipmanların maksimum kullanımıyla ilgili çıkan önemli problemlerin hala yaşanması dezavantajdır. Bazı tarihi yapıların desteklenmesindeki maliyetinin önceden belirlenmesinin çok zor olması metodun dezavantajıdır.
- b) Tasarı prosedürü daha önce edinilen tecrübelerden çıkarılan deneyimsel gözlemlere oturtulmuştur. Çünkü teknolojinin acemiliği ve teoriksel çözümlemenin eksikliğinden dolayı tasarımın hala gidebildiği yer tasarımın metoduna kalmıştır. Elde edilebilen tasarım grafiği sadece zemin cinsini kaba dizi şeklinde gösterebilmektedir.

2.7.2 Jet Enjeksiyonu Yöntemindeki Ön Çalışmalar

1. Çalışma sahasının hazırlanması: İnşaat sahası ve yolları makine ve personelin verimli çalışarak Planlanan Günlük imalat miktarlarının yapılabilmesi ve imalat Kalitesine ulaşılabilmesi için

düzgün ve kuru tutulmalıdır. Delgi makinesi, paletli vinç, beton mikseri, beton pompası ve diğer ağır iş makinelerinin 10 cm'den fazla batmadan çalışmalarına imkân sağlayacak biçimde düzeltilip, sıkıştırılmalıdır. Dolgular delme işini zorlaştırmayacak uygun malzemelerle yapılmalıdır. Çalışma sahasında uygun yüzey drenaj sistemi tesis edilerek platformun kuru kalması sağlanacaktır. Foraj malzemesi ve yeraltı suyu sürekli olarak sahadan uzaklaştırılarak çalışma sahasının bozulması önlenmelidir.

2. Zemin bilgileri: Uygulama projeleri ve yapım yöntemleri elde edilen zemin parametrelerine göre belirlenmelidir.

3. Çevre bilgileri: Yer altında ve üstündeki delmeyi (sondajı) zorlaştıran beton ve çelik engeller, altyapı kanalları resmi kuruluşlara yazılı tespit yaptırılarak kaldırılmalıdır.

4. Malzeme: Gerekli olan malzemeler, çimento, su zaman zaman ilave olarak bentonit, kum ve katkı malzemeleridir. Çimento; torbalar halinde, büyük miktardaki işlerde silodan alınarak ölçü nispetinde katılır. Önemli olan belirlenen ağırlıkta çimentonun teminidir. Enjeksiyon işlerinde PÇ 32.5 çimento kullanılabilir. Bentonit; bazı karışımlarda ilave olarak katılır ve çimento ağırlığına göre daha önceden belirlenen oranda sıvı olarak uygulanır. 12 saat önce su ile karıştırılan bentonit şişer, çamur haline gelir. Yoğunluğu ve viskozitesi ölçülerek katılacak konumda muhafaza edilir. Karışımdaki su miktarı azaltılarak yerine bentonit çamuru girmiş olur. Su; katkısız, asitsiz ve yeterli oranda bulundurulmalıdır. *Kimyasal analizi yapılmış temiz su kullanılmalıdır.* Katkı malzemeleri; çimento enjeksiyonunda su + çimento yeterlidir. Enjeksiyon karışımına; zeminin alış durumuna göre bazen uçucu kül, priz hızlandırıcı, sodyum silikat vb. gibi özellikte kimyasal katkılar katılabilir. Ekipman: Ortamın zemin veya kaya olmasına göre, uygun bir delici makine ve ilgili delici uç, matkap, vidye, tij, su başlığı gibi ekipman kullanılır. Enjeksiyon istasyonu ekipmanları olarak mikser, dinlendirici, pompa, su tankı, çimento silosu, basınç göstergeleri, vanalar vbg. ekipman, su saati kullanılır. Enjeksiyon uygulama ekipmanları olarak gidiş-dönüş hattı, hortumlar, packerler, kurt ağzı vbg. ekipmanlar kullanılır.

5. Enjeksiyon karışımı: Enjeksiyon karışımı belirli orandaki suyun ve çimentonun mikserde birleştirilmesiyle oluşur. Uygulama alanına göre su/çimento oranı ayarlanır, çok miktarda hacim dolacaksa, pompanın basmasının mümkün olduğu oranda (%25-40) kum katılır. Geçirimsizlik ve ince çatlakların doldurulması bentonit karışımı ile sağlanır. Mikserde hazırlanan enjeksiyon karışımı, dinlendiriciye alınır ve oradan pompa vasıtasıyla hortumlar ile kuyuya verilir.

6. Enjeksiyon şekli (paterni) ve enjeksiyon uygulaması: Projede belirlenen yere, teknik bilgiler vasıtasıyla hazırlanan enjeksiyon karışımı basılır. Bunun için: delici makine ile açılan kuyu içine bırakılan tij+matkap ucundan zemine enjeksiyon karışımı basılır. Projeye göre tatbik noktası üzerinde kuyuya packer yerleştirilerek, enjeksiyon karışımının zemine girmesi sağlanır. Zemin enjeksiyon karışımına doyunca, packer daha yukarı alınarak enjeksiyon karışımının daha üst seviyelere verilmesi sağlanabilir. su/çimento oranı 3/1 gibi ince karışım olarak başlanabilir, sonra 1/1 ve 1/3 gibi kaba karışıma gerekirse kum ilave edilerek, zeminin dolmasına gayret edilir. Bahsedilen tek kademeli packerli aşağıdan yukarıya metodunun yanı sıra çift packerli uygulama da yapılabilir. Yukarıdan aşağıya kademeli yöntemle zemini iyileştirerek daha derinlere inmek mümkündür. Zeminin doymasına enjeksiyon refüsü denir ve karışım geri dönerek, enjeksiyon istasyonuna alınır. İnce karışım ile başlayarak, kaba karışıma geçmek, refüden sonra ince karışım tatbiki ile enjeksiyonu tamamlamak tercih edilir.

7. Enjeksiyon çeşitleri ve katkıları: Zemin iyileştirmesinin durumuna göre farklı malzemelerden oluşan değişik orandaki karışımlar tatbik edilebilir. Bunlar enjeksiyon için değişik karışımları gerektirir. Enjeksiyon çeşitleri şunlardır:

- Kontak enjeksiyonu, konsolidasyon enjeksiyonu, örtü enjeksiyonu, dolgu enjeksiyonu, boru enjeksiyonu, harç enjeksiyonu;
- Kimyasal enjeksiyon, yüzey enjeksiyonu, epoksi enjeksiyonu, bentonit enjeksiyonu, katkıli özel enjeksiyon;
- Özel enjeksiyon.

8. Uygulama kayıtları: Enjeksiyon karışımının zemine tatbiki ile ilgili her türlü malzeme ve davranış kayıtları yapılır. Enjeksiyon formu adı verilen bu belgede, başlama-bitiş zamanları, delici makine sondaj bilgileri, packer yerleştirme kotları, karışım oranları ve verilen miktarları, enjeksiyon ekipman adları ve özellikleri, sarf edilen malzeme (su, kum, çimento) miktarları, enjeksiyon basınçları, enjeksiyon şekil (patern) bilgileri gibi her türlü bilgi bulunmalıdır. Doldurulan enjeksiyon formlarının birlikte değerlendirilmesiyle, plan ve kesitte enjeksiyon alışı durumuna göre zeminin son durumu belirlenir. Enjeksiyon tamamlandıktan sonra, uygulama alanının plan ve kesitlerine işlenmiş enjeksiyon aksları, zemin iyileştirmesinin konumu, maliyeti vb. gibi her türlü bilgi toplanır.

2.7.3 Jet Enjeksiyonu Yönteminin Uygulanması

Delme; delme sırasında kuyu ağzının yer altı su seviyesinin üzerinde olması çalışılabilme kolaylığı açısından tercih edilir. Delme işleminin çeşidi, delinecek zeminin özelliklerine bağlı olarak seçilir. Buna göre de bilinen tüm rotary ve darbeli-rotary metotlarının hepsi kullanılırsa da Down the Hole çekiçler enjeksiyon aşamasına çok uygun düşmemektedir. Darbeli-rotary metodunun en yaygını da harici çekiçli sistemlerdir (Top hammer). Delme işleminin kolaylaştırılması, uç takımının soğutulması ve zeminin enjeksiyona ön hazırlanması maksadıyla delme sırasında çok çeşitli akışkanlar kullanılmaktadır. Bunlar su, hava, bentonit şerbeti, çimento şerbeti (enjeksiyon) olabilmektedir. Uç takımı olarak, yumuşak karakterli zeminlerde genellikle kil bitleri, sert karakterlere ise "tri cone" bitler ve bloklu zeminlerde DTH elemanlar kullanılmaktadır. Bağlantı manşonlarında 600-700 bar basınca dayanıklı sızdırmazlık elemanları ve delgide 90 mm çapında tijler kullanılır.

Enjeksiyon: Projede belirlenen derinliğe ulaşıldığında, delme ve su (akışkan) basma işlemi durdurulur, çelik bir bilya delme borusuna yollanacak enjeksiyonun yönü "monitör" diye adlandırılan ve jet enjeksiyon nozzle' larını taşıyan takıma çevrilmiş olur. Yüksek basınçlı enjeksiyon pompalanmaya başlanır ve enjeksiyon fazı başlamış olur. Yüksek basınç, enjeksiyona, nozzle' lardan geçerken yüksek hız kazandırır. Yüksek hızlı enjeksiyon, zeminin doğal yapısını yırtarak doğal zemine karıştırır. Delici takımın dönel hareketi sayesinde bu karışım daire kesitli bir kolon formunda oluşur ve bu yolla doğal zeminden çok farklı mekanik değerlere sahip bir karışım (soilcrete) elde edilmiş olur. Delici takımın dönme hareketi, önceden belirlenmiş ve sabit bir hızla çekme hareketi ile birleşince düşey kolonlardan oluşan bir yapı oluşturulur. Kolonların yerleştirilmesi ve imalat toleransları;

1. Jet enjeksiyonu zemine işaretlenmesi uzman ölçüm ekibi tarafından tek tek yapılacaktır.
2. Tüm Jet enjeksiyon kolonlar, uygulama projelerinde gösterilen merkez konumlarından en fazla 75 mm mesafe içinde kalacak şekilde oluşturulacaktır.
3. Jet enjeksiyon kolon deliğinin oluşturulması esnasında, delgi ucu mümkün olduğunca düşey bir konumda tutulacak ve düşeyden sapma 1/50'den daha fazla olmayacaktır.
4. Jet enjeksiyonun projede istenilen anma çapını elde etmek için gerekli imalat parametreleri test kolonları oluşturularak belirlenir.
5. Jet enjeksiyonların yerleştirme sırası daha önce yapılmış olan kazıkları yerlerinden yatay ve düşey doğrultularda minimum derecede hareket ettirecek şekilde olacaktır.

6. Bir jet enjeksiyon bitiminden en az 24 saat geçmeden 3 m çevresinde delgi yapılmayacak, imalat atlamalı olarak sürdürülecektir.

Malzemeler;

1. Çimento: İmalatta, 28 günlük basınç mukavemeti 325 Kg/cm² portland çimentosu kullanılacaktır.

2. Su: Enjeksiyon karışımında kullanılacak su, tortu ve yabancı katı maddelerden arındırılmış, çimentoya zarar vermeyecek tatlı su olacaktır.

Makine ve ekipmanlar: Jet enjeksiyon ekipmanı ve ilgili aksesuarları yukarıda tarif edilen JET 1 ve JET 2 yöntemlerinin her ikisini de yapabilecek kapasite ve nitelikte olacaktır. Seçilen ekipman gerektiğinde zeminin kabarmasına mani olmak veya istenen kazık çap ve mukavemetine ulaşmak üzere "prewashing" (ön yıkama) gerçekleştirilebilecek nitelikte olmalıdır.

Jet enjeksiyon ekipmanı aşağıdaki ekipmanlardan oluşacaktır;

1. Delgi makinesi: Uygulama projesinde öngörülen derinliğe kadar delgi yapabilecek ve Jet enjeksiyon kolon teşkil edebilecek kapasitede delgi makinesidir.

2. Pompa ünitesi: Jet enjeksiyon karışımını istenen çapta Jet enjeksiyon kolon teşkil edebilecek basıncı verebilecek pompadan oluşacak Jet enjeksiyon ünitesidir.

3. Mikser ünitesi: Jet enjeksiyon karışımını istenen karışım oranında elektronik olarak tartarak karıştırarak mikser ve dinlendiriciden oluşan, Jet enjeksiyon pompa ünitesini beslemeye yeterli kapasitede mikser ünitesidir.

4. Çimento silosu: Dökme çimento depolayabilen ve Jet enjeksiyon mikser ünitesini yeterli düzeyde besleyecek çimento silosu ve konveyörüdür.

5. Su tankı: 15-25 ton kapasiteli sağlam su tankı-havuzu ve su pompası olmalıdır.

6. Diğer ekipmanlar: 12 bar basınçlı kompresör, olası elektrik kesintilerini dikkate alarak 50KVA'lık bir jeneratör ve kaynak makinesi bulundurulmalıdır.

2.7.4. Temel Jet Enjeksiyonu Teknikleri

Jet enjeksiyonu: Anlam olarak, çeşitli türden bağlayıcı materyalin yüksek hızla ve önceden belirlenmiş miktar ve dozda zemine enjekte edilmesidir. Bu işlem için değişik yöntemler vardır.

Jet 1: En basit ve yaygın kullanılan tekniktir. İlk olarak 70'li yılların başında Japonya' da, 70'lerin ortalarında ise İtalya' da denenmiştir. Delme-enjeksiyon takımı tek çeperli bir borudan ibaret olup,

enjeksiyon bu borudan 300-600 kg/cm (bar) basınçla basılır. Bu metotla oluşan kolonlar zemin türlerine ve parametre aralıklarına göre yaklaşık olarak killi zeminlerde 600-800 mm, kumlu-çakıllı zeminlerde 1000 mm olarak oluşur.

Jet 2: Çift çeperli bir boru takımının delici olarak kullanıldığı, çift akışkan kullanılan metottur. Enjeksiyon orta borudan, basınçlı hava (8-12 bar) dış borudan geçer. Basınçlı hava, JET 1'deki kinetik enerji sürtünme kayıplarım kısmen azalttığı için, bu metotla oluşan kolon çapları Jet 1' e kıyasla % 60-80 daha büyük olur.

Jet 3: İç içe 3 borulu takım kullanılan bu metotta, 400-600 bar basınçlı su ortadaki borudan, 8- 12 bar basınçlı hava ara borudan, tıpkı Jet 2 deki gibi, (nozzle)' lardan basılır. 30-80 bar basınçlı enjeksiyon ise en dış borudan ayrı bir delik' den, su-hava karışımı içine enjekte edilir. Soilcrete kolonlarının çapları bu metotla 2 m'nin üzerine kadar çıkar.

2.7.5 Çalışma Parametreleri

Çalışma parametreleri; zemin özelliklerine, elde edilmek istenen kolon çapına, kolonun taşıma kapasitesine ve seçilen jet enjeksiyonu yöntemine göre seçilir. Değişik çalışma parametreleri ve bunların elde edilecek sonuca etkileri aşağıdaki verilmiştir:

Basınç: Genel olarak enjeksiyon basıncının çalışma aralıklarına göre, jet enjeksiyon işleri sınıflandırmaktadır.

- 200-250 bar aralığında çalışma ----- *Düşük Basınçlı*
- 300-400 bar aralığında çalışma ----- *Orta Basınçlı*
- 400- 700 bar aralığında çalışma -----*Yüksek Basınçlı*

Yapılmak istenen çapın oluşmasında; basınç en önemli bir parametredir. Basınç ile enjeksiyon jeti yarıçapında direk bir bağlantı vardır; basınç arttırıldığı zaman kolon çapı artar. Bununla birlikte aşağıdaki hususları da her zaman akılda tutmakta yarar vardır;

- Ulaşılmak istenen çapta homojen bir kolon elde etmek için basınç değeri gerekli fakat yeterli değildir, aynı çap ve homojenlikte kolon oluşması zaman faktörü ile de ilişkilidir.
- Bazı zemin şartlarında, basınç arttırmak, çapın artmasını sağlayamayabilir.

Dönme ve Çekme Hızı: Zemin materyali ile bağlayıcı materyalin (enjeksiyon) homojen bir karışım oluşturabilmesi için, takım dönüş hızı belirli bir değerden fazla olmamalı, takım çekme hızı da ıslah edilen bölgenin tamamında sürekliliği sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Dönüş hızı genellikle 10-20 devir/dk. değerleri arasında değişir, bazı özel durumlarda 30 devir/dk. ya kadar çıkabilir. Takım çekme işlemi iki şekilde olabilir;

1.Kademeli çekme

2.Sürekli çekme

Bu iki ayrı tip çekme metodu, genellikle delici makinenin imal yöntemine bağlı olarak seçilir. Bazı makinelerde sadece kademeli, bazılarında ise hem kademeli, hem sürekli çekme düzeneği bulunmaktadır. Kademeli çekmede, her kademe 4 cm ilerleme ve her kademede 6- 10 sn bekleme şantiye tecrübelerinde en iyi neticeyi sağlamıştır.

Çekme hızı, zeminin özelliklerine ve birim hacme enjekte edilecek enjeksiyon miktarına bağlıdır. Bağ dokusu kuvvetli olan kohezyonlu zeminler, jet huzmesinin gerekli yırtma işlemi ve homojen karışım oluşumunu sağlayabilmesi için genellikle daha uzun süreler gerektirirler. Dönme ve çekme hızı adaptasyonu; (optimizasyonu) ıslah edilecek zemine ve kullanılan jet enjeksiyon metoduna bağlıdır. Jet 2 ve Jet 3 metotları, daha büyük çaplar hedeflediği ve dolayısıyla ıslah edilen zemin hacmi daha büyük olduğu için, daha uzun sürelere ihtiyaç duyarlar.

Dozaj: Standart su/çimento oranı $s/\ç=1$, özgül ağırlığı ise $1410-1570 \text{ kg/m}^3$ tür. Bu oran seçilen metot, uygulanan ıslah yöntemi ve kolonların son mukavemetlerine göre değişebilir. Su geçirmez plastik enjeksiyon perde teşkili için karışımda bentonite kullanımı hali hariç, Su/çimento oranının, 0.7 nin altına inmesi uygun görülmez.

1 m³ ıslah edilmiş zemin içindeki çimento miktarı 350-700 kg/m³ arasında değişir. Genelde, bu değer ortalama 450 kg/m³ alınabilir.

Enjeksiyon karışımı içerisine bazı katkıları ilave etmek de mümkündür, örneğin yüksek debili zemin suyu bulunan durumlarda, %1-3 oranlarında sodyum silikat ilavesi tavsiye edilebilir.

2.8 Jet Enjeksiyonu Kolonlarının Yapılış Yöntemi

Jet enjeksiyonu ile yapılacak zemin ıslahının başarısı, uygulama parametrelerinin çok dikkatli seçiminde yatar. Bu parametrelerin seçim aralıkları ve tabloları önceki paragraflarda incelenmişti. Basınç değeri ve enjeksiyon süresi, ıslah edilecek doğal zeminin mukavemet değerine göre belirlenir.

Sık karşılaşılan olaylar; iki ayrı zemin tipine göre, aşağıda incelenmiştir.

Kil: Kil özellikli zeminlerde, düzgün bir kolon eldesi için, küçük çaplı nozzle kullanılmalıdır. Genellikle kullanılan nozzle adedi 2 olup, çapları ise 1.6-2.0 mm dir. Basınç 500-600 bar değerlerde ve yüksek, enjeksiyon debisi ise, sıkça rastlanılan zemin kırılmalarını engellemek amacıyla düşük tutulmalıdır.

Eğer zemin konsolide kil gibi, karışım oluşturması zor özelliklere sahipse, nozzle adedi bir'e düşürülmelidir. Bu yolla, yüksek basınçla elde edilen kinetik enerjinin (hız) sürtünme kayıpları kontrol altına alınabilir. Bu halde enjekte edilen enjeksiyon miktarı düşük ve kademede bekleme süresi uzun olmalıdır. Bu tür killi zeminlerde, kilin yoğunluğunu azaltmak maksatlı, 250-300 bar basınçlı su enjeksiyonu tavsiye edilir.

Çakıl (Daneli Zemin): Çakıllı ve genellikle granüler zeminlerde, işletme parametreleri killi zeminlere nazaran farklıdır. Enjeksiyon basıncı genellikle 400 ile 500 bar arasında, nozzle çapları ise 2,5-3 mm arasında tutularak, zemine daha fazla miktarda enjeksiyon malzemesi girmesi sağlanır. Bu genel kaideler, seçilen jetting sistemine uygulanmalıdır, Jet 1, Jet 2 veya Jet 3.

Jet 1; genellikle bir veya iki nozzle kullanılır. Unutulmamalıdır ki, az nozzle az enerji kaybı demektir. Küçük çaplı nozzle' lardaki enerji kaybı, jetin nozzle' in hemen çıkışında oluşturduğu bulutlanmadan kaynaklanır. Nozzle çapı arttırıldığı zaman bu bulutlanma da azalır.

Jet 2; çoğunlukla bir nozzle kullanılır. Bunun sebebi iki hava nozzle' lından birinin tıkanması halini operatörün fark etmesi çok zordur. Bu da metodun maksadına ulaşmasını tehlikeye sokar. Jet 2' de nozzle' ların çapı Jet 1'e nazaran daha büyüktür. 2,5- 4,5 mm Jet 2 metodunda zemin kırılma riski daha azdır.

Jet 3; Jet 2'deki önermeler Jet 3 için de geçerlidir.

Bir Jet Enjeksiyonu Kolonunun Mekanik Parametreleri Islah işlemi

- İki önemli sonuç sağlar;
- Direk etki, karıştırılmış zeminin mukavemeti artar.
- En direk etki, ıslah edilmiş hacim, bitişiğindeki işlem görmemiş zeminin özelliklerini de iyileştirir. Su/çimento oranı 1 ve ıslah edilmiş zemin içindeki çimento dozajı ortalama 450 kg/m³ olan, farklı tabii zeminlerde oluşturulmuş "soilcrete" lerin taşıma güçleri aşağıdaki gibidir;
- Organik içeriği çok zemin = 3 kg/cm² Kil = 18-30 kg/cm²
- Silt = 30-45 kg/cm² Kum = 60-90 kg/cm²
- Çakıllı (daneli) = 100 kg/cm²

Not: Organik içerikli zeminlerde çimento dozajı 450 kg/m³ den 700 kg/m³ e kadar çıkartılabilir, çünkü kullanılan çimentonun bir kısmı organik ortamda yer alan ve çimentonun bağlayıcılığını ortadan kaldıran asitlerin nötralizasyonunda harcanır.

Aynı su/çimento oranı ve çimento dozajlı Jet 2 kolonunun mukavemeti, Jet 1 kolonuna nazaran %10-15 daha düşüktür. Bunun sebebi, Jet 2 kolonunun içinde yer alan havadır. Yine aynı su/çimento ve çimento dozajlı Jet 3 kolonunun mukavemeti Jet 1 ve Jet 2 kolonunun mukavemetinden daha düşüktür, bu da Jet 3 metodunun içerdiği çok miktardaki sudan kaynaklanır.

Jet enjeksiyonun dolaylı etkisi kapsamında, ıslah edilmiş zeminin SPT değerleri doğal zemininkine ve diğer ıslah metotlarının neticesinde oluşan sonuca) nazaran %20-25 daha yüksektir

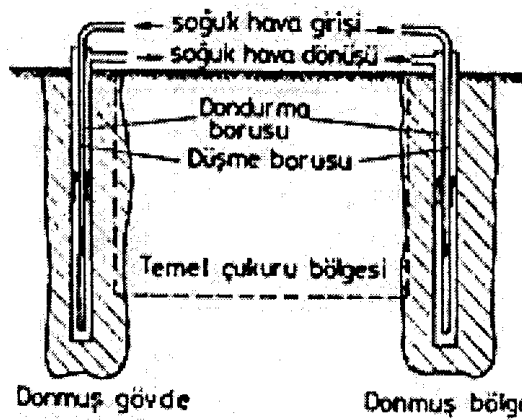
2.9 Isıl İşlemler

2.9.1 Dondurma

Dondurma yöntemi ilk defa yaklaşık 100 yıl önce uygulanmaya başlanmıştır. Bu metotta zemin içindeki su donuncaya kadar soğutulur. Böylece daha büyük dayanıma sahip geçirimsiz bir zemin elde edilir.

Donmuş zeminlerin kayma mukavemeti parametreleri donmamış zeminlere oranla daha yüksektir. Kısa süreli zeminin iyileştirilmesi gereken yerlerde bu yöntemden istifade edilebilir. Dolayısıyla dondurma yöntemi; şevlerin stabilitesinin kısa süreli sağlanmasında, temel çukurunun kuruda tutulması gereken durumlarda vbg. hallerde kullanışlı bir yöntemdir. Dondurulmuş zemin gövdesinin korunması için sürekli soğutmaya (enerji harcamaya) gerek vardır. Dondurulma yöntemi hemen hemen tüm zemin türleri için kullanılabilir. Kendini kısa süreli de olsa tutamayan zeminlerde açılacak temel çukurlarında veya tünel inşaatlarında boşluk suyu dondurularak kazı kesitinde geçici olarak stabilite sağlanır. Boşluk suyunun doldurulması ile oluşan buz mercikleri, zeminin kayma mukavemetini ve rijitliğini artırır. Dondurma işlemi, su muhtevası %50'ye kadar olan hemen hemen her cins zeminde uygulanabilmekle birlikte *maliyetler çok yüksektir*. Yeraltı suyunun hareketli olması halinde bu teknik uygulanamaz.

Dondurmanın teknolojisi, zemine sokulan dondurma boruları içinden soğuk taşıyıcı akışkan dolaştırılarak, zemin suyunun dondurulması prensibine dayanır. Zeminin dondurulması için iç-içe geçen iki borudan oluşan bir dondurma borusu kullanılır (Şekil 2.12) Soğuk taşıyıcı akışkan iç borudan gönderilerek dış borudan geri alınır. İç boru ile dış boru arasındaki dolaşım sonucu, dondurma borusu etrafındaki zemin dondurulur. Soğutma maddesi olarak



Şekil 2.12 Dondurmanın şematik gösterimi

genellikle amonyak veya karbon dioksit, soğuk taşıyıcı akışkan olarak da magnezyum veya kalsiyum klorür eriyiği kullanılır. Zemin destek ve kazı işlerinin yapılacağı yerlerde sondaj yöntemi ile delinir ve borular indirilerek dondurma tekniğinin tipine göre sistem kurulur. Planlı bir şekilde açılan delikler etrafında tekniğe göre belirli bir çapta donmuş zemin oluşur. Likit nitrojen veya karbondioksit kullanan sistemler birkaç saatte etkili olabildiğinden acil durumlarda tercih edilmektedir. Klasik soğutucu devrelerde günlerce veya haftalarca beklemek gerekmektedir.

Dondurma işleminde çoğunlukla, "*Poetsch işlemi*" olarak bilinen bir teknik uygulanmaktadır. Bu teknikte, amonyak veya freon gazı ile kalsiyum klorürlü su eriyiği soğutulmakta ve bu eriyik, sirkülasyon borularına gönderilerek zeminin donması sağlanmaktadır.

Dondurulmuş zemin yüksek bir basınç dayanımına sahiptir. Bu nedenle zemin dondurma metodu daha çok dikdörtgen temel çukurlarının daire veya elips biçiminde dönel don duvarı ile güvenlik altına alınmasında kullanılır. Yer darlığı ve öteki koşullar nedeniyle dönel donmuş zemin duvarının uygulanamaması durumunda aynı amaçla düzlemsel donmuş zemin duvarı da kullanılabilir.

Dondurma metodu, tünel veya kanalizasyon galerisinde ortaya çıkan yuvarlak kesitin dondurulmuş bir koruyucu tabaka ile güvenlik altına alınmasında da kullanılır. Dondurulmuş zemin tabakası duruma göre kesitin tüm çevresinde veya yalnız üst bölümde oluşturulabilir.

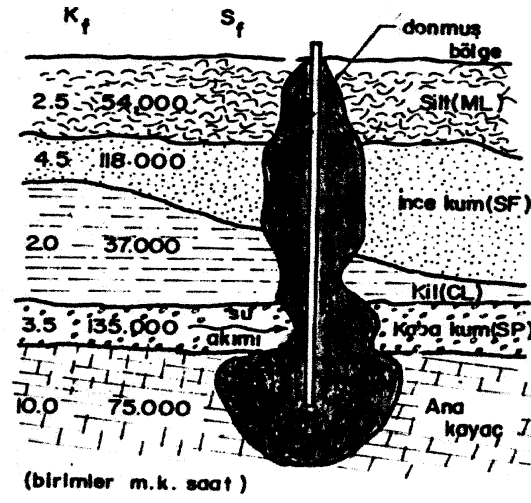
Dondurma tekniğinde iki ana problem vardır. Önce ortamın ısı özelliklerinin ölçümü ya da hesaplanması gerekir. Bu özelliklerden soğutma sisteminin nitelikleri belirlenir. Daha sonra dondurulmuş ortamın alacağı gerilmeler altında kazı ve yapım sırasında dengede kalıp kalmayacağı yeni gerilme-şekil değiştirme bağıntılarında kestirilmelidir.

İdeal uygulama yumuşak zemin koşullarında yeraltı su düzeyinin altında ve 7-8 m. derinliklerde yapılır. Şekil 2.13'de zeminden geçip çatlaklı ana kayaca indirilen bir borunun oluşturduğu duvarın kaba kumda hareket halinde olan yeraltı suyu tarafından ne denli etkilendiği gösterilmiştir.

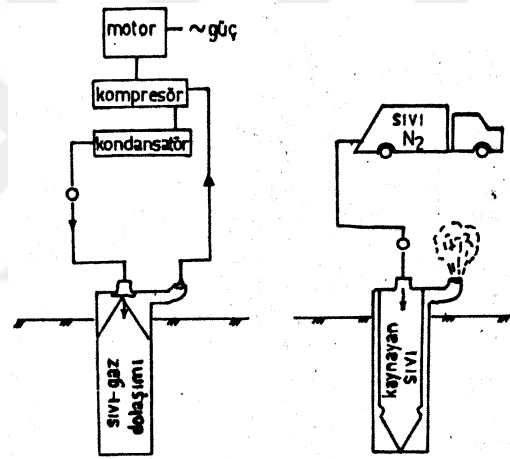
Yöntemin en önemli bölümü soğutucu sıvı ve sistemin seçilmesidir. Eski sistem mekanik kompresörde soğutucu sıvı olarak amonyak veya freon gazı kullanılmıştır. Dondurma borularında kalsiyum klorürlü suyun kullanılması daha ekonomiktir. Şekil 2.14'de verilen şema da en çok kullanılan iki dondurma yöntemi gösterilmiştir. Karakteristik boru aralıkları 1-2 m; dış boru 100-150, iç besleme boruları ise 35-55 mm çaplıdır.

Borular çevresinde donmayı sağlamak için gerekli ısı enerjisi ve zaman, homojen koşullar için iki boyutlu ısı iletim teorisi, üniform olmayan ortamda sayısal yöntemlerin kullanımı ile hesaplanır. Boruların çapı ve aralığı maliyete etki eden en önemli değişkenler. Bunları istenen eksene

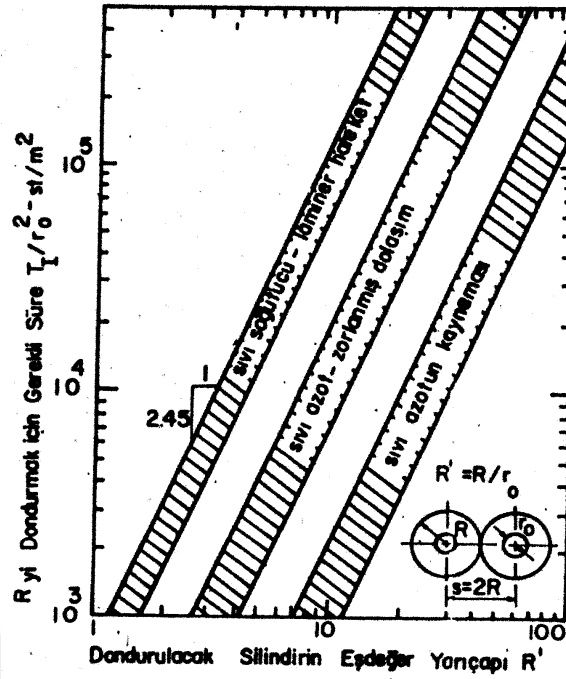
yerleştirme zorluğu ve yeraltı suyu tuzluluğundan doğan etkiler bir yana bırakılırsa ön hesaplar için Şekil 2.15 kullanılabilir.



Şekil 2.13 Hareketli yer altı suyunun donmaya etkisi (Önalp, A., 1983)



Şekil 2.14 Farklı dondurma yöntemlerinin şematik gösterimi



Şekil 2.15 Değişik dondurma yöntemleri için önerilen süreler (Önalp, A., 1983)

Başarılı bir dondurma işlemiyle kazının güvenlik altına alınması kısa süre için yeterli sayılabilir. Yapılan araştırmalar zemin-su-buz karışımının geçici yüklere direncinin büyük olduğu ancak uzun vadede sönümlülük nedeniyle çok daha düşük gerilmeler alabileceğini ortaya koymuştur.

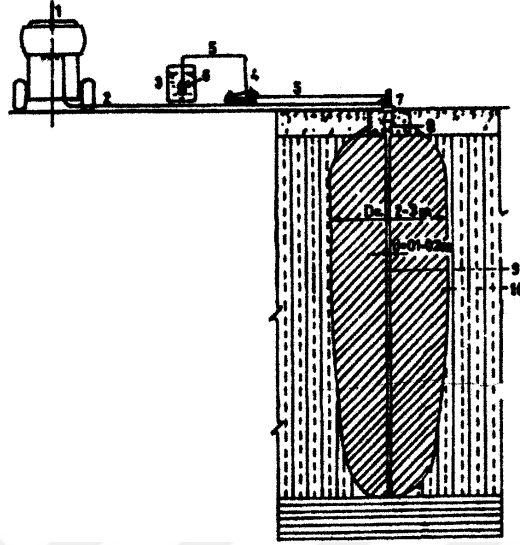
2.9.2 Isıtarak İyileştirme

Killi ve siltli zeminlerin kayma direnci parametreleri buldukları kıvam ile yakından ilgilidir. Kıvamlarının likit limite yakın olmaları halinde kayma dirençleri son derecede azalmaktadır. Ortamdaki suyun azaltılması zeminin yüksek sıcaklıkta ısıtılması ile sağlanabilir. Killer 400-600 C°'ye kadar ısıtıldığında silikatlaşmakta ve 900 C°'de klinkere dönüşerek faz değiştirmektedirler. Bu durumda killer bünyelerine rutubet almayacak kadar değişikliğe uğramaktadırlar.

Zeminlerin ısı ile iyileştirilmesi özellikle lös zeminlerde uygulanmaktadır. İyileştirme bölgesinde açılan sondaj deliklerinden basınçlı hava ve yakıt ağızdan kaçırmayacak şekilde basılır. Böylece delik içinde sıcaklığın 300-1000 C°'ye ulaştığı bir bölge oluşur. Deliğin çevresinde artan ısı nedeniyle bünyedeki su atılmakta ve zemin iyileşmektedir.

Silt ve killer ortam sıcaklığının olağan limitler üzerine çıkartılmasıyla kayma direnci parametreleri arttırılarak zemin iyileştirilmektedir. Kuvvetlendirilebilir.

Isı uygulaması ile iyileştirme doğu bloğu ülkelerinde sıklıkla kullanılmıştır. Yüksek sıcaklık; elektrotlar kullanılarak elektrik akımı ile ya da benzin alevi yardımıyla sağlanır. Uygulamada ısı kayıplarının önlenmesi için kuyu ağzı kapatılır. Şekil 2.16'de tipik bir ısıl işlem uygulama şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.16 Isıl işlem uygulama şeması

(1) Kompresör, (2) Soğuk hava borusu, (3) Sıvı yakıt deposu, (4) Basınçlı yakıt pompası, (5) Yakıt pompası borusu, (6) Filtreler, (7) Meme, (8) Yanma odası, (9) Sondaj deliği, (10) İyileştirilmiş alan.

Uygulama; kompresörden (1) 1,5 atmosfer basınçla gelen hava (2) petrol tankına basılır. Yakıt filtreden süzülüp (6) pompa ve giriş borusu (4 ve 5) ile kuyu içine verilir. Meme (7) kuyu ağzında ki yanma odasına (8) bağlıdır. Uygulama deliğinde oluşacak sıcaklık hava-yakıt karışım oranına bağlıdır. Hava-yakıt karışım oran; 3,5 olduğunda 800 C°, 1,0 olduğunda 2800 C° sıcaklık sağlanabilir. Uygulanan basınç 25-60 kPa civarındadır. 8 günlük bir ısıtılma işlemi sonucunda sondaj çapının 10 katı kadar bir bölge iyileştirilebilmektedir. 1-2 m çapında bir bölgeyi ısıl işlem ile iyileştirmek için bir haftalık yakım gerekmektedir.

Uygulama kuyularının yerleri, aralıkları ve derinliklerinin belirlenmesi arazi deneyleri ile yapılmaktadır.

2.10 Donatılarak İyileştirme

Zemin içersine çeşitli yapı elemanları yerleştirilerek yapılan iyileştirme şekli olup farklı maksatlarla; daha çok taşıyıcı duvar, köprü ayakları, dolgu ve küçük barajlar, kanallar ve yol

temelleri gibi yapıların taşıyıcı sistemleri olarak kullanılabilirler. Bu grup altındaki yöntemlerden belli başlılarını şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Fore kazıklar
2. Mini veya mikro kazıklar (Kök kazıklar),
3. Zemin çivileri,
4. Donatılı zemin (toprakarme),

Yukarıdaki yöntemlerden bazıları aynı amaçla kullanılabilirle beraber genellikle problemin tipine göre ve yerel şartlara bağlı olarak "en uygun" veya "en iyi" bir yöntem belirlenebilmektedir.

2.10.1 Fore Kazıklar

Zemin iyileştirme kapsamında, yerinde dökme fore kazık imalatı sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar, imalatın standartlarda belirtilen teknik sınırlamaları ve imalat sırasında ve sonrasında yapılacak kalite kontrolüne ilişkin detaylar incelenmiştir.

Fore Kazık: TS 3168 – EN 1536' ya göre zeminde dairesel düşey delgi yapılarak oluşturulan kuyuların önceden kafes haline getirilmiş donatı demiri yerleştirilerek veya donatısız olarak betonlanmasıyla imal edilen yerinde dökme betonarme elemanlardır.

Donatı Kafesi: Betonarme yapı çeliğinden projesine uygun çaplarda kafes halinde imal edilen donatı elemanı.

Paspayı Takoza: Fore kazık delgisi içerisine yerleştirilen donatı kafesinin dış çeperlerine yerleştirilen ve gerekli pas payı mesafesinin korunmasını sağlayan plastik, çelik veya betondan imal edilmiş paspayı elemanıdır.

Muhafaza Borusu: Fore kazık delgisi sırasında yıkıntı yapan zemin koşullarında kuyu duraylılığını sağlamak amacı ile fore kazık makinesi tarafından veya vibrasyonlu çekiç vasıtası ile zemine geçici olarak sürülen ve kuyu çeperini destekleyen silindirik çelik elemanlardır.

Tremie Borusu: Fore kazık kuyularına beton dökümü sırasında, dökülen betonun düzgün biçimde ve yeterli miktarda yerleşmesini temin etmek, segregasyonu önlemek ve betonu kuyu alt kotuna kadar aktararak kuyu içerisindeki akışkanla kirlenmesini önlemek amacıyla kullanılan çelik boru elemanıdır.

2.10.1.1. Yapım Aşamaları

2.10.1.1.1. Çalışma Sahası

Çalışma sahası fore kazık imalatı başlamadan önce gerekli ulaşımı ve makinelerin çalışmasına uygun çalışma platformlarını sağlayacak şekilde hazırlanacaktır. Fore kazık imalatına engel olabilecek veya çalışmalardan zarar görebilecek tüm yeraltı ve yerüstü engelleri çalışma başlamadan önce kaldırılmalı veya deplase edilmelidir. Çalışma platform veya ulaşım yolları kar ve yağmur gibi tabiat olaylarından veya çalışma koşullarından dolayı ulaşımı ve işin yapımını

engelleyecek derecede bozulduğu takdirde çalışmaya ara verilecek ve gerekli önlemler alındıktan ve onarım yapıldıktan sonra çalışmaya devam edilecektir.

Sahadaki her türlü yeraltı ve yerüstü suları drenaj ve pompaj gibi yollarla çalışma platformundan uzak tutulacak ve platformun yağmur, akarsu ve yeraltı sularından korunması için gerekli tedbirler alınacaktır.

2.10.1.1.2. Kazıkların Aplikasyonu Ve İmalat Toleransları

Kazıkların aplikasyonu uzman ölçüm ekibi tarafından projesine göre sahada tek tek yapılacaktır.

Kazıkların planda, düşeyde ve eğimindeki sapma miktarları toleransları (düşeyden (1/75)) aşmaması için gerekli tedbirler alınacaktır. Düşey sapmaları kontrol altında tutmak için fore kazık makineleri üzerinde bulunan inklinometreler imalata başlamadan önce ve imalat sırasında makine operatörleri tarafından sürekli kontrol edilecek ve makine bomunun dikliği sağlanacaktır. Yatay sapmaları önlemek için ise kazık imalatına başlarken aplikasyon kontrolü yapılacaktır.

Bir kazık betonlamasından en az 24 saat geçmeden zayıf zeminde 3 çap, sadece ön muhafaza borusunun yeterli olduğu zemin koşullarında ise 1 çap çevresinde delgi yapılmayacak, imalatlar atlamalı olarak sürdürülecektir.

2.10.1.1.3. Foraj

Foraj aşaması, fore kazık kuyularının açılmaya başlanmasından beton dökümüne kadar olan işlemleri içermektedir.

Fore kazık delgi işlemlerine kazık akslarının uzman ölçüm ekibi tarafından yapılmasını takiben başlanacaktır.

Fore kazık delgi işlemi, yüksek tork kapasitesine sahip rotary hidrolik delgi makineleri kullanılarak yapılacaktır. Fore kazık imalatında kullanılacak makine, teknik ekipman ve ataşman seçimi uygulama projelerinin ve mevcut zemin koşullarının değerlendirilmesi sonucu yapılacaktır.

Fore kazık delgisi sırasında yıkıntı yapan zemin koşullarında kuyu duraylılığını sağlamak amacı ile geçici muhafaza boruları kullanılarak kuyu duraylılığı sağlanacaktır. Muhafaza boruları fore kazık makinesi ile veya vibrasyonlu çekiç kullanılarak sürülebilir. Zemine sürülecek geçici muhafaza boruları dış basınç, sürme ve çekme kuvvetlerine dayanacak şekilde tasarlanmalı, eğilme, ezilme ya da bükülme gibi sorunlara mahal vermeyecek kalitede, mukavemet sınıfında ve et kalınlığında, sürekli, ek yerleri düzgün ve su geçirimsiz olmalıdır. Kazık boyunun uzunluğundan yada seçilen imalat yönteminden dolayı muhafaza borularının parçalı olarak sürülmesi durumunda ek yerleri önemli derecede oynama olmaksızın boyuna kuvvetlerin ve burulma momentlerinin aktarılmasına izin vermeli, düzgün ve su geçirimsiz olmalıdır.

Proje derinliğine ulaşıncaya dek, bahsedilen yöntemlerle delgiye devam edilecektir.

2.10.1.1.4 Donatı Kafesi Hazırlanması ve Kuyulara İndirilmesi

Fore kazık imalatlarında kullanılacak donatı demirleri TS 708 'e uygun ve BÇIII sınıfında olacaktır.

Demirler, kazık lokasyonlarına yakın bölgede gerekli şablonlar kullanılarak kafes haline getirilecektir. Donatının kaldırılması ve kuyu içine indirilmesi sırasında istenmeyen deformasyonların oluşmaması için gerekli görülecek ilave rijitlendirme tedbirleri de alınacaktır.

12 m'yi geçen kafeslerin eklenmesi için bağ teli kullanılacaktır. Donatı kafesinin çok ağır olması halinde bağlantının kaynakla veya klemens ile yapılmasına izin verilebilir. Bindirme boyu, detay paftasında gösterilen ve ilgili şartnamelerce öngörülen boydan daha az olmayacaktır.

Hazırlanan donatı kafesi, yeterli sayıda paspayı takozu ile teçhiz edilip, servis vinci kullanılarak kuyuya indirilecektir. Donatı kafesinin kaldırma ve indirme esnasında dağılmamasına özen gösterilecektir.

Kuyuya indirilen donatının üst yapı için gerekli ve projesinde gösterilen filiz boyu kadar dışarıda kalmasına ve betonlama sırasında batmamasına dikkat edilecektir.

Donatının ek yerleri kazığın alt kısmında olacak ve üst L/3 (L: kazık boyu) kısmında hiçbir ek olmayacaktır. Su altında beton dökülmesi gerektiğinde, betonlama (tremie) borusunun donatı içine girmesine olanak tanıyacak şekilde donatı kalıcı takviyelerle sağlamlaştırılacaktır. Donatı kafesi yerleştirilirken kalıcı çember ve boyuna takviye donatılarının korunmasına özen gösterilecektir.

2.10.1.1.5 Kazıkların Betonlanması

Foraj işlemi biter bitmez hemen donatı yerleştirilerek aynı gün beton dökümüne geçilmelidir. Hemen betonlamaya imkan bulunmadığında, geçen süre içinde kazık tabanında bir şişme olup olmadığı kontrol edilmeli ve gerekirse donatı çıkarılarak, betonlamadan önce tekrar delik tarama ve kazık içi temizliği yapıldıktan sonra betonlamaya başlanmalıdır. Kazık imalatı şeyl kayaçları içerisinde yapılacağından en son manevra kaya bagesi ile temizlenerek yapılmak zorundadır.

Betonlama tremie borusu marifetiyle yapılarak betonun segregasyonu önlenecektir.

Tremie borusu 180 – 250 mm çapında ve birbirine manşon ile eklenmiş borulardan oluşur.

Betonlama borusunda aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır:

- a. Boru çeperleri temiz, eğilme ve burkulmalara dayanıklı olmalı ve hiç bir yerinde delik, çatlak veya boru çapında daralma gibi kusurlar bulunmamalıdır.
- b. Ek yerleri sızdırmaz olmalı, borunun donatı kafesi içinde serbest hareketine izin vermelidir.
- c. Betonlama başlamadan önce betonlama borusu kazık deliğinin dibinden 30-40 cm yukarı olacaktır.
- d. Forajı takiben taban 30-40 cm betonlanacak ve donatı betona indirilecektir.

Betonlama, beton pompası veya doğrudan boşaltma ile sürekli bir şekilde yapılacaktır. Döküm hızı en az 15 m³/saat olacak şekilde deliğe doldurulacaktır.

Beton, kuyu içinde yükseldikçe tremie borusu yukarı çekilecek ve kısaltılacaktır. Yeraltı suyunun betonla karışmasını önlemek için tremie borusu sürekli ve en az 2 m beton içinde kalacaktır.

İmalat yöntemine bağlı olarak geçici muhafaza borusu betonlama sırasında parça parça veya betonlamanın tamamlanmasından sonra vibrasyonlu çekiç ile tek parça halinde çekilecektir. Fore kazık makinesi ile parça parça çekilmesi sırasında kuyuda kalan muhafaza borusu içinde en az 3 m beton bulunacaktır.

Muhafaza borularının çekimi sırasında ve sonrasında muhafaza borusu et kalınlığından kaynaklanan boşlukların betonla doldurulmasına dikkat edilecek ve beton sütunundaki düşüşler beton ilave edilerek tamamlanacaktır. Betonlama, kuyu ağzından temiz beton gelene kadar devam edecektir.

2.10.1.2. Uygunluk

Proje kapsamında imal edilecek fore kazıklarda proje kabullerinin sahadaki zemin koşullarına uygunluğunun ve imalatı bitmiş kazıkların kalitesinin belirlenebilmesi amacıyla kazık süreklilik testi ve kazık yükleme deneyleri yapılacaktır.

2.10.2 Mini veya Mikro Kazıklar (Kök Kazıklar)

Mini veya mikro kazıklar çelik veya çelik boru, donatılı, çimento veya çimento-kum ve su karışımı ile zemin içine dökülüp hazırlanan çapı 6-30 cm arası olan kazıklardır.

Grup halinde düşey ya da eğimli yapılırlar ve delme sırasında kaplama borusu kullanılır. Donatı çubuğu yerleştirildikten sonra küçük agregalı ve yüksek dozajlı betonla doldurulur. Kaplama borusu beton basınçla pompalanırken kaplama borusu yavaş yavaş dışarıya alınır. Bu şekilde çevredeki boşluk ve çatlaklarda doldurulmuş olur.

Her tür zemine uygulanabilen kök kazıklarının 8-50 ton arasında yük taşıyabildikleri görülmüştür. Yüksek kapasitelerinin sebebi; yapımlarında kullanılan yüksek enjeksiyon basıncıdır. Basınçla tekrarlı enjeksiyon zahmetli ve pahalı bir işlem olmasına rağmen çoğu zeminlerde, yumuşak ve çatlaklı kayalarda kapasiteleri arttırdığından ekonomik olmaktadır.



Şekil 2.17 Yamaç stabilitesinde mini kazık uygulaması

Mini kazıkların yapımı sırasında uygulanan basınçlar genellikle 600-2000 KPa arasında değişmektedir. Mini kazıkların taşıma kapasitesi normal çaplı kazıklarda hesaplanan yöntemler ile hesaplanamaz. Mini kazıkların taşıma kapasitesini belirlemede en sağlıklı yol yerinde yapılan yükleme deneyleridir. Mini kazıkların nihai taşıma kapasitesi; uç taşıma kapasitesi, çevre sürtünme kapasitesi ve burkulma kapasitesilerinin en küçüğüdür. Burkulma çok yumuşak killerde ve uzun boylarda kontrol edilmelidir. Zemin yönünden uç taşıma kapasitesinden ziyade çevre sürtünme

kapasitesi daha önemlidir. Korozyona özellikle çekmeye çalışan mini kazıklarda dikkat edilmelidir. Tablo 2' de Avrupa'da mini kazık uygulamaları yapan firmalardan bazılarının tecrübe ettiği çap aralıkları ve kapasiteler görülmektedir. Mini kazıkların uygulama spektrumu geniştir. Mevcut yapıların temel takviyesi en popüler olanıdır. Eski yapılar, köprüler, ilave inşaatlar halinde kullanıldıkları gibi yeni inşaatlarda da kullanılmaktadırlar.

Tablo 2. Uygulamada kullanılan mini kazık çapları ve kapasiteleri

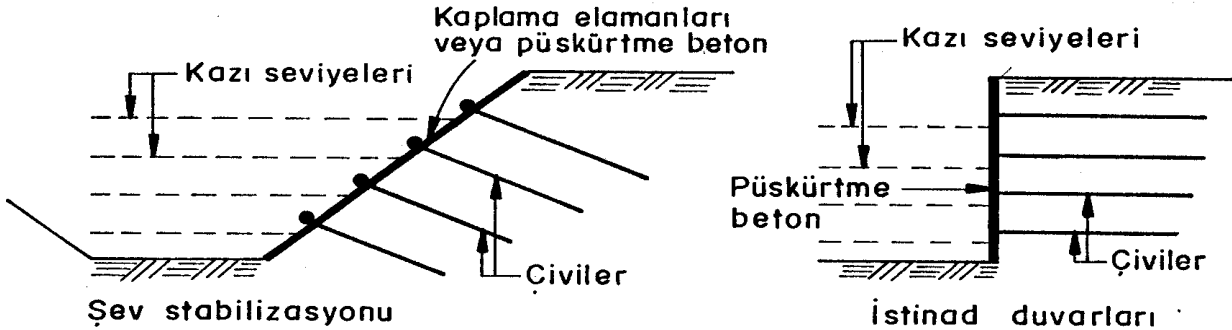
Mini Kazık Yapım Ana Yöntemi	Firma	Çap (mm)	Nominal Tasarım Yüğü (kN)
Delme, yerinde dökme veya enjeksiyonlama	1	76-290	0-550
	2	125-225	200-450
	3	120-280	100-500
	4	~150	~400
	5	60-300	20-600
Çakma (Deplasman Kazığı)	1	160-300	165-350
	2	100-250	165-350
	3	150-300	150-350
	4	280	300

10 cm'den daha küçük çaplı kazıklar bir arada kullanıldığında zemini bir kütle olarak iyileştirmektedir

2.10.3 Zemin Çivileri

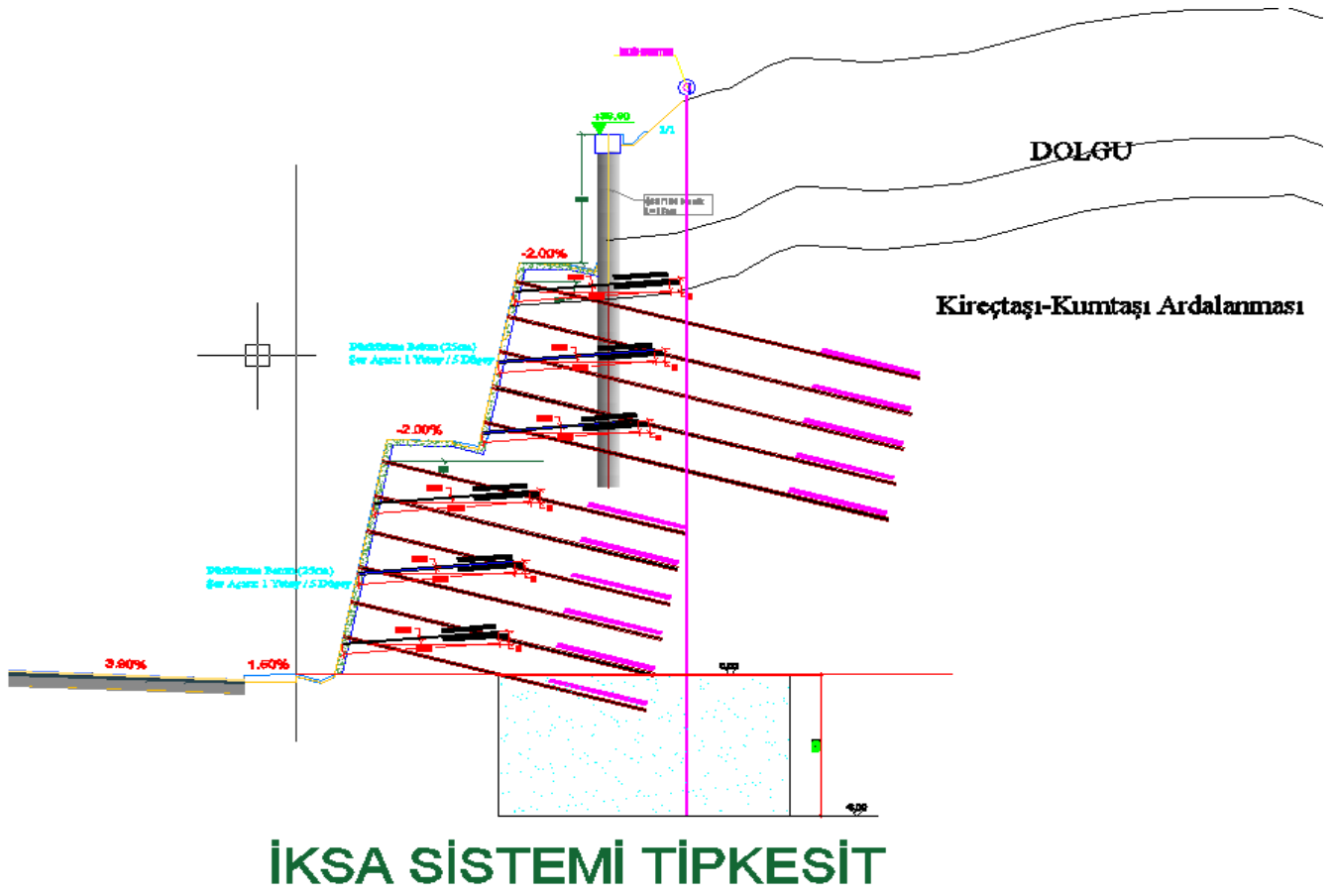
Zemin çivilemesi, zemini içine doğrudan donatı çakarak veya delip içine donatı yerleştirilip enjeksiyon karışımı ile basınçsız doldurmak suretiyle güçlendirmek prensibine dayanmaktadır.

Düşey yük taşımaktan ziyade yanal hareketlerin önlenmesi amacını taşımaktadır. Kazı kenarlarının, istinad duvarlarının ve şevlerin stabilizasyonunda kullanım şekli Şekil 2.18 'de gösterilmiştir. Zemin çivilerinin aralıkları ve boyları; zemin ile çivilerin beraber çalışmasını sağlayacak bir aralıkta ve uzunlukta olmalıdır.



Şekil 2.18 Zemin Çivileri Uygulaması

Çeşitli projelerde çivi sıklıkları 2 çivi/m² ile 1 çivi/5 m² arasında değişmektedir. Kullanılan çivi elemanları genellikle ø20- ø30'luk donatılardır. Zeminin tipine göre kademe kazı yükseklikleri 0.5-2.5 m arasındadır. Genellikle uygulanan yapım yöntemi; kademe kazısı, hasır çelik, püskürtme betonu ve çivileme şeklindedir. Zemine vurmali sondajla açılan delikler çimento şerbeti ile doldurulduktan sonra çiviler çakılır. Kendini kazıyı takiben kısa bir müddet tutamayan veya su akımı olan kazı yüzlerinde bu yöntem uygun değildir. Çivilerin paslanmaya karşı korunması önem taşımaktadır



İKSA SİSTEMİ TİPKESİT

Şekil 2.19 Zemin Çivileri Uygulaması 2

2.10.4 Donatılı Zemin Dayanma Yapıları (Toprakarme)

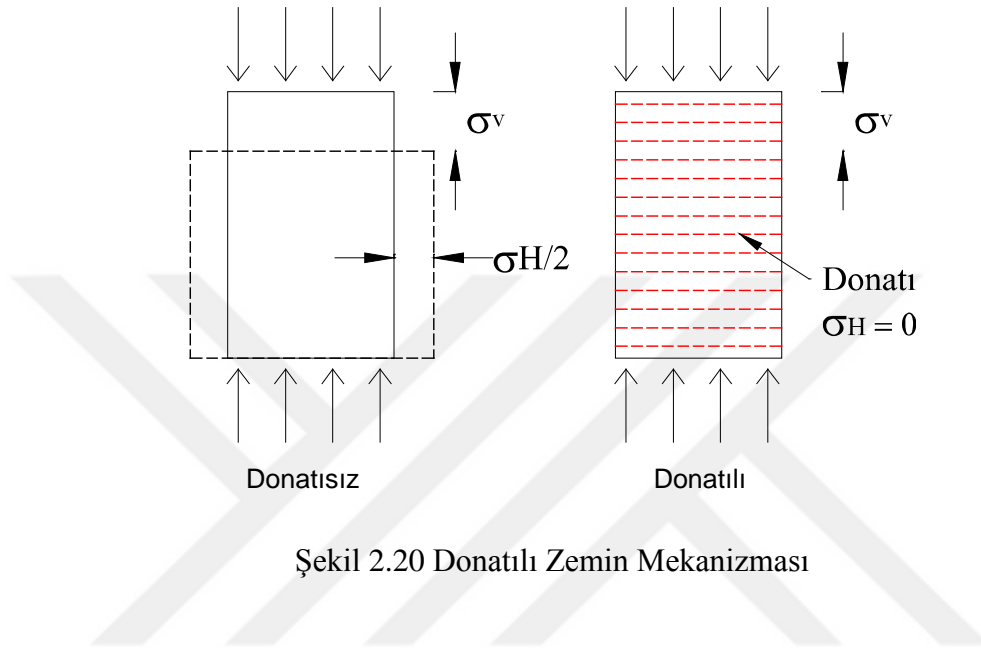
Projesi uyarınca özel çelik kalıplar içerisinde yerinde dökülen prekast yüzey elemanların temel tesviye betonu üzerine yerleştirilmesi ve geri dolgu tabakalarının içine yerleştirilen sıcak daldırma galvaniz kaplı çelik donatılarla bağlanması suretiyle inşa edilen yapı tipine kısaca “Donatılı Zemin Dayanma Yapıları” denir.

Donatılı zemin yapılarının temel mekanizmasının basitleştirilmiş bir biçimi aşağıda gösterilmektedir. Granüler bir malzeme üzerindeki tek eksenli yükleme sıkıştırılmış malzemelerde yanal genleşmelere neden olur. Bu genleşme nedeni ile yanal gerilme düşey gerilmenin yarısından fazladır.

Yanal gerilmeleri karşılamak üzere, zeminin içine uzama özelliği olmayan donatı elemanları yerleştirilirse, bu donatılar kendileri ile zemin arasındaki sürtünme yardımı ile yanal gerilmeyi önleyecekler ve sistemin davranışı sanki yanal bir dayanma kuvveti veya yük, eleman üzerine etki yapıyor gibi olacaktır.

Zemin elemanı üzerindeki bu yatay yük, pasif toprak basıncına eşittir. Bu nedenle düşey basınçlar arttıkça yatay tutucu basınçlar veya yatay kuvvetler doğru orantılı olarak artar.

Böylece ϕ içsel sürtünme açısının herhangi bir değeri için, genelde granüler malzemelerde geçerli olmak üzere stres daresi bütün noktalarda kopma eğrisinin çok altında yer alır. Bu yüzden dengenin bozulması sadece zemin ile donatı arasındaki sürtünmenin kaybı veya donatıların kopması nedeni ile meydana gelebilir.



Şekil 2.20 Donatılı Zemin Mekanizması

Donatılı zemin sistemi üç ana elemandan oluşur. Bu elemanlar ve yardımcı diğer elemanlar aşağıda özetlenmiştir.

2.10.4.1 Geri Dolgu Malzemesi

Geri dolgu malzemesi doğal malzeme ya da endüstri artığı olabilir. Malzemenin içinde bitkisel toprak, çürüyebilir malzeme, çöp veya zararlı şeyler bulunmayacaktır. Geri dolgu malzemesi Tablo 3' deki gradasyona uymalıdır.

Plastisite İndeksi $PL < 6$ olmalı ve üniformalık katsayısı (c_u) 5'den az olmamalıdır. ($c_u = D_{60}/D_{10}$)

Ayrıca geri dolgu malzemesinin kimyasal özellikleri de aşağıdaki değerleri sağlamalıdır.

Geri Dolgu Malzemesi Kimyasal Özellikleri

CL 200 mg/kg (kuru ortamda) , 100 mg/kg (su içinde)

S04 1000 mg/kg (kuru ortamda) , 200 mg/kg (su içinde)

Resistivity > 1000 Ohm.cm (kuru ortamda) , 3000 Ohm.cm (su içinde)

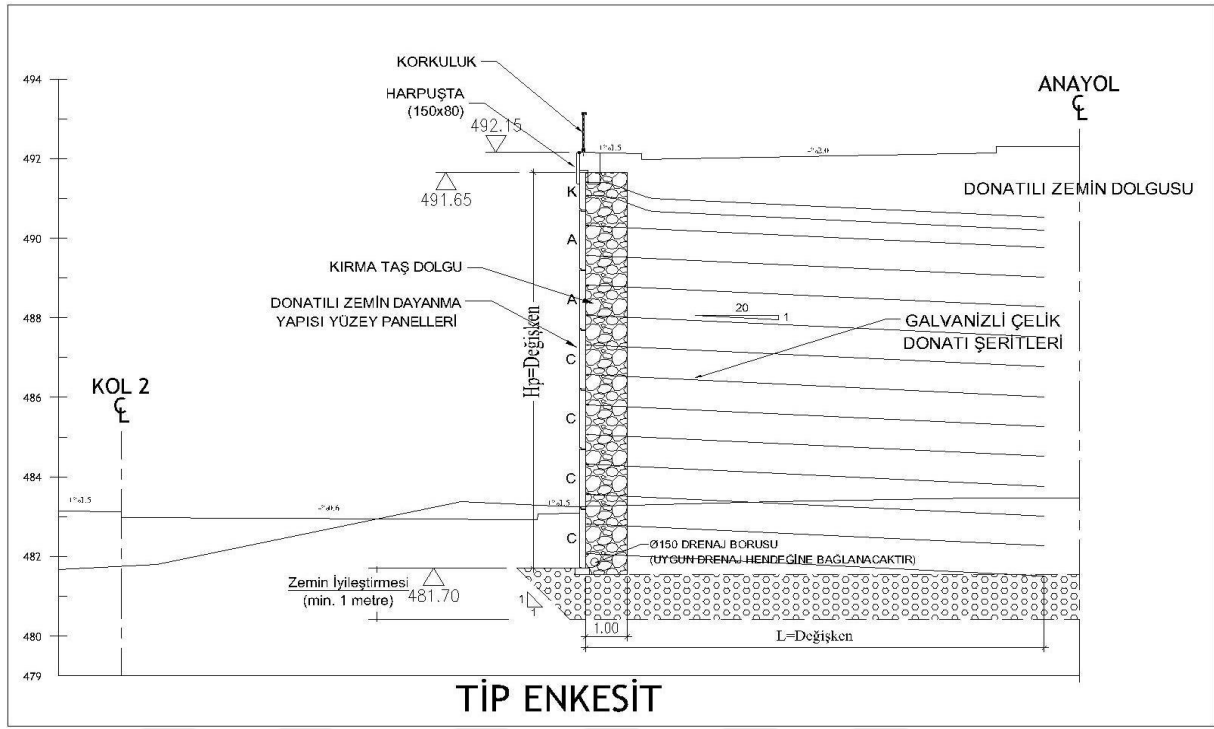
5<PH<10

BS Eleği	ASTM Eleği	Yüzde Geçen
125 mm	-	100
75 mm	-	85-100
12,50 mm	1,2''	25-100
2 mm	No. 10	15-100
0,59 mm	No. 30	10-65
0,075 mm	No. 200	<15

Tablo 3 Geri Dolgu Malzemesi Kimyasal Özellikleri

Yukarıda gradasyona ek olarak donatılı zemin dayanma yapısında kullanılacak geri dolgu malzemesi aşağıdaki özellikleri sağlamalıdır.

- 20,00 cm' lik sıkışmış dolgu tabakası dikkate alınarak maksimum dane boyu 125 mm' den fazla olmamalıdır.
- 75 mikron elekten geçen malzeme miktarı %15' den fazla olmamalıdır.
- Dolgu malzemesi rezistivite değerleri su etkisi dışındaki yapılarda en az 1000 Ohm.cm, yumuşak su etkisindeki yapılar için en az 3000 Ohm.cm olmalıdır.
- Dolgu malzemesindeki kaba taneler ezilebilir nitelikte olmamalıdır.
- Malzeme sıkışma oranı %95 Standart Proktor değerinden az olmamalı ve sıkışmış tabaka kalınlığı 20,00 cm' yi geçmemelidir.
- Dolgu malzemesi sürtünme özelliklerini kaybetmemeli, suya hassas olmamalıdır veya KGM'nin Otoyol İşleri Teknik Şartnamesi'nin 601-1-iii maddesinde sözü edilen malzemeleri ihtiva etmemelidir.



Şekil 2.21 Tip Enkesit

2.10.4.2 Donatı Şeritleri

Çelik donatı şeritleri, uygulama projesi uyarınca özel olarak üretilip, Madde 1’de belirtilen özellikteki dolgu malzemesi arasında (düşeyde en fazla 75 cm’de bir sıra) gerekli kontrol işlemleri yapılarak konulmalıdır. Dolgu tabakaları arasında yerleştirilen bu çelik şeritler yüksek çekme dayanıklılığına sahip,(en az 510 N/mm²) dolgu malzemesi ile donatı şeridi arasındaki sürtünmeyi arttırmak için özel olarak dizayn edilmiş geometriye sahip çelik elemanlardır. Donatı şeritleri metrekarede en az 500 gram/m² (en az 70 mikron kalınlıkta) sıcak daldırma galvaniz ile kaplanmış olmalıdır.



RESİM 1 Galvanizli Çelik Donatı Şeritleri

2.10.4.3 Bağlantı Elemanları

Uygulama projesi uyarınca özel kalıplarda imal edilen prekast yüzey elemanları içine montaj aşamasında donatı şeritlerinin prekast elemanlara tespitini sağlamak için metrekarede en az 500 gram/m² sıcak daldırma galvaniz ile kaplı bağlantı mandalları yerleştirilir. Bağlantı mandalları ile donatı şeritleri arasındaki bağlantı için kaliteli (10.09 kalite ISO metrik) en az 500 gr/m² sıcak daldırma galvaniz ile kaplı korozyona dayanıklı civata kullanılmalıdır. (10,9 grade civata ve 8 grade somunlar kullanılacaktır.)

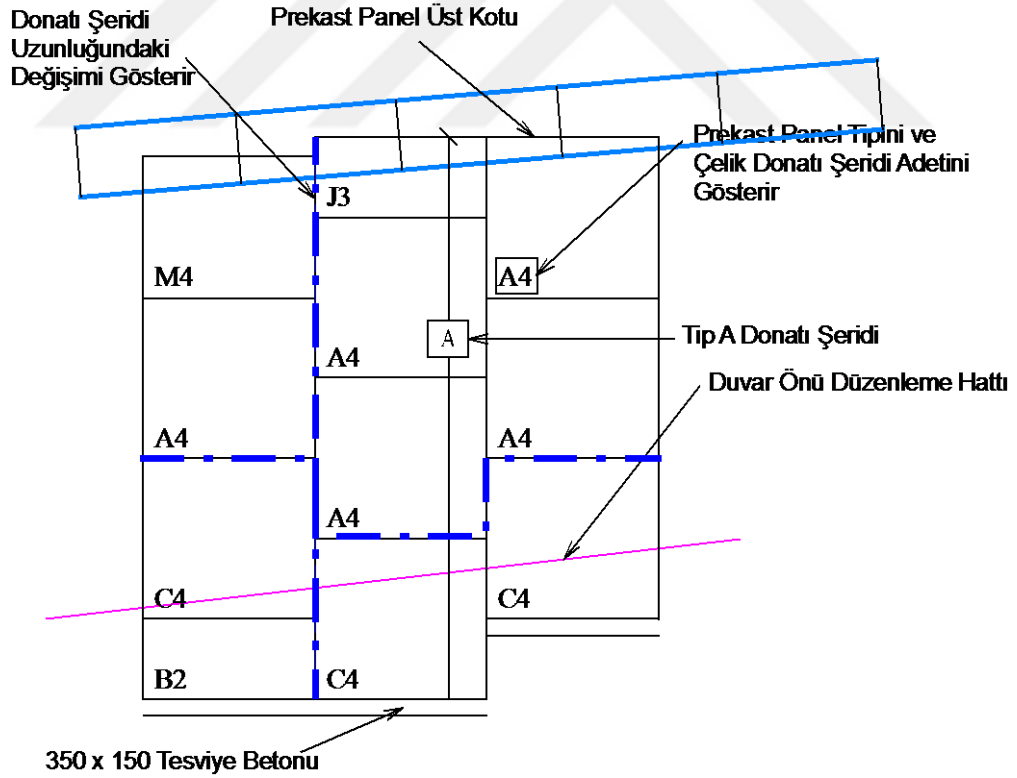
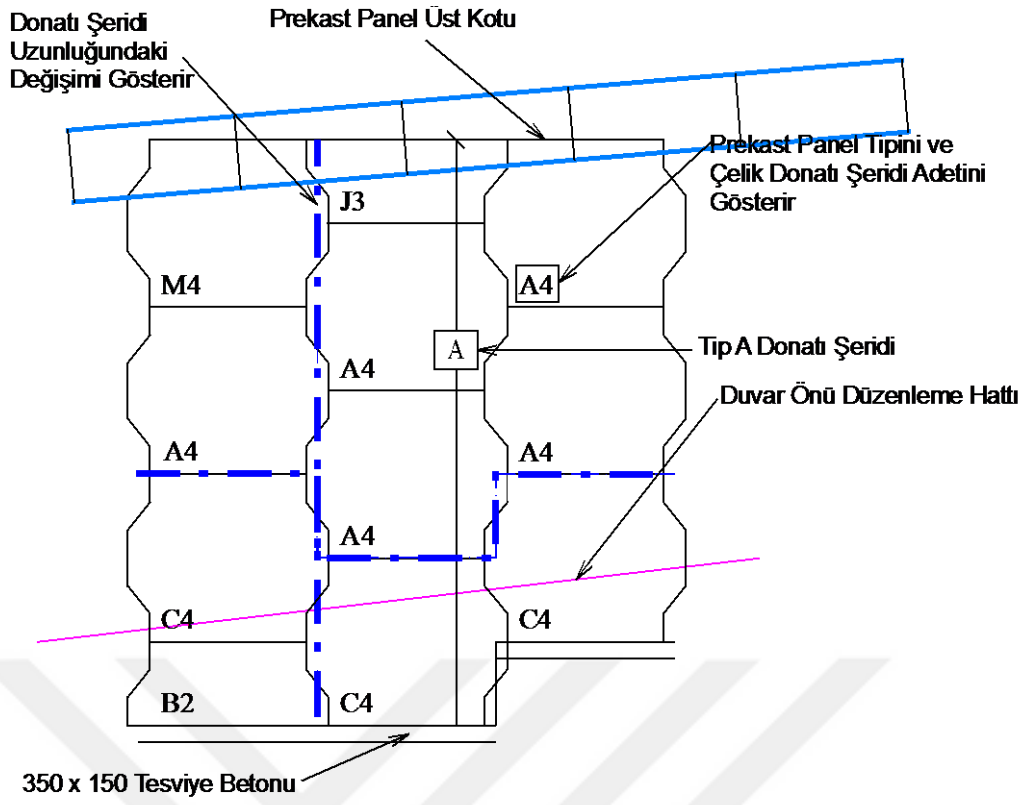


RESİM 2 Cıvata ile Bağlanmış Bağlantı Mandalı ve Çelik Donatı Şeridi

2.10.4.4 Yapım ve Montaj

2.10.4.4.1 Uyguluma Projesinin Hazırlanması

İşveren tarafından sağlanan veriler uyarınca (ilgili kotlar ve koordinatlar, kullanılacak dolgu parametreleri, yapılara etkiyen her türlü yük ve yer altı suyu bilgileri gibi) donatılı zemin dayanma yapıları projelendirilir. İmalat ile ilgili detaylar belirlenir. Projenin geometrik özellikleri uyarınca prekast elemanlar aşağıda açıklandığı gibi çeşitli kodlar ile belirlenir. Prekast elemanlar çeşitli harfler ve numaralar ile gösterilmiştir. Harfler prekast elemanların geometrik şeklini, numaralar ise o elemana bağlanacak donatı şeridi sayısını göstermektedir.



Şekil 2.22 Çizim Anahtarı

2.10.4.4.2 Prekast Yüzey Elemanlarının Hazırlanması

Malzeme ve beton özellikleri şöyle olmalıdır.

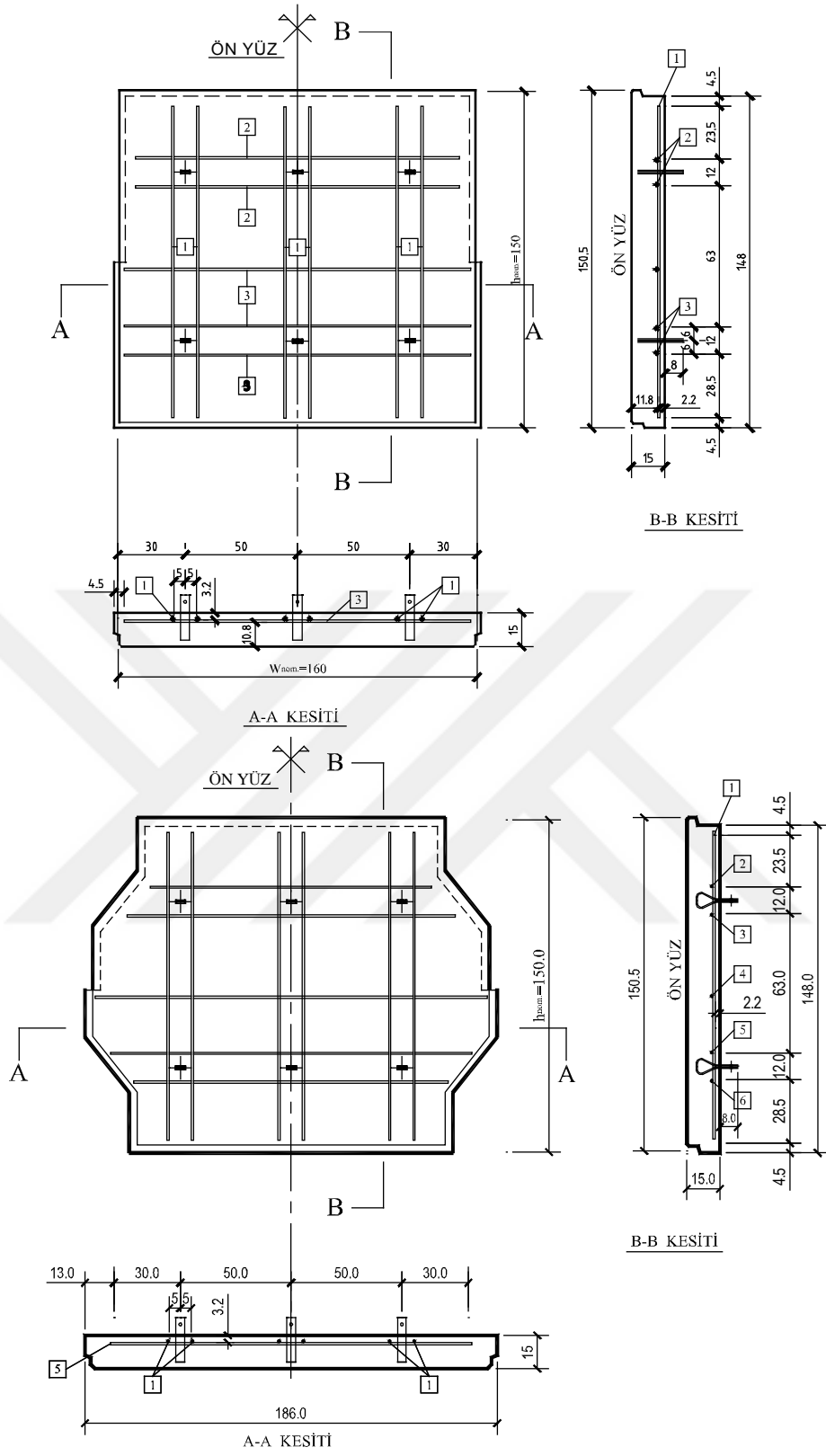
- Çimento PÇ 42,5 MPA (TS 19-1993/01)
- Su (Karma ve temas) TS3440;1247 ve 500' e uygun
- Tüm agregalar (Kum ve çakıl)alkali agrega yönünden CSA A23,2-25a 'ya uygun
- Agrega maksimum dane boyu<20mm(TS706;TS802)'ye uygun
- Plastikleştirici ve hava sürükleyici katkıları ASTM C260-C 494 ve TS 3452-1984/02 ile TS 3456-1984/02 'ye uygun
- Agregalarda maksimum su emme(%): Kumda (max) 3.0, çakılda (max) 1.0 değerleri tavsiye edilir.
- Taze betonda hava yüzdesi: $5 < \% \text{hava} < 7$ (ASTM C173 veya ASTM C 231 yada TS 2901-1977/12 ye göre test edildiğinde)
- Taze beton kıvamı slump konisi ile TS 2871-77 Slump< 80mm
- 28 günlük sertleşmiş beton özellikleri (normal kür koşullarında TS3068-73/03) a=15cm küp kullanılması durumunda basınç dayanımı: $f_{cm} > 34$ Mpa koşulları sağlanacaktır.
- Don dayanımı: ASTM C 666-84 ve TS 699-84 e uygun olarak aşırı doygun NaCl çözeltisi kullanılıp 25 defa donma çözülmeye tabi tutulan 28 günlük normal kürde sertleşmiş betonun ağırlıkça don kaybı <3 şartını sağlamalıdır.
- Üretimde kullanılacak çimento dozajı plastikleştirici ve hava sürükleyici katkıları kullanım yüzdeleri ön karışım çalışmaları ile belirlenecek, laboratuvar basınç dayanım ortalaması $f_{cm} > 27$ Mpa olmalıdır.(silindir numunede)
- Çimento miktarı en az 350kg/m³ olacaktır.

Uygulama projesi ve iş programı uyarınca prekast yüzey elemanları yukarıda özellikleri belirtilen beton ile özel çelik kalıplarda dökülür. Betonun her yere girmesini sağlayarak hava kabarcığı, bal peteği ve boşluk oluşmasını engellemek ve yoğun bir panel elde etmek için kalıpların vibrasyonu satih vibratörü ve kompresör yardımıyla sağlanır. İklim şartları uyarınca gerekli görülmesi halinde özel kalıplara ısıtma tertibatı monte edilmek sureti ile döküm işlemi yapılabilir. Beton dökülmüş kalıplara kür amaçlı yorgan uygulanır. Kalıplar her dökümden önce itina ile temizlenir, yabancı maddelerden arındırılır, yağlanır ve döküm için hazır hale getirilir. Panellerin kalıptan çıkartılmasını takiben min. 7 gün basınç mukavemetinin %70 ine ulaştıktan sonra panel montajına geçilebilir.



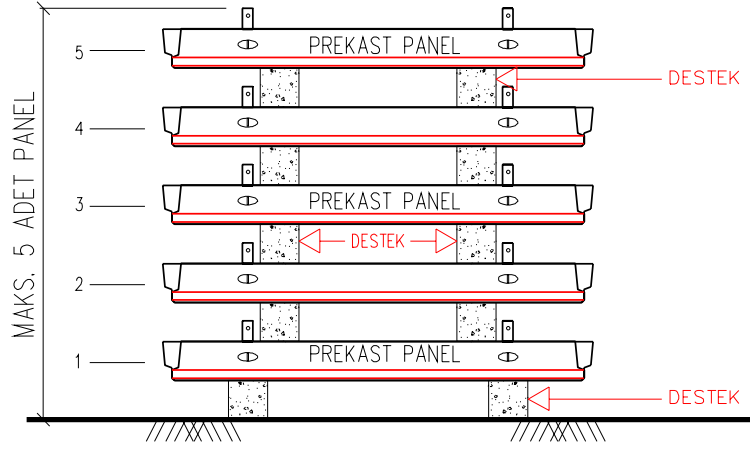
RESİM 3 Prekast Beton Panel Dökümü ve İstifi

Prekast elemanın uygulama projesindeki kullanımına bağlı olarak içine demir aksam ve diğer bağlantı elemanları yerleştirilir.



Şekil 2.23 Prekast Eleman Detayları

Her dökümü takiben kalıplardan alınan prekast elemanlar üst üste beş adetten fazla olmamak kaydı ile montaj aşamasına kadar istiflenir. İstiflenen prekast elemanların ön yüz temizliğine gerekli özen gösterilir ve her eleman arasına dört noktadan destekler konulur.

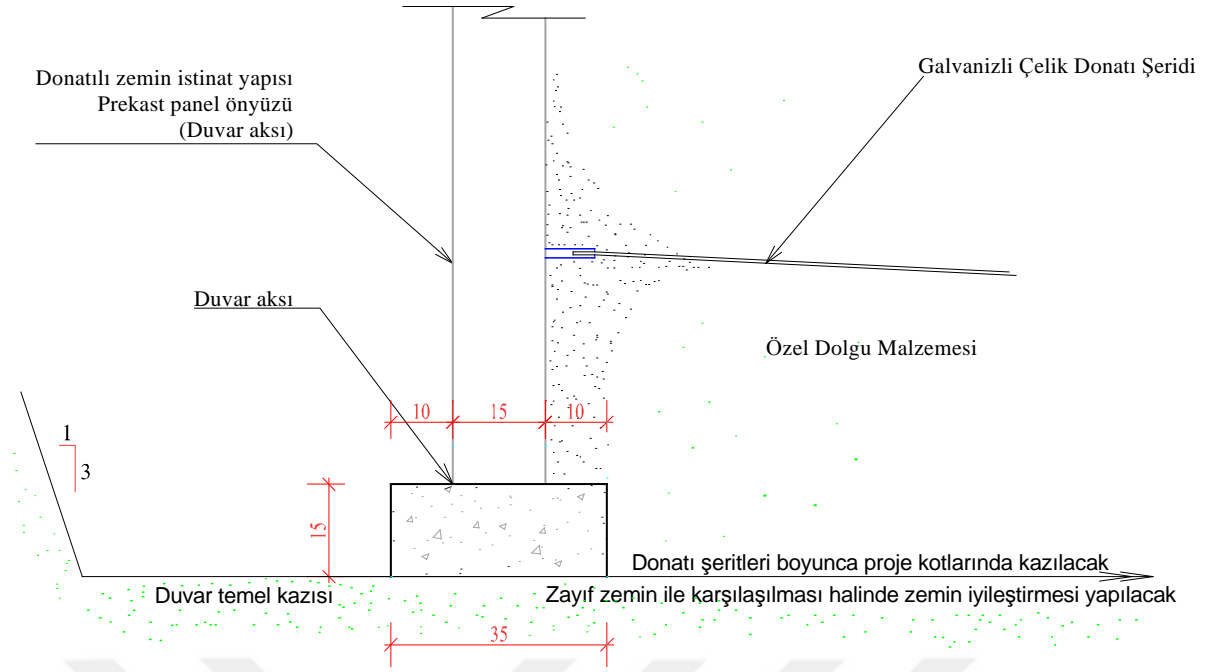


Şekil 2.24 Prekast Eleman İstif Detayı

2.10.4.4.3 Tesviye Beton İmalatı

Temelin oturacağı alan donatı şeritlerinin uzunluğuna eşit ya da daha uzun olacak şekilde tesviye edilmelidir. Tesviye edilen temel yüzeyi vibrasyonlu silindir ile sıkıştırılmalıdır. Beton panellerin oturacağı başlangıç yüzeyini oluşturmak amacıyla uygulama projesi uyarınca 35x15 cm kesitli düz bir yüzey oluşturacak şekilde demirsiz tesviye betonu (Grobeton) dökülmelidir.

Dökülen tesviye betonu düzgün ve yatay olmalı, kotlar uygulama projesine göre ± 5.0 mm hassasiyette olmalıdır.



Şekil 2.25 Tesviye Betonu Kesiti



RESİM 4 Tesviye Betonu İmalatı

2.10.4.4 Montaj

Donatılı zemin yapılarının inşasında, ilk sıra elemanların yatay ve düşey doğrultularda düzgün yerleştirilmesi yapının devam eden aşamaları ve son görünümü açısından önemlidir. Bu nedenle bu aşamada yatay ve düşey doğrultular hassasiyet ile kontrol edilmeli ve çeşitli destek elemanları ile prekast paneller sabitlenmelidir.



RESİM 5 İlk Sıra Prekast Panellerin Sabitlenmesi

İlk panel (yarım panel) tesviye betonu üzerine belirlenen kot ve koordinatlarda yerleştirilir, tahta kamalarla desteklenir ve terazisi ayarlanır, bu iki yarım panel arasına bir tam panel yerleştirilir ve

terazisi ayarlanır, yerleştirilen tam panel diğer iki yarım panele menteşeler ve ahşap kamalar ile sıkıştırılır.

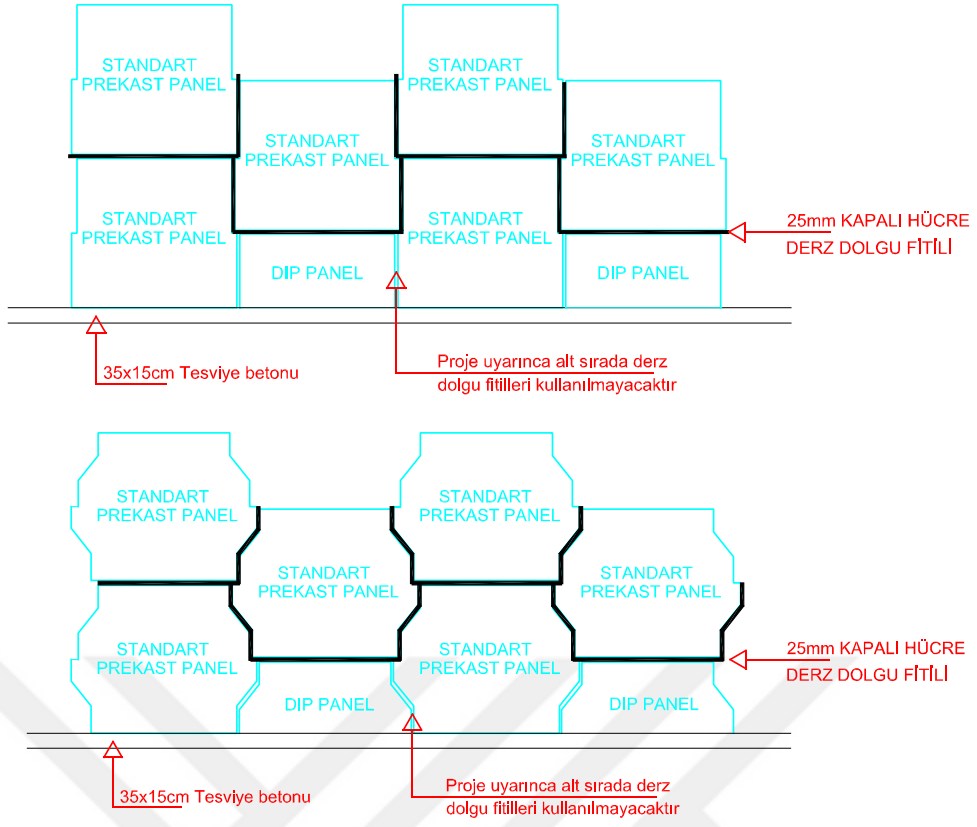
Drenaj için, PVC Ø150 mm.lik drenfleks boru projesinde gösterildiği gibi yerleştirilecek ve bağlantı-montaj işlemi tamamlanmış hat son kontrolleri yapıldıktan sonra, projesinde öngörülen dolgu malzemesi ile örtülerek olası kırılma ve/veya ezilme riskine karşı koruma altına alınır.

Montajı yapılan prekast panellere dolgu içine doğru bir miktar eğim verilir. Bu sayede dolgunun yerleştirilmesi ve sıkıştırılması esnasında prekast panelleri dikey pozisyona itecek kuvvetler dengelenmiş olur. Dolgu içine doğru verilen eğiklik duvar geri dolgusunun tipine, kullanılan ekipmanın niteliğine, serme ve sıkıştırma işlemine doğrudan bağlıdır. İlk prekast panellerin montajında ekip başı bu eğikliğe karar verir ve takip eden aşamalarda yukarıda belirttiğimiz unsurları da göz önüne alarak montajı yönlendirir.



RESİM 6 İlk Sıra Panellerin Yerleştirilmesi

Prekast elemanlar arasındaki düşey ve yatay derzler 25 mm kapalı hücre derz dolgu fitilleri ile doldurulur. İlk sıra paneller arasında kapalı hücre dolgu fitilleri kullanılmayarak yapı içindeki suyun deşarjı kolaylıkla sağlanabilir.



* Yukarıdaki şekiller derz aralıklarının gösterimi için ölçeksiz çizilmiştir

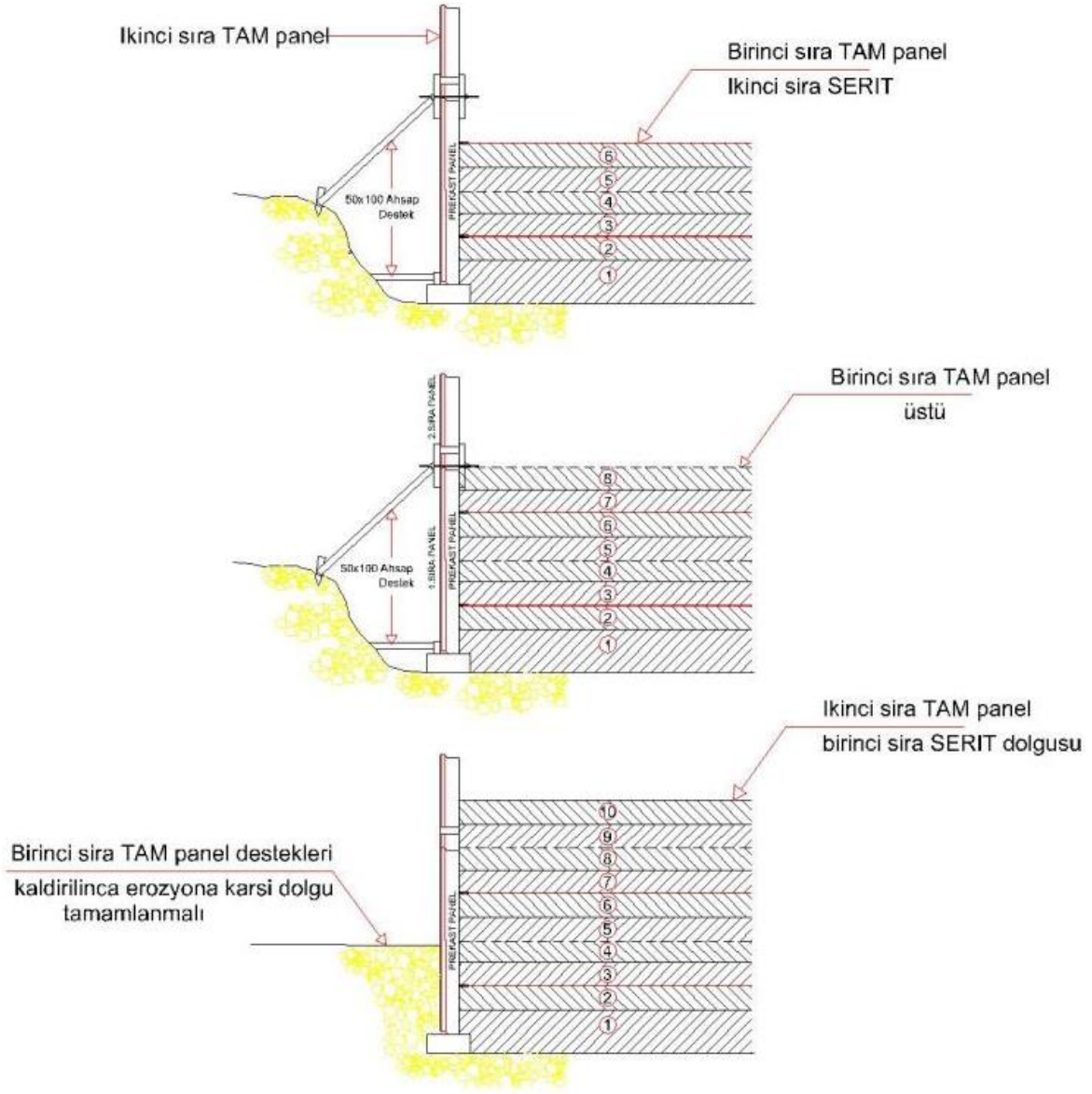
Şekil 2.26



RESİM 7 Prekast Elemanlar Arasındaki Düşey ve Yatay Derzlerin 25 mm Kapalı Hücre Derz Dolgu Fitilleri ile Doldurulması

İlk sıra paneller yerleştirildikten ve sabitlendikten sonra dolgu işlemine başlanabilir. Dolgu malzemesi ilk sıradaki yarım panellerin yüksekliği boyunca doldurulup sıkıştırılır. Yerleştirilen tam ve yarım panellere; özel olarak teknik şartnamede belirtilen normlarda hazırlanan donatı şeritleri cıvata-somun takımlarıyla bağlanır ve dolgu malzemesi donatı şeritlerinin üzerine gelecek şekilde serilir ve sıkıştırılır. Çelik donatı şeritleri, uygulama projesi uyarınca özel olarak üretilip, dolgu malzemesi arasına (düşeyde en fazla 75 cm' de bir sıra) gerekli kontrol işlemleri yapılarak konulur. Çelik donatı şeritlerinin, yükleme, boşaltma ve taşıma esnasında kalıcı olarak bükülmemesine ve koruyucu galvaniz tabakasının zarar görmemesine dikkat edilecektir. Dolgu işlemi 37,50 cm' lik sıkıştırılmış tabakalar halinde yapılır. İlk sıra panellerin yerleştirilmesi, montajı ve geri dolgusunun yapılmasından sonra diğer sıra paneller aynı işlemlerin tekrarlanması suretiyle yapılır.

İlk sıra tam panel yüksekliğinde dolgu tamamlanıncaya dek ilk sıradaki destekler korunur. Bu ilk panelin dolgusu tamamlandıktan sonra destekler alınabilir.



Şekil 2.27 Toprakarme Panel kesit

İlk sıra elemanların yatay ve düşey doğrultularının yapının devam eden aşamalarını doğrudan etkilemesi nedeni ile düşey ve yatay doğrultuların değişmemesi için dolgu malzemesinin serilmesine, sıkıştırılmasına gerekli özen gösterilmelidir. Ağırlığı 1500 kg' dan fazla olan tüm araçlar ve iş makineleri prekast yüzey elemanlarından en az 1,0 metre uzakta bulunmalı, bu 1,0 metrelik kısımda sıkışma işlemi kütlesi 1500 kg' dan fazla olmayan titreşimli kompaktör veya metre genişlikte ağırlığı 1300 kg' dan fazla olmayan vibrasyonlu silindir ile yapılmalıdır. Ayrıca dolgu malzemesinin serilmesi işleminde paletli iş makineleri kullanılması halinde paletler galvanizli çelik donatı şeritleri ile kesinlikle temas etmemelidir.



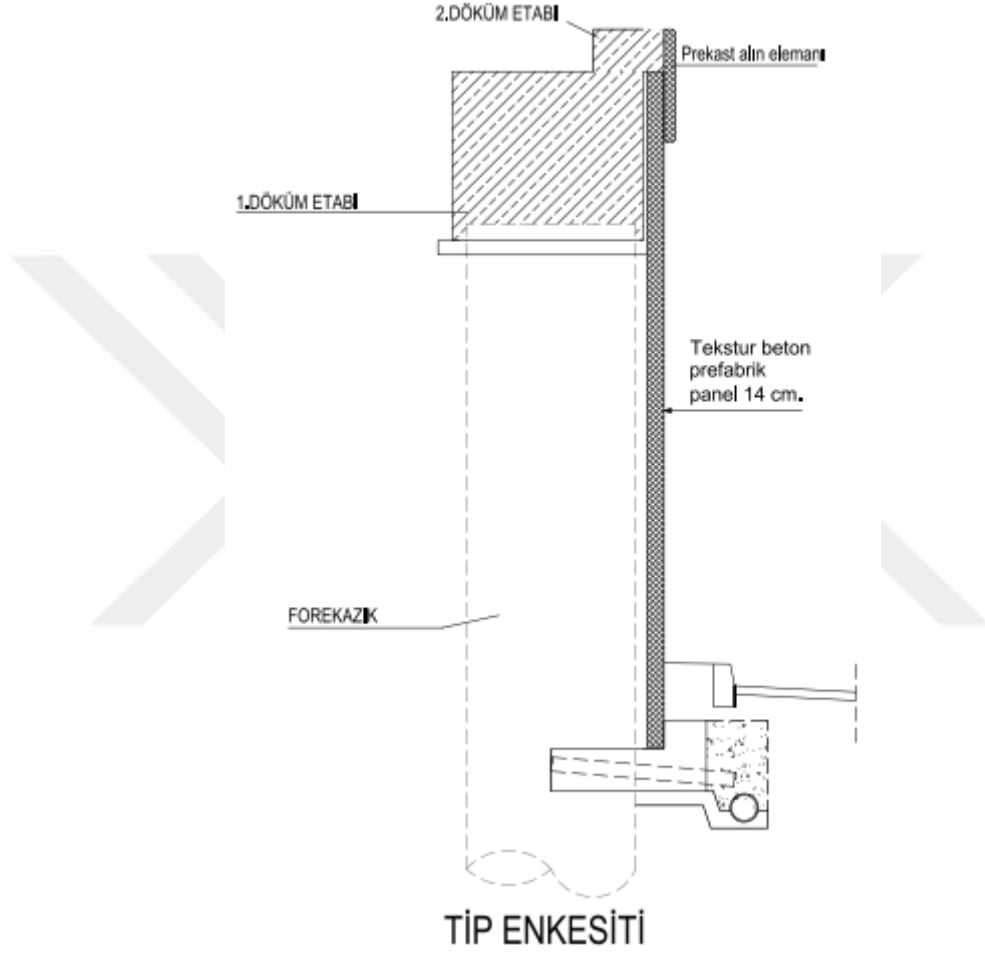
RESİM 10 HarpuŒtaları konmuŒ ve tamamlanmıŒ duvar

Duvar üŒtü detayı ve uygulamaları, hazırlanan uygulama projesi ile belirlenir. Ana projeci tarafından belirlenen esaslar dikkate alınarak duvar üŒtü drenajı, tretuar detayı veya harpuŒta detayı uygulama projesinde detaylandırılır. Duvar üzerinde harpuŒta (kep elemanı) montajı yapılacak ise; son aŒamada prekast olarak hazırlanmıŒ olan harpuŒta panelleri kaynak ile duvar arkasında önceden hazırlanmıŒ olan demirlere monte edilerek yapı tamamlanır.

2.10.5 Kazık Önü Prekast Panel Kaplama(Modüler Blok)

2.10.5.1 Modüler Blok

Kazık Önü Prekast Kaplama Elemanları; fore kazık ve/veya istinat duvarı yüzeylerinin kaplanması amacıyla çelik kalıplarda dökülen betondan imal edilmiş yapı elemanlarıdır.



Şekil 2.28 Tıp Enkesit

2.10.5.2 Malzeme ve Üretim

Prekast panellerin üretimi için çelik kalıplar kullanılacaktır. Kalıplar, panellerin boyutlarında ± 5 mm'den fazla sapma olmayacak şekilde hazırlanacaktır. Kalıplar düz bir zemin üzerine yerleştirilecektir. Demir teçhizat, projesine göre hazırlanarak kalıp içine yerleştirilecek ve oynamayacak şekilde tespit edilecektir. Bağlantı elemanları veya ankraj halkaları ve kaldırma kancaları kalıp içerisine projesine uygun olarak yerleştirilecek ve beton dökümünde yerinden oynamayacak şekilde tespit edilecektir.

Beton üretiminde karışım dizaynına uyulacak ve TS EN 934-2 standardına uygun beton kimyasal katkıları beton üretimlerinde kullanılabilir.

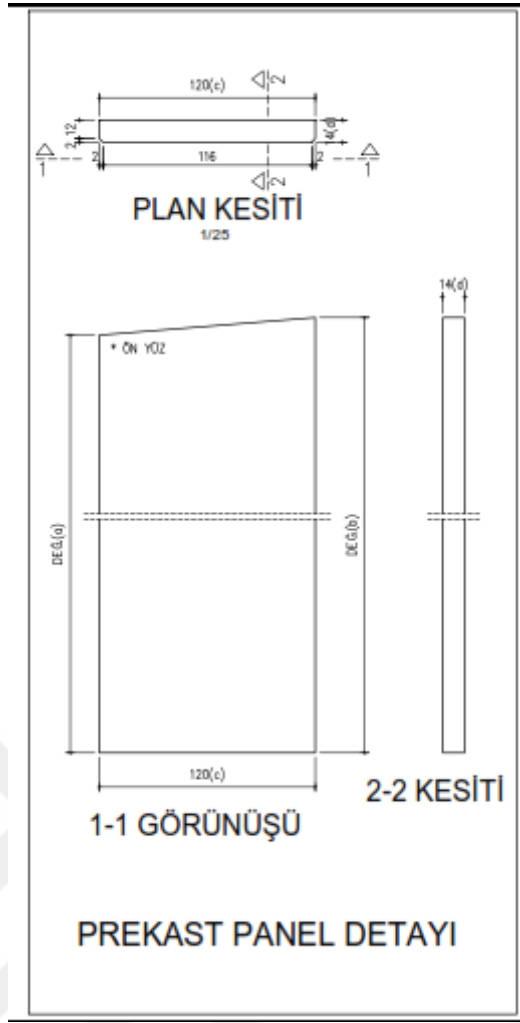
Betonda kullanılacak çimento, TS EN 197-1 Standardına uygun PÇ 42,5 MPa portland çimentosu olacaktır.

Betonun 150x300 mm silindir numunesinde karakteristik dayanım sınıfı C30 olacaktır. Beton üretimi sırasında kalite kontrol yönünden gerekli testler yapılarak uygunluk kontrol edilecektir.

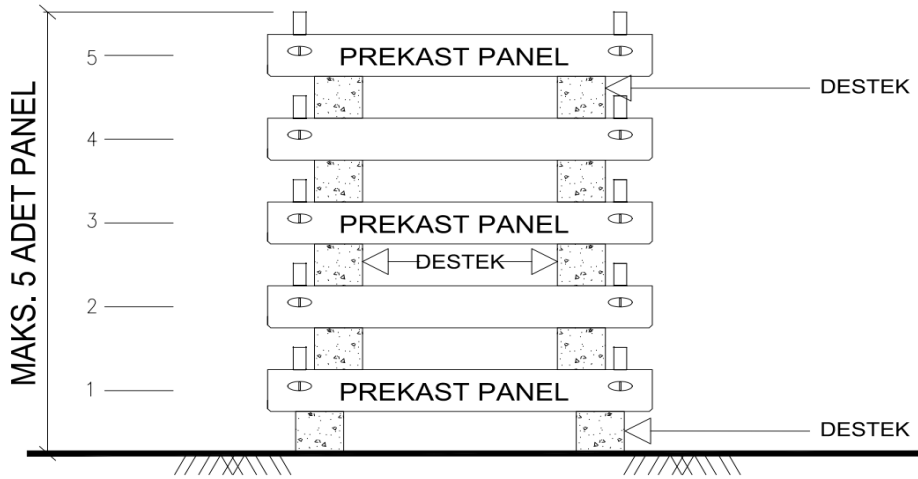
Hazırlanan panel kalıpları içerisine kalıbın ön yüzleri altta olacak şekilde beton dökülecektir. Beton uygun vibratörle sıkıştırılarak, kalıbın bütün boşlukları tamamen doldurulacaktır. Kalıplar, beton sertleştikten ve 8 Mpa mukavemete ulaştıktan sonra panele zarar vermeyecek şekilde sökülecektir.

Kalıplar her beton dökümünde önce temizlenecek ve uygun görülen kalıp yağı ile yağlanacaktır. Panel ön yüzlerindeki leke ve desen bozulması olmayacaktır. Panellerin çıkıntı yapan bağlantı noktalarına zarar vermemek için paneller ahşap takozlar üzerine en fazla 5 adet olacak şekilde istiflenecektir. İstifleme ve taşıma işlemi sırasında köşelerin kırılmamasına özen gösterilecektir. Prekast paneller; projesinde belirtilen duvar geometrisini sağlayacak şekilde değişen ebatlarda ve desenli olarak imal edilecektir. Üretimi yapılan panellerin bütün boyutlarında izin verilen tolerans ± 10 mm dir.

Üretimi yapılan her panelin arka yüzüne; üretim tarihi, üretim numarası ve tipi, belirgin ve kalıcı bir şekilde yazılacaktır.



Şekil 2.29 Prekast Eleman Detayları



Şekil 2.30 Prekast Eleman İstif Detayı

2.10.5.3 Yapım ve Montaj

Kazık Önü Prekast Kaplama yapılacak yerde zemin projesine göre kazılarak, temizlenecek ve temel tabanı sıkıştırılacaktır. Daha sonra temel tabanına projesine uygun beton dökülecektir. Temel betonu sınıfı C20 olacaktır. Yerinde dökme temel betonu ± 5 mm toleransla düzgün bir şekilde yapılacaktır.

Prekast paneller hazırlanan beton temel üzerine yerleştirilecektir. Panellerin üst kotları, yatay ve düşey hatları; ± 5 mm tolerans içerisinde olacak şekilde kontrol edildikten sonra panelin yerleşiminde kullanılan iş makinesi ile irtibatı kesilecektir. Doğrultu ve kotu sağlamak için malzeme gerektiğinde panel altında doğru hattı sağlamak için kuru dolgu harcı veya uygun yapıştırma harcı kullanılacaktır.

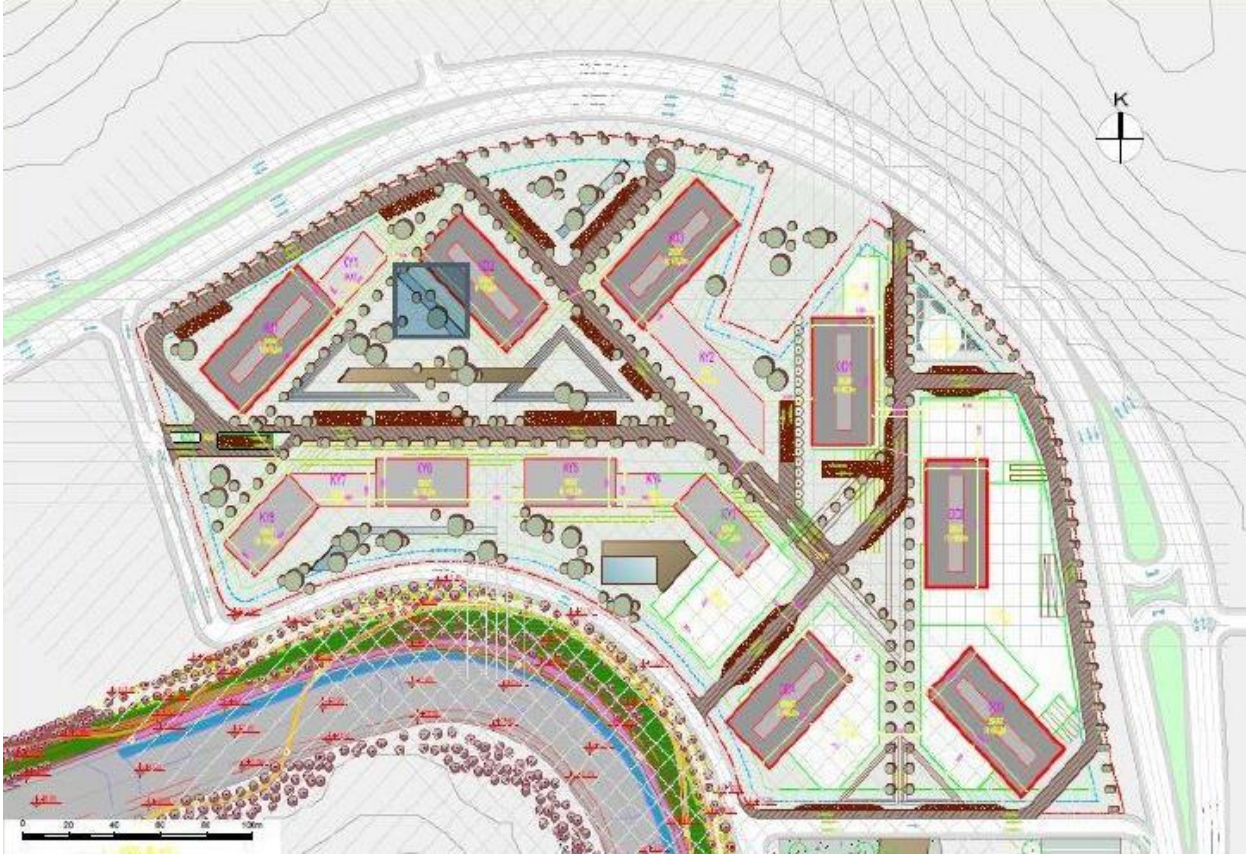
Paneller yerleştirilmeden önce panellerde, hasar olup olmadığı kontrol edilecektir. Hasarlı paneller imalatta kullanılmayacaktır.

Duvar üstü detayı ve uygulamaları, hazırlanan uygulama projesi ile belirlenir. Ana projeci tarafından belirlenen esaslar dikkate alınarak duvar üstü drenajı, tretuar detayı veya harpušta detayı uygulama projesinde detaylandırılır. Duvar üzerinde harpušta (kep elemanı) montajı yapılacak ise; son aşamada prekast olarak hazırlanmış olan harpušta panelleri kaynak ile başlık kirişi demirlerine monte edilerek yapı tamamlanır

3 – VADİSTANBUL PROJESİ PARK ETABI ZEMİN İYİLEŞTİRME KAPSAMINDA UYGULANAN GEOTEKNİK YÖNTEM VE UYGULAMALAR

3.1 Çalışma Sahasının Tanıtımı Genel Bilgiler

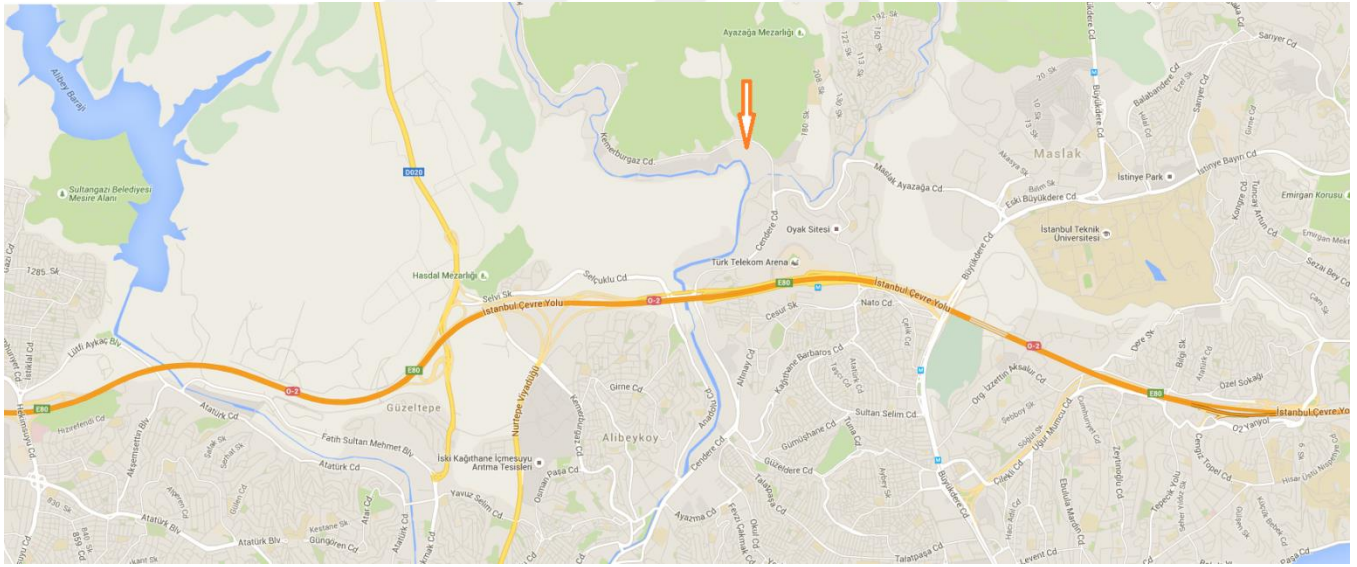
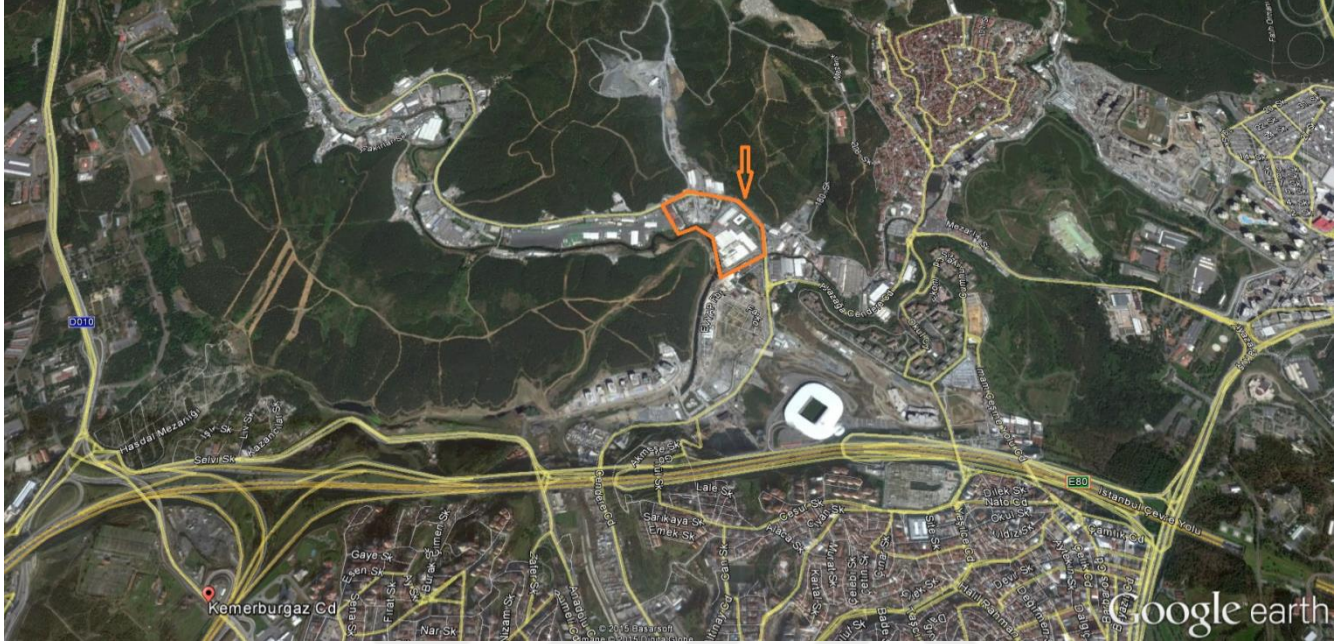
Vadistanbul 3. Etap Projesi kapsamında bulunan arsanın tamamı yaklaşık 73.398 m² yüzölçümüne sahiptir. Mevcut binaya ait oturma alanı toplam 64.334 m²'dir. Vadistanbul 3. Etap Projesi kapsamında kat sayısı 10-20 arasında değişen toplam 15 adet bina yapılması planlanmaktadır. Toplam otopark plan uzunluğu 1.224 m olup 551 m uzunluğa sahip olan birinci bölgede 3 bodrum katlı, 673 m uzunluğa sahip olan ikinci bölgede ise 2 bodrum kattan oluşan otopark inşa edilecektir.



Şekil 3.1: Vaziyet Planı

Bu çalışma kapsamında, yapılacak binaların iksa sistemleri geoteknik açıdan değerlendirilmektedir.

İnceleme alanı İstanbul ili, Sarıyer ilçesi, Ayazağa Mahallesi, Cendere mevkiinde yer alır. Mevcut ulaşım, Sarıyer’i TEM otoyolu ve D-100 Karayolu’ na bağlayan ana ve ara bağlantı yolları ile sağlanabilmektedir.



Şekil 3.2 – İnceleme Alanı Hava Fotoğrafi ve Yer Bulduru Haritası

3.2 Jeomorfolojik ve Çevresel Bilgiler

İnceleme alanı genel olarak düz – az eğimli, bir morfolojiye sahiptir. Sahada genel kot değerleri 10.00 m – 15.00 m arasında değişmektedir. Saha Cendere vadisi üzerindedir.

Bölgede Akdeniz iklimi etkindir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Beslenme ve buharlaşma – terleme ile su kaybını belirlemek için, bölge koşullarını temsil eden Florya Meteoroloji Gözlem ve Ölçüm İstasyonu, ölçüm değerlerinden yararlanılmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık 13.6 °C’ dir. Ortalama en yüksek sıcaklık 23.2 °C ile temmuz ve ortalama en düşük sıcaklık ise 5.1°C ile ocak aylarındadır. Ortalama yıllık yağış 637 mm. ‘dir. Ortama en yüksek yağış 100 mm. ile aralık ve en düşük 17 mm. ile temmuz aylarında ölçülmüştür. Genel olarak ekim sonunda başlayan yağışlı dönem mart sonuna kadar devam etmektedir. Nisan’dan itibaren azalan yağışlar ekim sonuna kadar uzayan bir kurak devre oluşturur.

Proje alanında 15 adet blok planlanmıştır. Yapılara ait bina önem katsayısı I : 1 dir. Yapılara ait boyut, kat sayısı ve oturma alanını gösterir özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4 – Projede İnşa Edilecek Yapılara Ait Bilgiler

Sıra No	Blok No	Boyut (m.)	Kat Sayısı	Oturma Alanı (m ²)
1	KY1	18.60 x 33.30	3B+Z+6NK=10K	619
2	KY2	18.60 X 66.30	3B+Z+6NK=10K	1233
3	KD1	26.50 x 67.00	3B+Z+19NK=23K	1775
4	KD2	26.90 X 69.40	3B+Z+19NK=23K	1867
5	KD3	25.10 X 57.00	3B+Z+18NK=22K	1430
6	KY3	21.00 X 38.20	3B+Z+9NK=13K	802
7	KY4	15.60 X 34.50	3B+Z+3NK=7K	538
8	KY5	21.00 X 38.20	3B+Z+9NK=13K	802

9	KY6	21.00 X 38.20	3B+Z+9NK=13K	802
10	KY7	15.60 X 34.40	3B+Z+3NK=7K	537
11	KY8	23.80 X 41.40	3B+Z+9NK=13K	985
12	OD1	25.90 X 54.00	3B+Z+15NK=19K	1399
13	OD2	29.20 X 46.00	3B+Z+23NK=27K	1343
14	OD3	27.20 X 49.00	3B+Z+23NK=27K	1333
15	OD4	27.00 X 49.00	3B+Z+15NK=19K	1333

İnceleme alanında temelde Paleozoik döneme ait Trakya Formasyonu ve üzerinde alüvyal çökellerle yapay dolgular belirlenmiştir.

Trakya Formasyonu: Proje sahasında Trakya formasyonu vadi içinde alüvyon altında ve vadi yamaçlarında devam eder. Görünür kalınlığı yaklaşık 100 metreden çoktur. Genellikle gri renkli şeyl ve çamurtaşlarından oluşmakla birlikte yer yer kumtaşları içermektedir. Şeyllerde katman kalınlıkları ince orta (1cm ile 10 cm) iken çamurtaşları daha kalın, kumtaşların ise en kalındır (20-70 cm arası). Formasyonda egemen litoloji şeyldir. Fakat kumtaşı birimin yaklaşık 80 metreye vardığı yerler de bulunmaktadır. Kumtaşları, şeyller içinde tabaka, mercek ve yumru şeklinde bulunmaktadır. Şeyle göre daha çabuk ayrıştığından rengi griden sarımsı ya da pas rengine dönmektedir. Gerek ayrışma özelliği ve gerekse tabaklanma kalınlığı açısından şeyl ve çamurtaşları içinde kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Kumtaşı kimyasal olarak soğan kabuğu şeklinde ayrıştığından küresel bloklar şeklinde iken şeyller için tipik olan kalem klivajından dolayı uzun kalemsi yongalar şeklinde koparlar. Formasyonun bol eklemli ve çatlaklı olması onun fiziksel olarak dağılgan bir doğaya sahip olmasına neden olmuştur. Bu eklem, çatlak ve makaslamların daha ayrıntılı bir çalışmayla ölçümleri ve değerlendirmeleri yapılabilir.

Trakya formasyonu'nun tabakaları saha içinde kabaca kuzey- güney doğrultusunda yönelmektedir. Eğimleri ise 50 ile 90 derece arasında değişmektedir. Eğim yönleri genellikle kuzey doğuya yani askeri yapılaşma alanına doğru, diğer bir deyişle yamaç eğimi tersine doğrudur. Bu durum yamaç duraylılığını arttıran bir durumdur. Saha gözlemlerinde bu birimin yüzeylendiği yerlerde herhangi bir kütle hareketi (heyelan, akma, kayma) gözlenmemiştir.

Ayrışma Zonu: Gerek jeolojik ve gerekse jeofizik çalışmalarda proje sahasında en üstteki dolgu ve alüvyon ile en alttaki Trakya formasyonu arasında bir ayrışma zonu belirlenmiştir. Tüm alanda yaygındır. Bu zemin büyük olasılıkla alttaki Trakya formasyonuna ait birimlerin ayrışmasıyla oluşmuştur. Sert kaya özelliğini tamamen kayıp etmiştir. Tipik bir zemin özelliğindedir. Bu birimin sahadaki kalınlığı ile mühendislik özelliklerinin yapılmış olan sondajlardan ve alınan örneklerde üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile belirlenmiştir.

Alüvyon: Sahada Cendere Vadisi boyunca uzanan güncel çökellerden oluşmuş alüvyal birikintiler belirlenmiştir. Bu birimler genel olarak siltli, kumlu killerden ibarettir. Bu düzeylerin kalınlığı inceleme alanı genelinde değişiklik göstermekle birlikte 3.00 m – 37.50 m aralığındadır.

Yapay Dolgu: İnceleme alanında genel olarak alüvyal birikintiler üzerinde heterojen özellikte yer yer molozlu ve kaya parçaları içeren yapay dolgular belirlenmiştir. Bu dolguların kalınlığı 0.30 m – 8.00 m aralığındadır.

3.3 Mühendislik Jeolojisi

İncelenen parsel alanında açılan temel araştırma sondajları, önceki çalışmalar ve yapılan gözlemlere göre sahada temelde Trakya Formasyonu' na ait birimler üstte ise bu birimleri örten güncel çökeller ve yapay dolgular yer alır.

Sahada açılan sondajlarda en üstte kalınlığı 0.30 m – 8.00 m arasında değişen yapay dolgular belirlenmiştir. Dolgu düzeyleri altında genel olarak alüvyal çökeller geçilmiştir. Bu düzeylerin kalınlığı saha genelinde değişiklik göstermekle birlikte en çok 37.50 m kalınlıklara ulaşmaktadır. Bu

düzeyler altında Trakya Formasyonu' nun ayrışma zonuna girilmektedir. Kalınlığı 0.50 m – 4.00 m arasında değişen bu ayrışma zonu açılan sondajlarda kahverengi, sarımsı, açık yeşilimsi, grimsi, mavi, çok ayrılmış, yer yer çok kırıklı – çatlaklı, bazı düzeyleri çok altere – zeminleşmiş, çok zayıf kalitede kumtaşı – şeyl olarak tanımlanmıştır. Ayrışma zonu altında ise Trakya Formasyonu' na ait anakaya birimlerine girilir. Bu birimler; grimsi mavi, açık gri, kahverengi, sarı, bej, gri, boz, yer yer kırıklı – çatlaklı, genel olarak iyi dayanımlı, şeyl – kumtaşı – silttaşı ardalanmasından oluşan düzeylerdir. Birim içerisinde karotlu ilerleme yapılmış, bu düzeylerden alınan karot örnekleri üzerinde birimin %TCR ve %RQD değerleri belirlenmiştir.

3.4 Genel Jeoloji ve tektonik

İstanbul Paleozoik İstifi

İstanbul'un büyük bir kesimi Paleozoik yaşlı kayalar üzerine oturmaktadır. Jeoloji literatüründe bu birimlere “**İstanbul Paleozoik İstifi**” adı verilir. Bu topluluk Ordovisiyen'den Karbonifer'e kadar uzanan birkaç bin metre kalınlığındaki bir çökel istiftten oluşmaktadır.

Paleozoik istifinin görünen tabanında çoğu morumsu-pembe renkli kırıntılı bir istif bulunur (Sayar, 1979). Kurtköy formasyonu adı ile bilinen bu kırıntılı istif başlıca konglomera, arkoz, feldspatik litarenit, çamurtaşı ve subarkozdan oluşmaktadır. Tabanı gözlenemeyen birimin kalınlığı 1000 m.'den fazladır. Ordovisiyen yaşlı olan birim alüvyon yelpazesi ve örgülü akarsu ortamı ürünüdür (Önalın 1982). Kurtköy formasyonu üste doğru beyazımsı ve pembemsi, şeyl arakatlı kuvarsarenitlerle temsil edilen Aydos formasyonuna geçer. Aydos formasyonu üste doğru çoğunlukla şeyl, silttaşı ve vaketaşları ile temsil edilen Gözdağ formasyonuna geçer. Bu formasyonun üst kesimlerinde bazı bol fosilli kireçtaşı bant ve mercekleri de bulunur.

İstanbul Paleozoyik istifinin daha üstünde beyaz renkli, çapraz tabakalı subarkozlardan oluşan Aydınli formasyonu vardır. İçerisinde bazen 2 m. kalınlığında çakıllı seviyeler de içeren birim çok değişik kalınlıkta tabakalanma gösterir.

Bu kırıntılı birimlerden sonra istifte kalın bir karbonat dizisi yer alır. Bu karbonat dizisi, Gözdağ ve Aydınli formasyonlarıyla geçişli gri, mavimsi gri, bazen pembemsi renkli, bol fosilli, kuvars kumlu, killi, bazen da yumrulu-bantlı bir kireçtaşı ile temsil edilir. Dolayoba formasyonu olarak adlandırılmış olan bu birimin üzerinde ise önce ince tabakalı, laminalı bir kireçtaşı ve daha sonra koyu mavi, koyu gri renkli, yer yer çok ince şeyl seviyeli kireçtaşları ve nihayet yumrulu kireçtaşları bulunur. Alt Devoniyen yaşlı bu üst karbonat kesimin alt düzeyleri sığ self, üst düzeyleri ise bu şelfin dalga tabanı altı ortamlarında çökelmişlerdir.

Yumrulu kireçtaşlarının üzerine önce karbonatlı bir kumtaşı-şeyl arılanması, sonra kireçtaşı bantlı şeyl ve son olarak da bir kireçtaşı istifi gelir. Orta Devoniyen yaşlı (Haas 1968) bu kesim başlıca açık self-derin deniz ortamını temsil etmektedir (Önalın 1982). Üst Devoniyen'de mavimsi renkli, ince yumrulu ve bazen de budinajlı, ince katmanlı kireçtaşları gelişmiştir (Tuzla formasyonu). Bu kireçtaşları ara seviyeler halinde laminalı şeyller içerirler. İçerisinde yer yer çört yumruları da görülen birim giderek çört, radyolaryalı çört ve silisli şeyl arılanmasına geçer. Bu kesimler istifin Karbonifer'e geçiş düzeylerini oluşturmaktadır.

Karbonifer mostraları İstanbul'un daha çok Trakya yakasında, daha az olarak da Anadolu yakasında Üsküdar, Anadolu Kavağı ve Gebze civarında görülür. Karbonifer istifinin alt kesimleri başlıca gri-siyah renkli, ince laminalı ve fosfat nodüllü radyolarit ve radyolaryalı çörtlerden oluşur. Bunlar arasında yer yer sarımsı gri renkli silisli şeyl düzeyleri yer alır. Karbonifer istifinin tabanının görüldüğü Baltalimanı Büyükçayır deresi ve Acıbadem'de birim yumrulu kireçtaşlarının üzerinde dereceli geçişlidir. Yumrulu kireçtaşından radyolaritlere geçişte kireçtaşı içinde önce killi, silisli bant ve bazı çört nodülleri görülür. Giderek erimiş kalker nodülü boşlukları içeren silisli şist tabakaları artar ve nihayet radyolaritlere geçilir. Radyolaritler çoğun gri-siyah renkli, ince katmanlı, laminalıdır. Kalınlığı 50 m'den daha az olan bu birim literatürde Baltalimanı formasyonu olarak bilinir.

Derin denizel radyolarit -radyolaryalı çört istifü üste doğru giderek başlıca kırıntılı kayalardan oluşun kalın bir istife geçer. **Trakya formasyonu** olarak bilinen bu kesimin alt düzeyleri killi şeyl ve az oranda da kumtaşından oluşur. Heybeliada ve Kartal dolaylarında bu düzeylerde yer yer kireçtaşı bant ve merceklerine de rastlanır. Birimde egemen litoloji orta-kalın katmanlı kumtaşı ve şeyl ardalanmasıdır. Ancak bazı alanlarda kumtaşları ve diğer bazı kesimlerde ise şeylin egemen olduğu görülür. Trakya formasyonunun üst kesimlerine doğru kırıntılılar içerisinde kireçtaşı ve kumlu kireçtaşı ara katkıları görülmeye başlar. Bunun yanı sıra istif içinde yer yer görülen kaba kırıntılı kesimler de alttan üste doğru kalınlık ve miktar olarak artarlar. Bunlar kumtaşı ve şeyller içinde yanal devamı pek fazla olmayan mercekler şeklindedir.

İstifin daha üstüne doğru içerisinde bitki kırıntıları bulunan konglomera arakatkıları da görülür. İstifin en üst düzeylerinde ise kalınlığı yer yer 100 m.yi aşan kireçtaşları yer alır.

İstanbul Paleozoyik istifine sokulmuş çeşitli plütonik kayalar vardır. Bunlardan başlıcaları Polonezköy yakınlarındaki Çavuşbaşı granodiyoriti, Gebze kuzeyindeki Sancaktepe graniti ve Pendik doğusundaki Tavsantepe kuvarsdiyoritidir. Paleozoyik ve daha yaşlı birimleri kesen bu magmatiklerin radyometrik yaş tayinleri bunların Geç Permiyen başında sokulmuş Hersiniyen plütonları olduğunu göstermektedir (Yılmaz, 1977).

Trakya Formasyonu (Kt) :Proje sahasında yüzeylenen Paleozoyik birimi Trakya Formasyonu'dur. Çalışma alanındaki yüzeylenen Trakya formasyonun jeolojik literatürde geçen genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

Birim genelde yeşilimsi gri, yersel olarak pembe renkli, ince-orta tabakalı, kumtaşı ve şeyl ardalanmasından oluşur. Türbidit özellikli olan birimde, koşut ve konvolut laminalanma gözlenir. Birimin alt düzeyleri gri renkli, ince-orta tabakalı kireçtaşı-ince tabakalı şeyl ardalanması biçimindedir. Yer yer çört bantlı olan kireçtaşları bazı lokasyonlarda bitkili kumtaşları içerir. Formasyon, üste doğru kumtaşı ağırlıklı kumtaşı-şeyl ardalanmasına geçer. Kumtaşlarında kum, şeyllerde de silt boyutunda oldukça yoğun olarak gözlenen mika pulları, kumtaşlarına karakteristik

bir özellik kazandırır. Birimin alt kısmının orta kesimlerinde olduğu tahmin edilen koyu gri-siyah renkli, piritli kireçtaşları gözlenmektedir. Birim, Kartal Formasyonu ile Gözdağ Formasyonu'nun mika pullu kumtaşı-şeyl aralanmasından oluşan düzeyleriyle büyük benzerlik sunar. Birim, altta Baltalimanı Formasyonu ile geçişlidir. Üstü aşınmalı olup, PermoTriyas yaşlı ve daha genç birimler tarafından açılı uyumsuz olarak üzerlenir. Trakya Formasyonu'nun alt yarısı türbiditlerin geliştiği derince bir denizde (abisal), üst kesimi de daha Sığ çökel alanlarında oluşmuştur (Önalın, 1982).

Ayrışma Zonu: Gerek jeolojik ve gerekse jeofizik çalışmalarda proje sahasında en üstteki dolgu ve alüvyon ile en alttaki Trakya formasyonu arasında bir ayrışma zonu belirlenmiştir. Tüm alanda yaygındır. Bu zemin büyük olasılıkla alttaki Trakya formasyonuna ait birimlerin kimyasal yoldan ayrışmasıyla oluşmuştur. Sert kaya özelliğini tamamen kayıp etmiştir. Tipik bir zemin özelliğindedir. Bu birimin sahadaki kalınlığı ile mühendislik özelliklerinin yapılmış olan sondajlardan ve alınan örneklerde üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile belirlenmiştir.

Alüvyon: Bölgede Cendere Vadisi boyunca uzanan güncel çökellerden oluşmuş alüvyal birikintiler belirlenmiştir. Bu birimler genel olarak siltli, kumlu killerden ibarettir. Bu düzeylerin kalınlığı saha genelinde değişiklik göstermekle birlikte ortalama 0.80 m. – 38.00 m. aralığındadır.

Yapay Dolgu: Bölgede genel olarak alüvyal birikintiler üzerinde heterojen özellikte yer yer molozlu ve kaya parçaları içeren yapay dolgular belirlenmiştir. Bu dolguların kalınlığı 0.30 m. – 14.70 m. aralığındadır.

SİSTEM SERİ KAT	GRUP	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK (m)	KAYATÜRÜ	AÇIKLAMALAR
KÜVATERNER	TER SİYER	OLİGO-MYÖSEN	MEŞETEPE ²	100		Traverten, yamaç molozu, kumul, plaj kumu, alüvyon
			KAYALITEPE ¹			UYUMSUZLUK Çakıllaşı, kumtaşı ¹ / Kumtaşı, kilitaşı, çakıllaşı, kömür ²
KRETAŞE	MAASTRİT	ÜST	AKVEREN	50-70		UYUMSUZLUK Biyoklastik kireçtaşı, killi kireçtaşı, şeyl, volkanit İLİŞKİ GÖZLENMEDİ Kontakt metamorfik zon Granodiyorit, kuvarsdiyorit
			RİVA ²			Aglomera, andezit, bazalt, tuf ² Volkanojenik, türbiditik kumtaşı, şeyl ¹
KRETAŞE	SANTON-KAMP	YEMİŞLİÇAY	İSHAKLI ¹	500		TEKTONİK Kumtaşı, şeyl, mar
			BAKIRLI-KIRAN			TEKTONİK
KRETAŞE	RİYAS	ÜST	ERİKLİ	80		Kumtaşı, silttaşı, şeyl
			TRAKYA			TEKTONİK
KRETAŞE	KARBONİFER	ALT	BALTALIMANI	75		Türbiditik kumtaşı, şeyl, kireçtaşı Kireçtaşı Fosfatik yumrulu radyolarit, çört, silisifiye şeyl, kireçtaşı
			BÜYÜKADA			Küçük yumrulu kireçtaşı, şeyl Çört, silisifiye şeyl Çörtlü kireçtaşı
KRETAŞE	DEVONİYEN	ORTA	KARTAL	750		Şeyl, kumtaşı, kireçtaşı Türbiditik kireçtaşı, kireçtaşı, şeyl Şeyl, kumtaşı, kireçtaşı
			YUMRUKAYA			iri yumrulu killi kireçtaşı, şeyl Kireçtaşı, şeyl Laminallı kireçtaşı, şeyl
KRETAŞE	DEVONİYEN	ALT	İSTİNYE	300		Resifal kireçtaşı
			DOLAYOBA			Feldispatlı kuvars kumtaşı Şeyl (graptolittli), kumtaşı, kireçtaşı
KRETAŞE	SİLÜRYEN	ÜST	GÖZDAĞ	500		Kuvarsitlik kumtaşı, çakıllaşı
			AYDOS			Feldispatlı kumtaşı, şeyl, çakıllaşı (arkozik)
KRETAŞE	SİLÜRYEN	ALT	KURTKÖY	1000		Yeşil kumtaşı, mor şeyl
			BAKAKAK			Yeşil şeyl, ince kumtaşı
KRETAŞE	SİLÜRYEN	ALT	KOCA-TÖNGEL	1500		ÖLÇEKSİZ

F22 d paftasına ait stratigrafik sütun kesiti (İPİ: İstanbul Paleozoyik İstifi; HTİ: Hüseyinli Triyas İstifi).

Şekil 3.4 – Bölgesel Ölçekte Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesiti

3.5 Arazi Araştırmaları ve Deneyler

3.5.1 Arazi, Laboratuvar ve Büro Çalışma Yöntemlerinin Tanıtılması

İnceleme alanında yüzeylenen birimlerin ve stratigrafik istifin belirlenmesinde, saha gözlemleri ile daha önceki yıllarda yapılan çalışmalardan istifade edilmiştir. Yine çevredeki mostralardan, temel araştırma sondajlarından, mevcut kazılardan ve jeofizik ölçülerden faydalanılarak birimleri oluşturan litolojiler tanımlanmıştır.

İnceleme alanında ayırtlanan birimlerin, özelliklerini, birbirleriyle ilişkilerini, kaya ise kaya kalitelerini; zemin ise SPT değerlerini, kıvamı, sıklığını ve yer altı suyu düzeyi derinliğini tespit etmek için proje alanı çevresi boyunca iksa amaçlı derinlikleri ortalama 25.00 m olan toplam 10 adet “İSK” rumuzlu sondajlar ile proje alanı içerisinde yapı alanlarında derinlikleri 25.00 – 45.00 m arasında değişen 23 adet “KSK” rumuzlu temel araştırma sondajları açılmıştır.

Saha çalışmaları kapsamında proje alanında açılan sondajlarda saha genelini temsil edecek şekilde pressiyometre deneyleri yapılmıştır. Böylelikle, sondaj kuyularında değişik düzeylerde gerilme alanı oluşturarak, oluşan deformasyonlar ölçülüp, limit basınç değeri ile elastisite modülü belirlenmiştir.

Arazi çalışmaları kapsamında açılan temel araştırma sondajları ve jeofizik ölçü – serim yerleri, ulusal koordinatlarda aplike edilerek, tüm bu lokasyonların kot ve koordinatları belirlenmiş, listelenmiştir. Bu lokasyonları gösterir vaziyet planı eklerde verilmiştir.

3.5.2 Araştırma Çukurları

Proje alanını oluşturan parsel alanında, doğal litolojiler üzerinde yer alan yapay dolgu kalınlığı, sahada rotary yöntemle açılan sondaj lokasyonları yakınında açılan sirkülasyon çukurlarında açıkça izlenebilmektedir. Bu sebeple sahada tekrar araştırma çukuru açılmasına gerek görülmemiştir.

3.5.3 Araştırma Sondajları

Proje alanı çevresi boyunca iksa amaçlı derinlikleri ortalama 25.00 m olan toplam 10 adet “İSK” rumuzlu sondajlar ile proje alanı içerisinde yapı alanlarında derinlikleri 25.00 – 45.00 m arasında değişen 23 adet “KSK” rumuzlu temel araştırma sondajları açılmıştır. Sondajlar rotary sistemle, sulu ve muhafazalı çalışılarak açılmıştır. Açılan sondajların her birinde, zemin ve kaya türlerinin jeoteknik özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla arazi deneyleri uygulanmıştır. Sahada sondajlar sırasında zemin nitelikli birimlerde SPT deneyleri yapılmış; kaya nitelikli birimlerde ise %RQD ve %TCR değerleri belirlenmiştir. Açılan sondajların derinlikleri, kot – koordinatları gösterir özet tablo aşağıda verilmiştir.

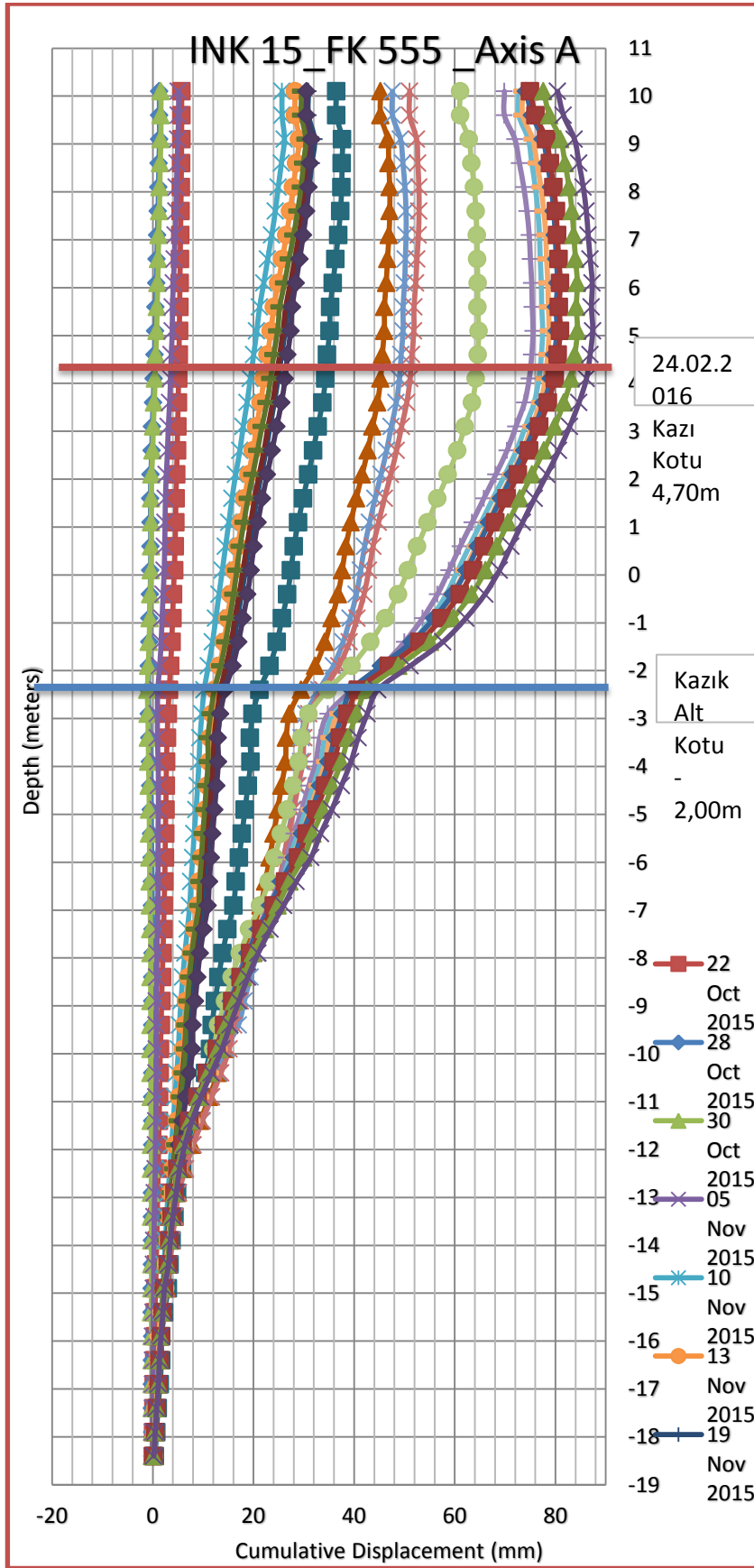
Tablo 5 – Proje Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Kot-Koordinatlar

Sıra No	Sondaj No	Derinlik (m)	X (Kuzey)	Y (Doğu)	Z (Kot) m
1	KSK-3	38,00	4553572.66	414683.61	14.20
2	KSK-4	43,50	4553590.23	414696.09	14.40
3	KSK-5	42,00	4553588.00	414736.00	14.00
4	KSK-7	39,00	4553565.54	414762.08	14.40
5	KSK-8	42,00	4553587.34	414815.83	13.40
6	KSK-9	43,00	4553589.00	414843.00	13.00
7	KSK-12	37,00	4553525.00	414874.00	10.40
8	KSK-14	34,50	4553563.68	414946.03	10.30
9	KSK-15	40,50	4553599.75	414903.38	11.60
10	KSK-17	45,00	4553521.37	414910.16	11.30
11	KSK-18	42,00	4553504.00	414951.00	11.00
12	KSK-19	38,00	4553485.95	414959.21	10.75
13	KSK-23	38,00	4553405.16	414976.99	11.40
14	KSK-24	39,00	4553389.90	414993.49	10.75
15	KSK-26	34,00	4553395.00	414878.00	11.00

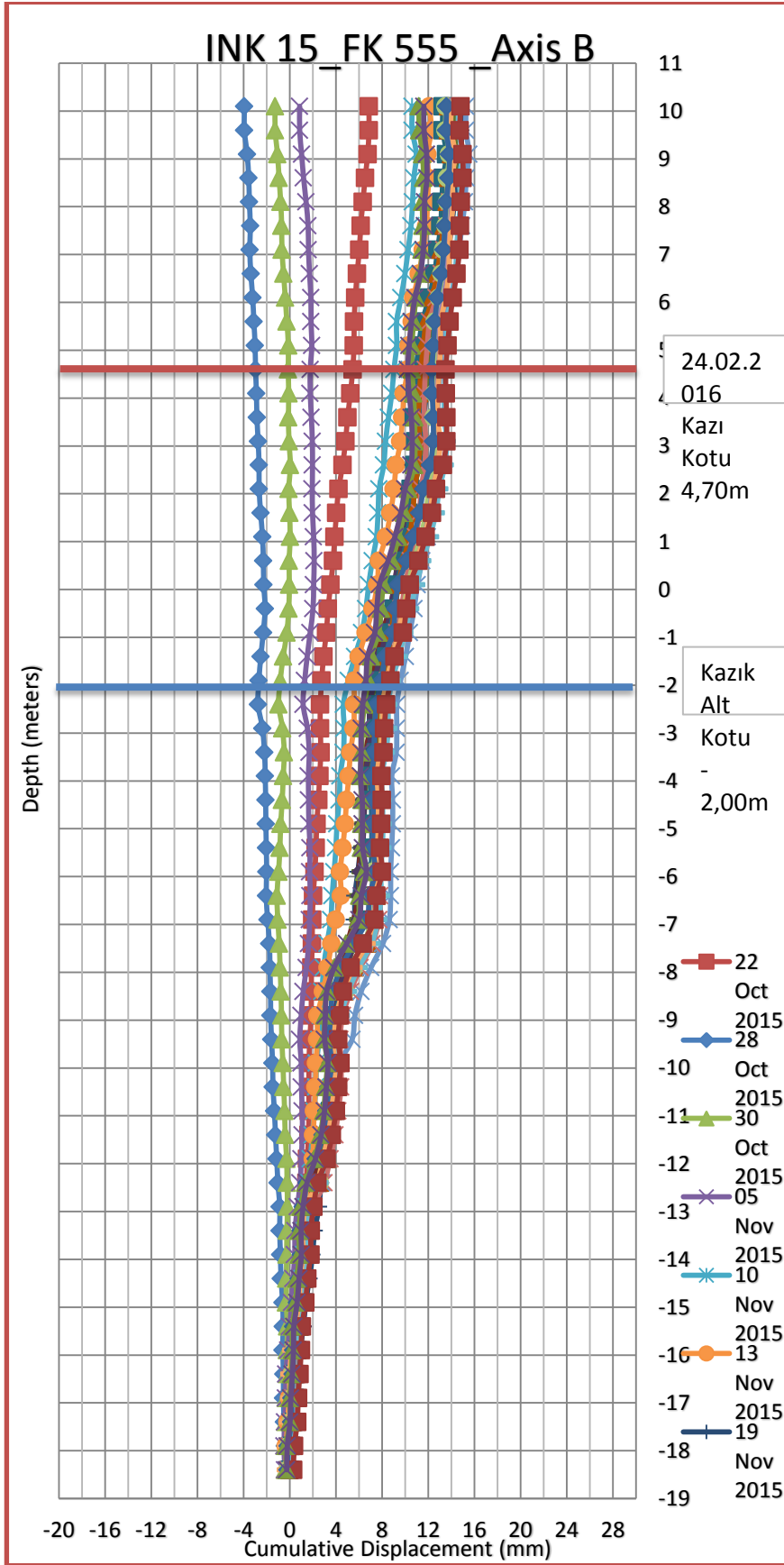
16	KSK-27	34,00	4553413.41	414886.89	11.30
17	KSK-29	25,50	4553451.66	414849.32	10.10
18	KSK-30	34,00	4553475.06	414871.17	10.15
19	KSK-31	31.50	4553490.00	414845.00	10.00
20	KSK-32	28.50	4553497.90	414823.41	10.50
21	KSK-34	37,00	4553505.85	414777.43	15.00
22	KSK-35	41,00	4553503.85	414743.65	15.00
23	KSK-37	36.00	4553505.68	414691.10	10.00
24	İSK-2	25,00	4553615.07	414717.77	14.30
25	İSK-3	33,00	4553632.37	414794.54	14.00
26	İSK-4	26,00	4553559.44	414877.34	10.70
27	İSK-5	24,00	4553530.14	414988.66	10.75
28	İSK-6	25,00	4553377.22	414019.99	11.40
29	İSK-7	25,00	4553374.12	414936.48	11.30
30	İSK-8	24,00	4553415.95	414854.21	11.30
31	İSK-9	21,00	4553438.78	414830.93	10.10
32	İSK-10	24,00	4553475.46	414793.57	13.70
33	İSK-11	22,50	4553473.32	414737.55	15.50

3.5.1.1 İnklinometre Analiz ve Grafikleri

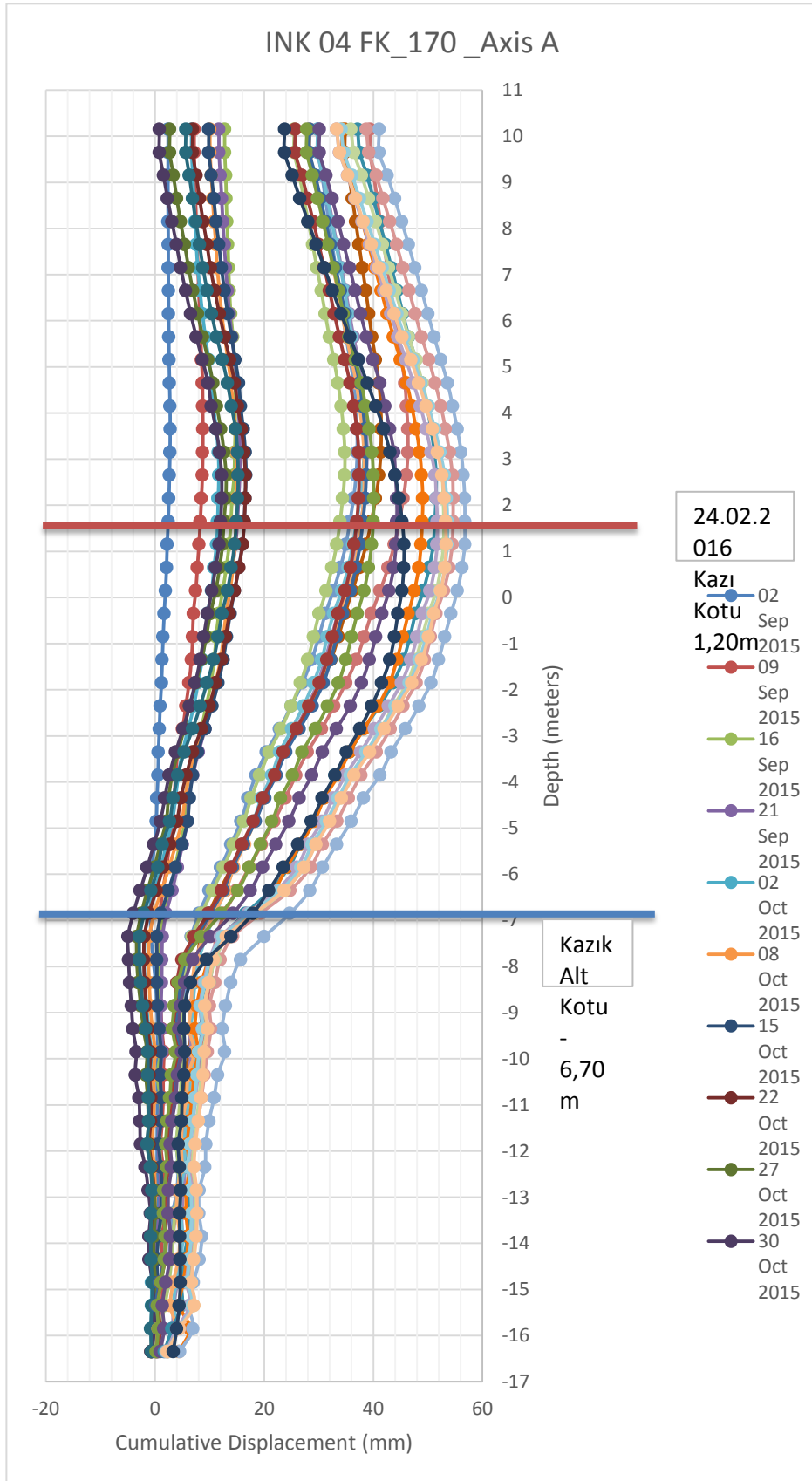
Tablo 6 ;İnklinometre 15 fk 555 Axis A



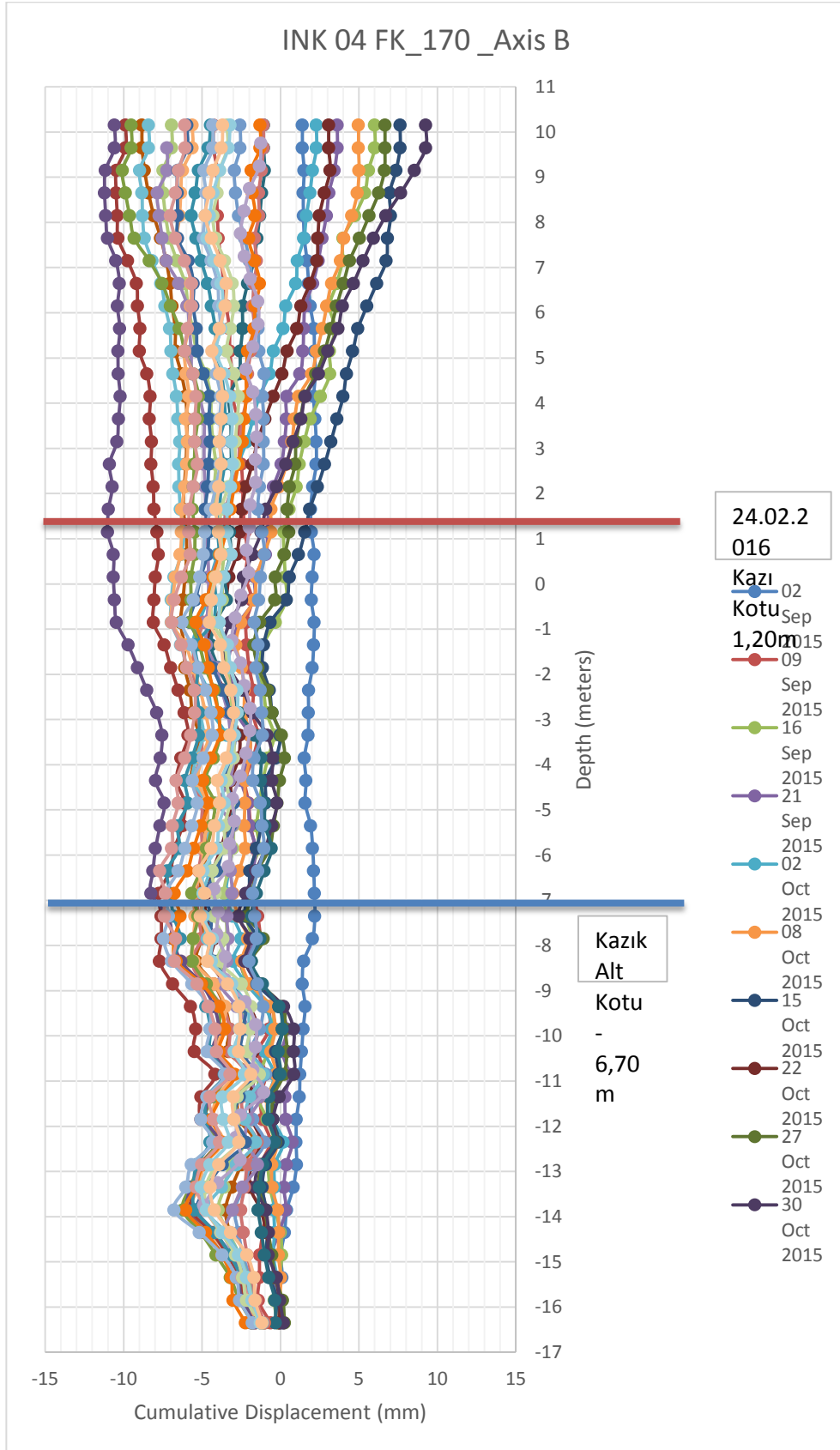
Tablo 7 ; İnklinometre 15 fk 555 Axis B



Tablo8 ;İnklinometre 4 fk 170 Axis A



Tablo9 ; İnklinometre 4 fk 170 Axis B



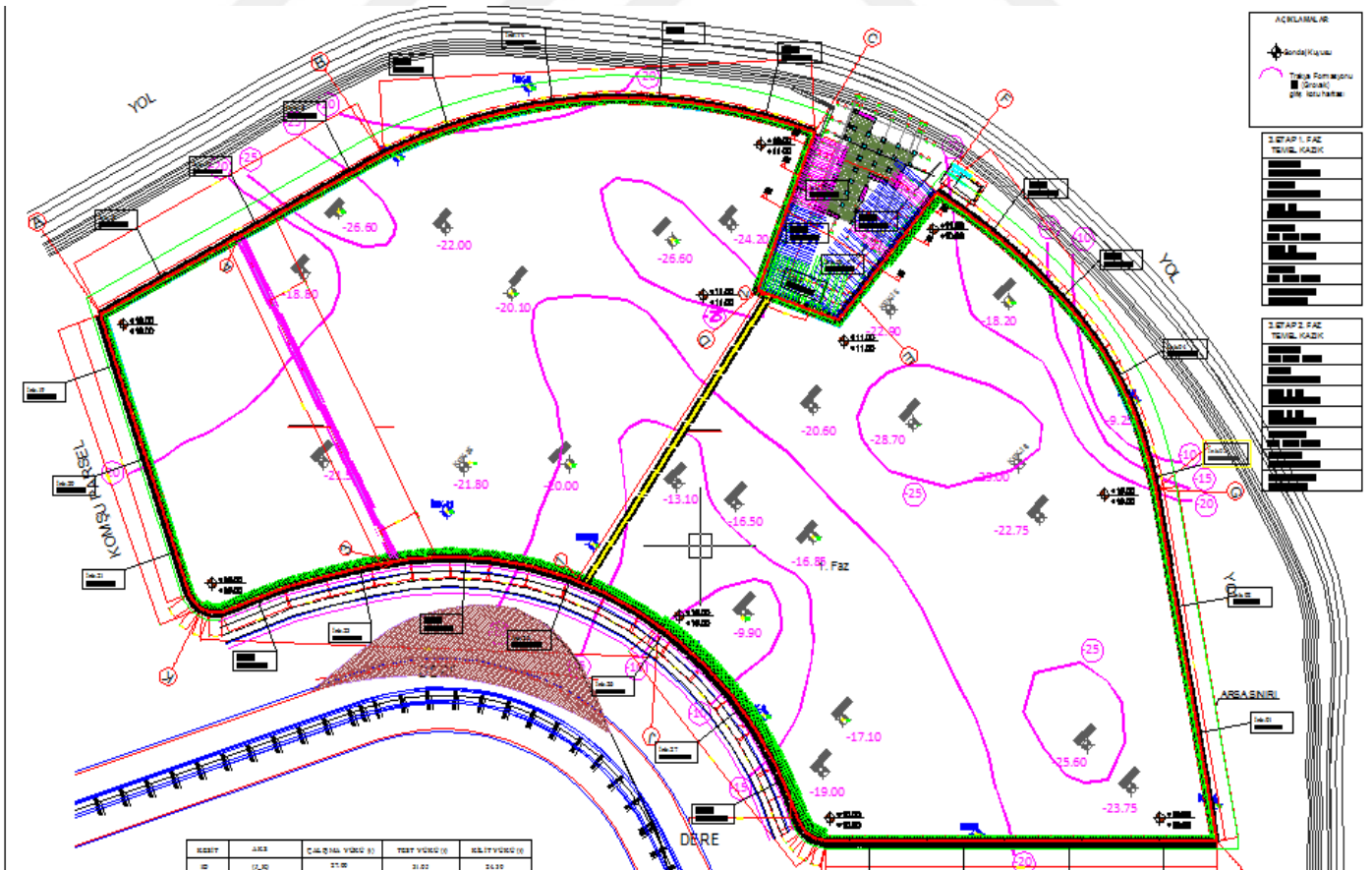
3.5.4 Yeraltı ve Yerüstü Suları

İnceleme alanında açılan sondajlarda yeraltı suyu ölçümleri yapılmış ve kuyularda özellikle alüvyal birim düzeylerinde yeraltı suyu belirlenmiştir. Sondajlarda yapılan yeraltı suyu ölçümleri ve seviyeleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Sahada mevsimsel yağışlara bağlı olarak su seviyelerinde değişiklikler gözlenebilir. İnceleme alanında yeraltı su seviyesi, sızıntı ve yüzey sularının bina temeli çevresinde birikmemesi için drenaj önlemleri alınarak bu sular bina çevresinden uzaklaştırılmalı ve gerekli izolasyon tedbirleri alınmalıdır. İçme ve Kullanma Suyu: İnceleme alanındaki yer altı suyu potansiyeli, litolojik istif göz önüne alındığında çok sınırlıdır hatta yoktur. Bu nedenle, su ihtiyacının (içme ve kullanma) İSKİ olanakları ile çözülmesi gerekliliği açıktır.

3.5.5 Ana Kaya Haritası Vaziyet Planı

Tablo 10 ; Ana kaya haritasının vaziyet planı üzerine izdüşümü



3.5.6 Arazi Deneyleri

3.5.6.1 Standart Penetrasyon Testi (SPT) ,RQD ve SCR Tayini

Sondaj kuyuları içinde zemin özelliğindeki birimlerin kıvamı ve sıklığı ile zemin tabakalarının değişimini tespit etmek amacıyla SPT testleri yapılmıştır. SPT deneyleri sırasında, vurulan darbe sayıları ve N_{30} değerleri eklerde verilen sondaj loglarında yer almaktadır. Sahada belirlenen kaya nitelikli birimlerde ise bu birimleri niteleyici TCR (toplam karot yüzdesi) ve RQD (kaya kalitesi) değerlendirmeleri yapılmıştır. Belirlenen değerler ekli loglarda verilmiştir.

3.5.6.2 Pressiyometre Deneyleri

Pressiyometre deneyi; açılan sondaj kuyularında değişik düzeylerde gerilme alanı oluşturarak, oluşan deformasyonların ölçülmesi ve limit basınç değeri ile elastisite modülünün belirlenmesi için yapılan bir deneydir. Proje alanında açılan sondajlardan bazılarında saha genelini temsil edecek şekilde pressiyometre deneyleri yapılmıştır. Yapılan deney ile net limit basınç, Elastisite modülü, ve E / P_L değerleri ile bu değerlerin derinliğe bağlı olarak değişimlerini gösteren tablolar aşağıda verilmiştir.

Tablo 11 – Pressiyometre Deney Sonuçları

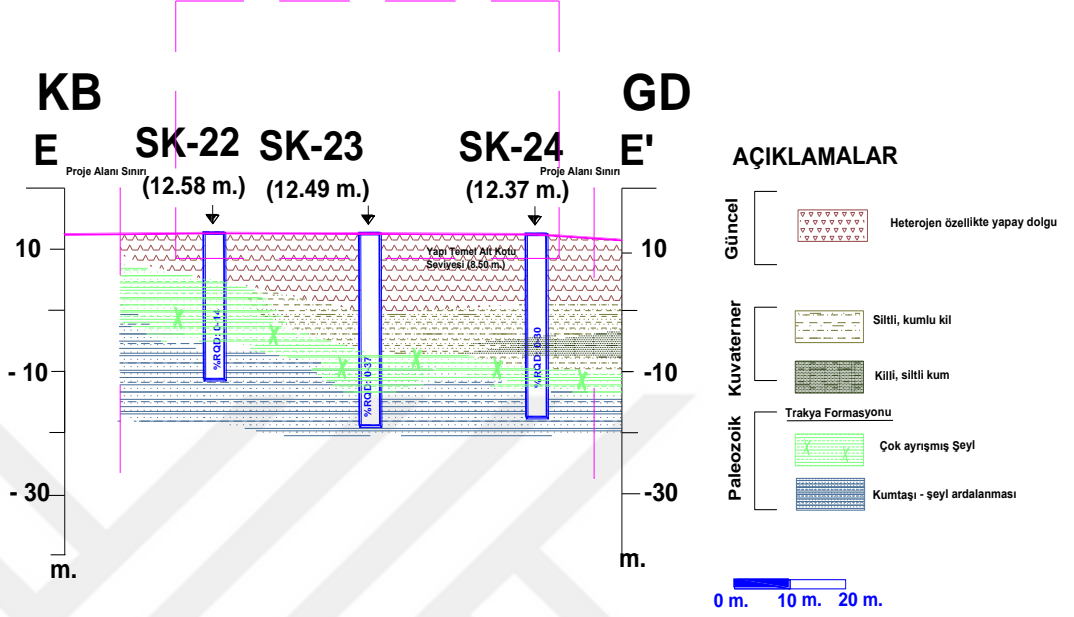
Sondaj No	Derinlik (m.)	Net Limit Basınç P_L^* (kg/cm ²)	Pressiyometrik Elastisite Modülü E (kg/cm ²)	E / P_L İndisi	Litoloji – Formasyon
KSK-3	34.00	≥ 27.48	3921.03	143	<i>Orta – az ayrılmış silttaşı – şeyl ardalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-3	36.00	≥ 22.16	2350.26	106	<i>Orta – az ayrılmış silttaşı – şeyl ardalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-3	38.00	≥ 23.21	2263.36	97	<i>Orta – az ayrılmış silttaşı – şeyl ardalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-4	24.00	15.70	258.47	16	<i>Katı – çok katı kil / Alüvyon</i>
KSK-4	30.00	24.73	365.47	15	<i>Katı – çok katı kil / Alüvyon</i>
KSK-4	35.00	20.63	390.27	19	<i>Orta sıkı kum / Alüvyon</i>

KSK-4	40.00	≥ 32.39	3368.91	104	<i>Orta sıkı kum / Alüvyon</i>
KSK-4	42.00	≥ 32.32	2548.70	79	<i>Orta ayrıışmış kumtaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-7	35.00	≥ 23.19	2727.91	118	<i>Orta ayrıışmış silttaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-7	38.00	≥ 22.26	2971.01	133	<i>Orta ayrıışmış silttaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-17	41.00	≥ 22.19	2872.23	129	<i>Orta – az ayrıışmış silttaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-17	44.00	≥ 22.16	2458.03	111	<i>Orta – az ayrıışmış silttaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-19	34.00	≥ 22.91	953.16	42	<i>Az ayrıışmış kumtaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-19	36.00	≥ 22.91	1062.00	46	<i>Az ayrıışmış kumtaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-19	38.00	≥ 22.88	1009.71	44	<i>Az ayrıışmış kumtaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-23	37.00	≥ 32.41	3993.48	123	<i>Orta ayrıışmış şeyl / Trakya Formasyonu</i>
KSK-27	30.00	≥ 32.11	1040.03	32	<i>Az ayrıışmış silttaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-27	33.00	≥ 31.52	600.06	19	<i>Az ayrıışmış silttaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-30	29.00	≥ 21.95	945.08	43	<i>Az ayrıışmış silttaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-30	32.00	≥ 22.16	1810.07	82	<i>Az ayrıışmış silttaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-32	25.00	≥ 21.93	850.09	39	<i>Orta – az ayrıışmış silttaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-32	28.00	≥ 22.17	1876.90	85	<i>Orta – az ayrıışmış silttaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-37	33.00	≥ 23.08	1659.65	72	<i>Orta – az ayrıışmış silttaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>
KSK-37	35.00	≥ 22.18	1844.73	83	<i>Orta – az ayrıışmış silttaşı – şeyl ar dalanması / Trakya Formasyonu</i>

3.5.7 Jeolojik Kesitler

KUZEYBATI - GÜNEYDOĞU DOĞRULTULU E-E' JEOLOJİK - JEOTEKNİK YERALTI KORELASYON KESİTİ

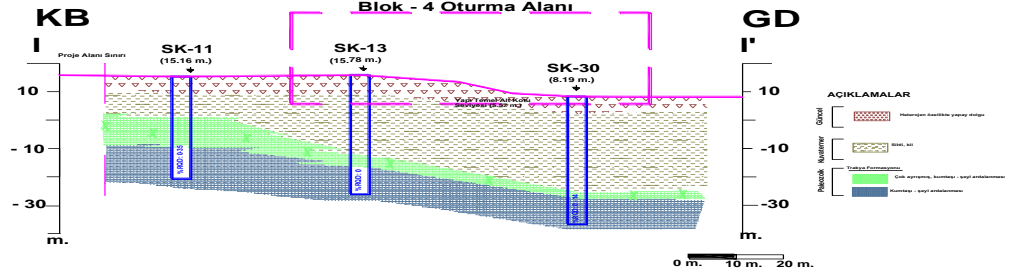
T04 Nolu Blok Oturma Alanı



a) sk-22/ sk-23/ sk-24

KUZEYBATI - GÜNEYDOĞU DOĞRULTULU I-I' JEOLOJİK - JEOTEKNİK YERALTI KORELASYON KESİTİ

Blok - 4 Oturma Alanı



b) sk-11 sk-13 sk-30

Şekil 3.5 Sondaj korelasyon kesiti (a,b)

3.5.8 Jeofizik Çalışmalar

Jeofizik çalışmalar kapsamında incelenen saha içerisinde 4 adet sismik kırılma, 2 adet elektrik özdirenç ve 2 adet mikrotremör ölçümü yapılmıştır. Ölçmelere ait grafikler eklerde verilmiştir.

3.5.8.1 Sismik Kırılma Ölçümleri

İnceleme alanında, yer altı hız yapısı, zeminin dinamik – elastik mühendislik özellikleri, deprem yönetmeliklerine esas zemin sınıfları, hakim titreşim periyotları, zemin büyütme ve zemin içerisindeki yanal ve düşey süreksizlikleri saptamak amacıyla 4 profil boyunca MAM lineer ölçümleri yapılarak, yapılan ölçümlerle P ve S yüzey dalga hızları belirlenmiştir. Sismik kırılma ölçümleri ile yerin yaklaşık 30 m. derinliğine kadar inilmesi hedeflenmiştir.

Ölçmeler sonucu belirlenen parametreler aşağıda özetlenmiş olup, ölçmelere ait grafikler eklerde verilmiştir.

Sismik ölçmelere ait grafikler eklerde, değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

Tablo 12 – Sismik P dalga hızına bağlı olarak yapılan ayrışma sınıflaması (Iliev, 1966)

Dalga Hızı (m/sn)	Kaya Sınıfı
>5000	Ayrışmamış Kaya
5000-4000	Az Ayrışmış Kaya
4000-3000	Orta Ayrışmış Kaya
3000-2000	Fazla Ayrışmış Kaya
<2000	Çok Fazla Ayrışmış Kaya

Tablo 13 – V_p/V_s ve V_s Değerlerine Göre Zemin Yapısının Tayin Edilmesini

Gösterir Tablo

<i>Sismik Hızlara Göre Zemin Cinsi</i>		
<i>Zemin Cinsi</i>	V_p / V_s	V_s
<i>Çok sıkı - sert</i>	1.5 – 2.0	>700
<i>Sıkı - sert</i>	2.0 – 2.5	300 – 1000
<i>Orta sıkı - bozuşmuş</i>	2.5 – 3.0	200 – 700
<i>Gevşek - yumuşak</i>	3.0 – 5.0	< 200

Ölçüm Sonuçları:

1.Profil Ölçüm Sonucu:

Tablo 14 – 1. Profil Ölçüm Sonucu

Derinlik (m)	V_s (m/s)
-3.32	142
-15.42	239
-29.52	258
-42.12	331
-	419

Sahada gerçekleştirilen 1. profil sismik ölçümde elde edilen sonuçlara göre, yüzeyden -29.52 m. derinliğe kadar V_s dalga hızı 142 – 258 m/s olarak ölçülmüştür. Bu düzeyler gevşek – yumuşak / orta sıkı – bozuşmuş yapıdadır. Bu derinliklerde genel olarak alüvyon nitelikli birimler geçilmiştir

olup, belirlenen hızlar alüvyonları temsil eder. -29.42 m. derinlikten itibaren ise $V_s \geq 331$ m/s olup, sıkı – sert düzeylere girilmiştir. -29.42 m. derinlikten itibaren belirlenen hızlar az – orta derecede ayrılmış kaya nitelikli birimleri temsil eder.

2.Profil Ölçüm Sonucu:

Tablo 15 – 2. Profil Ölçüm Sonucu

Derinlik (m)	Vs (m/s)
-5.30	168
-18.20	264
-25.62	295
-36.92	446
-	544

2 nolu profil sismik ölçümde elde edilen sonuçlara göre, yüzeyden -25.62 m. derinliğe kadar V_s dalga hızı 168 – 295 m/s olarak ölçülmüştür. Bu düzeyler gevşek – yumuşak / orta sıkı – bozuşmuş yapıdadır. -25.62 m. derinlikten itibaren ise $V_s \geq 446$ m/s olup, sıkı – sert düzeylere girilmiştir. -25.62 m. derinlikten itibaren belirlenen hızlar az – orta derecede ayrılmış kaya nitelikli birimleri temsil eder.

3.Profil Ölçüm Sonucu:

Tablo 16 – 3. Profil Ölçüm Sonucu

Derinlik (m)	Vs (m/s)
-2.85	172
-9.65	179
-28.85	241
-41.95	339
-	428

3 nolu profil sismik ölçümde elde edilen sonuçlara göre, yüzeyden -28.85 m. derinliğe kadar Vs dalga hızı 172 – 241 m/s olarak ölçülmüştür. Bu düzeyler gevşek – yumuşak / orta sıkı – bozmuş yapıdadır. Bu derinliklerde genel olarak alüvyon nitelikli birimler geçilmiş olup, belirlenen hızlar alüvyonları temsil eder. -28.85 m. derinlikten itibaren ise $V_s \geq 339$ m/s olup, sıkı – sert düzeylere girilmiştir. -28.85 m. derinlikten itibaren belirlenen hızlar az – orta derecede ayrılmış kaya nitelikli birimleri temsil eder.

4.Profil Ölçüm Sonucu:

Derinlik (m)	Vs (m/s)
-6.80	190
-18.50	230
-33.30	253
-42.80	366
-	410

Tablo 17 – 4. Profil Ölçüm Sonucu

4 nolu profil sismik ölçümde elde edilen sonuçlara göre, yüzeyden -33.30 m. derinliğe kadar Vs dalga hızı 190 – 253 m/s olarak ölçülmüştür. Bu düzeyler gevşek – yumuşak / orta sıkı – bozuşmuş yapıdadır. Bu derinliklerde genel olarak alüvyon nitelikli birimler geçilmiş olup, belirlenen hızlar alüvyonları temsil eder. -33.30 m. derinlikten itibaren ise $V_s \geq 366$ m/s olup, sıkı – sert düzeylere girilmiştir. -33.30 m. derinlikten itibaren belirlenen hızlar az – orta derecede ayrılmış kaya nitelikli birimleri temsil eder.

Saha çalışmaları ve değerlendirmeler TSE EN 1998-1 Aralık 2005 (Eurocode 8) standartlarına göre yapılmıştır.

3.6 Mühendislik Analizleri

3.6.1 Blok Sahalarının Geoteknik Değerlendirilmesi

KD1 – KY1 Bloklara Ait Değerlendirme

Arazi Verileri: KD1 yapısı yaklaşık 26.50 m x 67.00 m boyutlu 2 bodrum + zemin + 19 normal kat olmak üzere toplam 22 katlı ve KY1 yapısı yaklaşık 18.60 m x 33.30 m boyutlu 2 bodrum + zemin + 6 normal kat olmak üzere toplam 9 katlıdır. KD1 yapı alanında mevcut durumda bina olduğundan sondajlar KY1 yapı oturma alanında açılabilmiştir. Bu alanda açılan sondajlara ait özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 23 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu

Sondaj No	Derinlik (m.)	Ağız Kotu (m.)	Yapay Dolgu Kalınlığı (m.)	Alüvyal Düzey (Çakıllı, kumlu, killi düzeyler) Aralığı (m.)	Alüvyal Düzeylerde SPT – N Aralığı	Anakaya (Az – Orta Ayrılmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Derinliği (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrılmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Kotu (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrılmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Düzeylerinde %RQD Aralığı
KSK-3	38,00	14.20	3.50	3.50-35.00	8 – 21	33.00	-18.80	25 – 47
KSK-4	43,50	14.40	6.00	6.00-41.00	7 - >50	41.00	-26.60	0 – 30

Laboratuar Deney Sonuçları: Yapı için açılan sondajlardan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 24 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuar Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık γ_n (g/cm ³)	Nokta Yükleme İndeks I_{s50} (MPa)	Kayada Serbest Basınç Dayanımı q_u (MPa)
KSK-3	33.50-34.00	-	-	37.91
KSK-3	34.50	2.67	4.20	-
KSK-3	35.00	2.60	4.38	-
KSK-3	37.00	2.62	4.88	-
KSK-3	38.00	2.72	-	27.27
KSK-4	42.00	2.61	6.39	-
KSK-4	43.00	-	-	25.33
KSK-4	43.30	-	-	30.65

Taşıma Gücü Değerlendirmesi: 2 bodrumlu yapılar için mimari projede belirlenen temel alt kotu değeri +4.70 m. dir. Bu alanda açılan sondajlara göre, belirlenen temel alt kotu seviyesinde; alüvyon nitelikli birimler yer alacaktır. Açılan sondajlara göre +4.70 m temel alt kotu düzeyi altında geçilen litolojik birimler aşağıda verilmiştir.

Tablo 25 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi

Sondaj No	Ağız Kotu (m.)	+4.70 m. Kotu Altında Sondajda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi
KSK-3	14.20	13.00 m kil N: 13 – 20 10.50 m çakıllı kum, N: 15 – 21 5.00 m. Gri silttaşı-şeyl – W3-W2
KSK-4	14.40	21.30 m kil N: 9 – 26 10.00 m çakıllı kum, N: 21 - >50 2.50 m. Gri kumtaşı-şeyl – W3

Yapı alanında açılan sondajlara göre temel altı düzeyinde kil – kum karmaşığından oluşan alüvyonlar yer aldığından yapı temelinin bu birimler üzerine oturtulması uygun değildir. En çok toplam 22 katlı (otoparklarla birlikte) yapıdan temel zeminine aktarılacak maksimum gerilme 44 t/m^2 (her bir kat için ortalama 2 t/m^2) olarak beklenmekte olup, bu yüklerin kazıklar ile en olumsuz koşullara göre temelde (-26.60 m kotunda) yer alan orta – az ayrıışmış kumtaşı – silttaşı – şeyl birimlerine aktarılması uygundur.

Açılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan nokta yükleme indeks deneyine göre belirlenen minimum $I_{s50} = 4.20 \text{ MPa}$ olup, bu değere karşılık gelen serbest basınç direnci 50.4 MPa dır. Aynı düzeyler için yapılan tek eksenli basınç dayanımına göre belirlenen minimum serbest basınç dayanım değeri 25.3 MPa dır. Belirlenen değerlere göre minimum serbest basınç dayanım değeri 25 MPa olarak alınabilir. Orta – az ayrıışmış kumtaşı – silttaşı – şeyl biriminde yer alacak kazığın birim yanal alanda taşıyacağı yük için;

$$f_s = 0.21 \sqrt{25} = 1.05 \text{ MPa} = 1050 \text{ kPa} \text{ dır.}$$

Kumtaşı – silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, $\Phi 80 \text{ cm.}$ çaplı, yaklaşık 34.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 0.80 \times 3.00 \times \pi \times 1050 / 2 = 3956 \text{ kN (395 ton)}$$

Kumtaşı – silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 100 cm. çaplı, yaklaşık 34.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 1.0 \times 3.00 \times \pi \times 1050 / 2 = 4945 \text{ kN (494 ton)}$$

olarak tahmin edilmektedir. Bu değerlendirmede kazık yükleme deneyi yapılacağı gerekçesi ile güvenlik sayısı “2” alınmıştır.

Bir kazık için önerilen güvenli yük depremlı koşullarda yönetmelikler oranında arttırılabilecektir.

Kazıkların yanal yükler altında değerlendirilmelerinde aşağıdaki yanal yatak katsayıları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 26 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri

Kot Aralığı (m)	Tabaka Boyu (m)	Birim	k_h (MN/m³)
4.70 – (-)16.60	21.30	<i>Kil</i>	15
(-)16.60 – (-)26.60	10.00	<i>Çakıllı kum</i>	15
-26.60 – (-)29.60	3.00	<i>W3-W2 Kumtaşı- silttaşı-şeyl</i>	40

(En olumsuz koşullar için – KSK-4 sondajı)

Kazıklar için verilen statik yanal yatak katsayıları, depremlı durumunda 3 katı kabul edilebilir.

Yukarıda verilen kazık parametreleri yapı yakınında açılan sondajlardan en olumsuz koşullara sahip KSK-4 sondajına göre yapılmıştır. Yapı batı kesiminde açılan KSK-3 sondajına göre kaya

giriş derinliği değişmekte olup, buna göre kazık boyları da bu kesimlerde daha kısa olmak zorunda olabilir (ana kayada foraj yapılma zorluğu nedeniyle).

KD2 Bloğa Ait Değerlendirme

Arazi Verileri: KD2 yapısı yaklaşık 26.90 m x 69.40 m boyutlu 2 bodrum + zemin + 19 normal kat olmak üzere toplam 22 katlıdır. Bu alanda açılan sondajlara ait özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 27 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu

Sondaj No	Derinlik (m.)	Ağız Kotu (m.)	Yapay Dolgu Kalınlığı (m.)	Alüvyal Düzey (Çakıllı, kumlu, killi düzeyler) Aralığı (m.)	Alüvyal Düzeylerde SPT – N Aralığı	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Derinliği (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Kotu (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Düzeylerinde %RQD Aralığı
KSK-5	42.00	14.00	5.00	5.00-36.00	2 - >50	36.00	-22.00	0 – 54
KSK-7	39,00	14.40	8.00	8.00-34.50	12 – 22	34.50	-20.10	0 – 10

Laboratuvar Deney Sonuçları: Yapı için açılan sondajlardan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 28 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuar Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık γ_n (g/cm ³)	Nokta Yükleme İndeks I_{s50} (MPa)
KSK-7	35.80	2.17	5.70
KSK-7	38.60	2.13	3.88

Taşıma Gücü Değerlendirmesi: 2 bodrumlu yapılar için mimari projede belirlenen temel alt kotu değeri +4.70 m. dir. Bu alanda açılan sondajlara göre, belirlenen temel alt kotu seviyesinde; alüvyon nitelikli birimler yer alacaktır. Açılan sondajlara göre +4.70 m temel alt kotu düzeyi altında geçilen litolojik birimler aşağıda verilmiştir.

Tablo 29 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi

Sondaj No	Ağız Kotu (m.)	+4.70 m. Kotu Altında Sondajda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi
KSK-5	14.00	2.70 m çakıllı kum N: 4->50 24.00 m kil N: 2 – 11 6.00 m. Gri kumtaşı-şeyl – W2-W3
KSK-7	14.40	24.30 m çakıllı kum N: 12 – 22 0.50 m çakıl 4.50 m. Gri silttaşı-şeyl – W3

Yapı alanında açılan sondajlara göre temel altı düzeyinde kil – kum karmaşığında oluşan alüvyonlar yer aldığından yapı temelini bu birimler üzerine oturtulması uygun değildir. En çok toplam 22 katlı (otoparklarla birlikte) yapıdan temel zeminine aktarılabilecek maksimum gerilme 44 t/m^2 (her bir kat için ortalama 2 t/m^2) olarak beklenmekte olup, bu yüklerin kazıklar ile en olumsuz koşullara göre temelde (-22.00 m. kotunda) yer alan orta ayrışmış silttaşı – şeyl birimlerine aktarılması uygundur.

Açılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan nokta yükleme indeks deneyine göre belirlenen minimum $I_{s50} = 3.88 \text{ MPa}$ olup, bu değere karşılık gelen serbest basınç direnci 46.56 MPa dır. Belirlenen değerlere göre minimum serbest basınç dayanım değeri 46 MPa olarak alınabilir. Orta ayrışmış silttaşı – şeyl biriminde yer alacak kazığın birim yanal alanda taşıyacağı yük için;

$$f_s = 0.21 \sqrt{46} = 1.42 \text{ MPa} = 1420 \text{ kPa} \text{ dır.}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, $\Phi 80 \text{ cm.}$ çaplı, yaklaşık 30.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 0.80 \times 3.00 \times \pi \times 1420 / 2 = 5350 \text{ kN (535 ton)}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, $\Phi 100 \text{ cm.}$ çaplı, yaklaşık 30.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 1.0 \times 3.00 \times \pi \times 1420 / 2 = 6688 \text{ kN (668 ton)}$$

olarak tahmin edilmektedir. Bu değerlendirmede kazık yükleme deneyi yapılacağı gerekçesi ile güvenlik sayısı “2” alınmıştır.

Bir kazık için önerilen güvenli yük depremleri koşullarda yönetmelikler oranında arttırılabilecektir.

Kazıkların yanal yükler altında değerlendirilmelerinde aşağıdaki yanal yatak katsayıları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 30 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri

Kot Aralığı (m)	Tabaka Boyu (m)	Birim	k_h (MN/m ³)
4.70 – 22.00	26.70	Çakıllı kum-kil	15
-22.00 – (-)25.00	3.00	W3--silttaşı-şeyl	40

(En olumsuz koşullar için – KSK-5 sondajı)

Kazıklar için verilen statik yanal yatak katsayıları, depremlili durumunda 3 katı kabul edilebilir.

KD3 – KY2 Bloklara Ait Değerlendirme

Arazi Verileri: KD3 yapısı yaklaşık 25.10 m x 57.00 m boyutlu 2 bodrum + zemin + 18 normal kat olmak üzere toplam 21 katlı ve KY2 yapısı yaklaşık 18.60 m x 66.30 m boyutlu 2 bodrum + zemin + 6 normal kat olmak üzere toplam 9 katlıdır. Bu alanda açılan sondajlara ait özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 31 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu

Sondaj No	Derinlik (m.)	Ağız Kotu (m.)	Yapay Dolgu Kalınlığı (m.)	Alüvyal Düzey (Çakıllı, kumlu, killi düzeyler) Aralığı (m.)	Alüvyal Düzeylerde SPT – N Aralığı	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Derinliği (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Kotu (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Düzeylerinde %RQD Aralığı
KSK-8	42,00	13.40	2.50	2.50-40.00	3 – 20	40.00	-26.60	0 – 73
KSK-9	43.00	13.00	6.30	6.30-37.20	5 – 43	37.20	-24.20	0 – 90
KSK-12	37.00	10.40	5.00	5.00-31.00	7 – 18	31.00	-20.60	0 – 45

Laboratuar Deneý Sonuçları: Yapı için açılan sondajlardan alınan karot örneklere üzerinde yapılan deneý sonuçları aŐađıdaki tabloda verilmiŐtir.

Tablo 32 – Sondajlardan Alınan Karot rneklere Ait Laboratuar Deneý Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık γ_n (g/cm ³)	Nokta Yükleme İndeks I_{s50} (MPa)	Kayada Serbest Basınç Dayanımı q_u (MPa)
KSK-8	40.30-40.50	2.57	4.85	-
KSK-8	41.20-41.40	-	4.62	-
KSK-8	41.50-41.80	-	-	53.46

Taşıma Gücü Değerlendirmesi: 2 bodrumlu yapılar için mimari projede belirlenen temel alt kotu değer +4.70 m. dir. Bu alanda açılan sondajlara göre, belirlenen temel alt kotu seviyesinde; alüvyon nitelikli birimler yer alacaktır. Açılan sondajlara göre +4.70 m temel alt kotu düzeyi altında geçilen litolojik birimler aşağıda verilmiştir.

Tablo 33 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi

<u>Sondaj No</u>	<u>Ağız Kotu (m.)</u>	<u>+4.70 m. Kotu Altında Sondajda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi</u>
KSK-8	13.40	20.30 m kil N: 3 – 17 4.00 m kum, N: 20 7.00 m orta – iri çakıl 2.00 m. Gri silttaşı-şeyl – W2
KSK-9	13.00	3.20 m kil N:13-14 25.70 m kum-çakıl N:13 – 43 5.80 m gri kumtaşı-şeyl W2
KSK-12	10.40	5.30 m kil N:7 – 9 20.00 m kum-çakıl N:9 – 18 6.00 m gri kumtaşı W2-W3

Yapı alanında açılan sondajlara göre temel altı düzeyinde kil – kum karmaşığından oluşan alüvyonlar yer aldığından yapı temelinin bu birimler üzerine oturtulması uygun değildir. En çok toplam 21 katlı (otoparklarla birlikte) yapıdan temel zeminine aktarılacak maksimum gerilme 42 t/m² (her bir kat için ortalama 2 t/m²) olarak beklenmekte olup, bu yüklerin kazıklar ile en olumsuz koşullara göre temelde (-26.60 m. kotunda) yer alan az ayrılmış silttaşı – şeyl birimlerine aktarılması uygundur.

Açılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan nokta yükleme indeks deneyine göre belirlenen minimum $I_{s50} = 4.62$ MPa olup, bu değere karşılık gelen serbest basınç direnci 55.44 MPa dır. Aynı düzeyler için yapılan tek eksenli basınç dayanımına göre belirlenen minimum serbest basınç dayanım değeri 53.46 MPa dır. Belirlenen değerlere göre minimum serbest basınç dayanım

değeri 53 MPa olarak alınabilir. Az ayrıışmış silttaşı – şeyl biriminde yer alacak kazığın birim yanal alanda taşıyacağı yük için;

$$f_s = 0.21 \sqrt{53} = 1.52 \text{ MPa} = 1520 \text{ kPa' dır.}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 80 cm. çaplı, yaklaşık 34.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 0.80 \times 3.00 \times \pi \times 1520 / 2 = 5727 \text{ kN (573 ton)}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 100 cm. çaplı, yaklaşık 34.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 1.0 \times 3.00 \times \pi \times 1520 / 2 = 7159 \text{ kN (716 ton)}$$

olarak tahmin edilmektedir. Bu değerlendirmede kazık yükleme deneyi yapılacağı gerekçesi ile güvenlik sayısı “2” alınmıştır.

Bir kazık için önerilen güvenli yük depremlı koşullarda yönetmelikler oranında arttırılabilecektir. Kazıkların yanal yükler altında değerlendirilmelerinde aşağıdaki yanal yatak katsayıları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 34 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri

Kot Aralığı (m)	Tabaka Boyu (m)	Birim	k_h (MN/m³)
4.70 – (-)15.60	20.30	<i>Kil</i>	15
(-)15.60 – (-)19.60	4.00	<i>Kum</i>	15
-19.60 – (-)26.60	7.00	<i>Çakıl</i>	15
-26.60 – (-)29.60	3.00	<i>W2 silttaşı-şeyl</i>	40

(En olumsuz koşullar için – KSK-4 sondajı)

Kazıklar için verilen statik yanal yatak katsayıları, depremlili durumunda 3 katı kabul edilebilir.

KY3 Bloklara Ait Değerlendirme

Arazi Verileri: KY3 yapısı yaklaşık 21.00 m x 38.20 m boyutlu 3 bodrum + zemin + 9 normal kat olmak üzere toplam 13 katlıdır. Bu alanda açılan sondajlara ait özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 35 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu

Sonda j No	Derinlik (m.)	Ağız Kotu (m.)	Yapay Dolgu Kalınlığı (m.)	Alüvyal Düzey (Çakıllı, kumlu, killi düzeyler) Aralığı (m.)	Alüvyal Düzeyler de SPT – N Aralığı	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Derinliği (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Kotu (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Düzeylerin de %RQD Aralığı
KSK-30	34,00	10.15	3.00	3.00-27.00	5 - >50	27.00	-16.85	36 – 70
KSK-31	31.50	10.00	4.00	4.00-26.50	8 - >50	26.50	-16.50	0 – 30

Laboratuvar Deney Sonuçları: Yapı için açılan sondajlardan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 36 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuar Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık γ_n (g/cm ³)	Kayada Serbest Basınç Dayanımı q_u (MPa)	Kayada Üç Eksenli Sıkışma	
				Φ (°)	c (MPa)
KSK-30	28.00	2.76	42.89	-	-
KSK-30	30.50-30.90	-	-	62	2.40
KSK-30	30.90-31.20	-	50.97	-	-
KSK-30	33.00-34.00	2.75	51.46		

Taşıma Gücü Değerlendirmesi: 3 bodrumlu yapı için mimari projede belirlenen temel alt kotu değeri +1.20 m. dir. Bu alanda açılan sondajlara göre, belirlenen temel alt kotu seviyesinde; alüvyon nitelikli birimler yer alacaktır. Açılan sondajlara göre +1.20 m temel alt kotu düzeyi altında geçilen litolojik birimler aşağıda verilmiştir.

Tablo 37 – +1.20 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi

Sondaj No	Ağız Kotu (m.)	+1.20 m. Kotu Altında Sondajda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi
KSK-30	10.15	3.05 m kil N: 6 – 11 13.50 m çakıllı kum, N: 12 – 17 1.50 m orta – iri çakıl, N: >50 7.00 m. Gri silttaşı-şeyl – W2
KSK-31	10.00	5.20 m kil N: 8 – 12 12.50 m çakıl-kum N:18->50 5.00 m gri kumtaşı W2

Yapı alanında açılan sondajlara göre temel altı düzeyinde kil – kum karmaşığında oluşan alüvyonlar yer aldığından yapı temelini bu birimler üzerine oturtulması uygun değildir. En çok toplam 13 katlı (otoparklarla birlikte) yapıdan temel zeminine aktarılabilecek maksimum gerilme 26 t/m^2 (her bir kat için ortalama 2 t/m^2) olarak beklenmekte olup, bu yüklerin kazıklar ile en olumsuz koşullara göre temelde (-16.85 m. kotunda) yer alan az ayrışmış silttaşı – şeyl birimlerine aktarılması uygundur.

Açılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımına göre belirlenen minimum serbest basınç dayanım değeri 42.89 MPa dır. Belirlenen değerlere göre minimum serbest basınç dayanım değeri 42 MPa olarak alınabilir. Az ayrışmış silttaşı – şeyl biriminde yer alacak kazığın birim yanal alanda taşıyacağı yük için;

$$f_s = 0.21 \sqrt{42} = 1.36 \text{ MPa} = 1360 \text{ kPa} \text{ dır.}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, $\Phi 80 \text{ cm.}$ çaplı, yaklaşık 21.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 0.80 \times 3.00 \times \pi \times 1360 / 2 = 5124 \text{ kN (512 ton)}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, $\Phi 100 \text{ cm.}$ çaplı, yaklaşık 21.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 1.0 \times 3.00 \times \pi \times 1360 / 2 = 6400 \text{ kN (640 ton)}$$

olarak tahmin edilmektedir. Bu değerlendirmede kazık yükleme deneyi yapılacağı gerekçesi ile güvenlik sayısı “2” alınmıştır.

Bir kazık için önerilen güvenli yük depremleri koşullarda yönetmelikler oranında arttırılabilecektir.

Kazıkların yanal yükler altında değerlendirilmelerinde aşağıdaki yanal yatak katsayıları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 38 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri

Kot Aralığı (m)	Tabaka Boyu (m)	Birim	k_h (MN/m ³)
1.20 – (-)1.85	3.05	<i>Kil</i>	15
(-)1.85 – (-)15.35	13.50	<i>Çakıllı kum</i>	15
(-)15.35 – (-)16.85	1.50	<i>Çakıl</i>	15
-16.85 – (-)19.85	3.00	<i>W2 silttaşı-şeyl</i>	40

(En olumsuz koşullar için – KSK-30 sondajı)

Kazıklar için verilen statik yanal yatak katsayıları, depremlili durumunda 3 katı kabul edilebilir.

KY4 Bloklara Ait Değerlendirme

Arazi Verileri: KY4 yapısı yaklaşık 15.60 m x 34.50 m boyutlu 2 bodrum + zemin + 3 normal kat olmak üzere toplam 6 katlıdır. Bu alanda açılan sondajlara ait özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 39 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu

Sondaj No	Derinlik (m.)	Ağız Kotu (m.)	Yapay Dolgu Kalınlığı (m.)	Alüvyal Düzey (Çakıllı, kumlu, killi düzeyler) Aralığı (m.)	Alüvyal Düzeylerde SPT – N Aralığı	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Derinliği (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Kotu (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Düzeylerinde %RQD Aralığı
KSK-32	28.50	10.50	3.00	3.00-23.60	7 – 19	23.60	-13.10	27 – 45

Laboratuvar Deney Sonuçları: Yapı için açılan sondajlardan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 40 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuvar Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık γ_n (g/cm ³)	Nokta Yükleme İndeks I_{s50} (MPa)	Kayada Serbest Basınç Dayanımı q_u (MPa)
KSK-32	26.50	2.60	3.84	-
KSK-32	26.90	-	1.43	-
KSK-32	27.50	-	5.98	-
KSK-32	28.40	2.62	-	32.71
KSK-32	28.80	-	5.87	-

Taşıma Gücü Değerlendirmesi: 2 bodrumlu yapılar için mimari projede belirlenen temel alt kotu değeri +4.70 m. dir. Bu alanda açılan sondajlara göre, belirlenen temel alt kotu seviyesinde; alüvyon nitelikli birimler yer alacaktır. Açılan sondajlara göre +4.70 m temel alt kotu düzeyi altında geçilen litolojik birimler aşağıda verilmiştir.

Tablo 41 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi

Sondaj No	Ağız Kotu (m.)	+4.70 m. Kotu Altında Sondajda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi
KSK-32	10.50	2.20 m kil N: 11 – 13 15.60 m kum, N: 12 – 19 4.90 m. Gri silttaşı-şeyl – W3-W2

Yapı alanında açılan sondajlara göre temel altı düzeyinde kil – kum karmaşığından oluşan alüvyonlar yer aldığından yapı temelinin bu birimler üzerine oturtulması uygun değildir. En çok toplam 6 katlı (otoparklarla birlikte) yapıdan temel zeminine aktarılacak maksimum gerilme 12 t/m^2 (her bir kat için ortalama 2 t/m^2) olarak beklenmekte olup, bu yüklerin kazıklar ile en olumsuz koşullara göre temelde (-13.10 m. kotunda) yer alan orta – az ayrılmış silttaşı – şeyl birimlerine aktarılması uygundur.

Açılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan nokta yükleme indeks deneyine göre belirlenen minimum $I_{s50} = 1.43 \text{ MPa}$ olup, bu değere karşılık gelen serbest basınç direnci 17.16 MPa dır. Aynı düzeyler için yapılan tek eksenli basınç dayanımına göre belirlenen minimum serbest basınç dayanım değeri 32.7 MPa dır. Belirlenen değerlere göre minimum serbest basınç dayanım değeri 17 MPa olarak alınabilir. Orta – az ayrılmış silttaşı – şeyl biriminde yer alacak kazığın birim yanal alanda taşıyacağı yük için;

$$f_s = 0.21 \sqrt{17} = 0.865 \text{ MPa} = 865 \text{ kPa} \text{ dır.}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, $\Phi 80 \text{ cm.}$ çaplı, yaklaşık 21.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 0.80 \times 3.00 \times \pi \times 865 / 2 = 1038 \text{ kN (104 ton)}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 100 cm. çaplı, yaklaşık 21.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 1.0 \times 3.00 \times \pi \times 865 / 2 = 4074 \text{ kN (407 ton)}$$

olarak tahmin edilmektedir. Bu değerlendirmede kazık yükleme deneyi yapılacağı gerekçesi ile güvenlik sayısı “2” alınmıştır.

Bir kazık için önerilen güvenli yük depremlı koşullarda yönetmelikler oranında arttırılabilecektir.

Kazıkların yanal yükler altında değerlendirilmelerinde aşağıdaki yanal yatak katsayıları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 42 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri

Kot Aralığı (m)	Tabaka Boyu (m)	Birim	k_h (MN/m ³)
4.70 – 2.50	2.20	<i>Kil</i>	15
2.50 – (-)13.10	15.60	<i>Kum</i>	15
-13.10 – (-)16.10	3.00	<i>W3-W2 Kumtaşı-silttaşı-şeyl</i>	40

(En olumsuz koşullar için – KSK-32 sondajı)

KY5 Bloklara Ait Değerlendirme

Arazi Verileri: KY5 yapısı yaklaşık 21.00 m x 38.20 m boyutlu 2 bodrum + zemin + 9 normal kat olmak üzere toplam 12 katlıdır. Bu alanda açılan sondajlara ait özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 43 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu

Sondaj No	Derinlik (m.)	Ağız Kotu (m.)	Yapay Dolgu Kalınlığı (m.)	Alüvyal Düzey (Çakıllı, kumlu, killi düzeyler) Aralığı (m.)	Alüvyal Düzeylerde SPT – N Aralığı	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Derinliği (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Kotu (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Düzeylerinde %RQD Aralığı
KSK-34	37,00	15,00	4,50	4,50-35,00	8 - >50	35,00	-20,00	0

Laboratuar Deney Sonuçları: Yapı için açılan sondajlardan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 44 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuar Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık γ_n (g/cm ³)	Nokta Yükleme İndeks I_{s50} (MPa)
KSK-34	35,40	2,81	14,01
KSK-34	36,80	2,70	9,44

Taşıma Gücü Değerlendirmesi: 2 bodrumlu yapılar için mimari projede belirlenen temel alt kotu değeri +4.70 m. dir. Bu alanda açılan sondajlara göre, belirlenen temel alt kotu seviyesinde; alüvyon nitelikli birimler yer alacaktır. Açılan sondajlara göre +4.70 m temel alt kotu düzeyi altında geçilen litolojik birimler aşağıda verilmiştir.

Tablo 45 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi

<u>Sondaj No</u>	<u>Ağız Kotu (m.)</u>	<u>+4.70 m. Kotu Altında Sondajda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi</u>
KSK-34	15.00	0.20 m kil 24.50 m çakıllı kum, N: 11 - >50 2.00 m. Gri kumtaşı – W3

Yapı alanında açılan sondajlara göre temel altı düzeyinde kil – kum karmaşığından oluşan alüvyonlar yer aldığından yapı temelinin bu birimler üzerine oturtulması uygun değildir. En çok toplam 12 katlı (otoparklarla birlikte) yapıdan temel zeminine aktarılacak maksimum gerilme 24 t/m² (her bir kat için ortalama 2 t/m²) olarak beklenmekte olup, bu yüklerin kazıklar ile en olumsuz koşullara göre temelde (-20.00 m. kotunda) yer alan orta kumtaşı birimlerine aktarılması uygundur.

Açılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan nokta yükleme indeks deneyine göre belirlenen minimum $I_{s50} = 9.44$ MPa olup, bu değere karşılık gelen serbest basınç direnci 113.28 MPa dır. Bu değer oldukça yüksek olması ve saha genelindeki genel durum göz önünde bulundurularak ortalama serbest basınç dayanım değeri 25 MPa olarak alınabilir. Orta ayrıışmış kumtaşı biriminde yer alacak kazığın birim yanal alanda taşıyacağı yük için;

$$f_s = 0.21 \sqrt{25} = 1.05 \text{ MPa} = 1050 \text{ kPa} \text{ dır.}$$

Kumtaşı litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 80 cm. çaplı, yaklaşık 28.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 0.80 \times 3.00 \times \pi \times 1050 / 2 = 3956 \text{ kN (395 ton)}$$

Kumtaşı litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 100 cm. çaplı, yaklaşık 28.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 1.0 \times 3.00 \times \pi \times 1050 / 2 = 4945 \text{ kN (494 ton)}$$

olarak tahmin edilmektedir. Bu değerlendirmede kazık yükleme deneyi yapılacağı gerekęesi ile güvenlik sayısı “2” alınmıştır.

Bir kazık için önerilen güvenli yk depremlı koşullarda yönetmelikler oranında arttırılabilecektir.

Kazıkların yanal yükler altında değerlendirilmelerinde aşağıdaki yanal yatak katsayıları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 46 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği için Yanal Yatak Katsayısı Değerleri

Kot Aralığı (m)	Tabaka Boyu (m)	Birim	k_h (MN/m ³)
4.70 – 4.50	0.20	<i>Kil</i>	15
4.50 – (-)20.00	24.50	<i>akılı kum</i>	15
-20.00 – (-)23.00	3.00	<i>W3- Kumtaşı</i>	40

(En olumsuz koşullar için – KSK-34 sondajı)

Kazıklar için verilen statik yanal yatak katsayıları, depremlı durumunda 3 katı kabul edilebilir.

KY6 Bloklara Ait Değerlendirme

Arazi Verileri: KY6 yapısı yaklaşık 21.00 m x 38.20 m boyutlu 2 bodrum + zemin + 9 normal kat olmak üzere toplam 12 katlıdır. Bu alanda açılan sondajlara ait zet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 47 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu

Sonda j No	Derinlik (m.)	Ağız Kotu (m.)	Yapay Dolgu Kalınlığı (m.)	Alüvyal Düzey (Çakıllı, kumlu, killi düzeyler) Aralığı (m.)	Alüvyal Düzeylere SPT – N Aralığı	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Derinliği (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Kotu (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Düzeylerindeki %RQD Aralığı
KSK-35	41,00	15.00	6.50	6.50-36.80	8 – 38	36.80	-21.80	0 – 60

Laboratuvar Deney Sonuçları: Yapı için açılan sondajlardan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 48 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuvar Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık γ_n (g/cm ³)	Kayada Serbest Basınç Dayanımı q_u (MPa)
KSK-35	37.20-37.50	2.73	24.18
KSK-35	40.00	2.73	15.85
KSK-35	40.70	2.75	24.08

Taşıma Gücü Değerlendirmesi: 2 bodrumlu yapılar için mimari projede belirlenen temel alt kotu değeri +4.70 m. dir. Bu alanda açılan sondajlara göre, belirlenen temel alt kotu seviyesinde; alüvyon nitelikli birimler yer alacaktır. Açılan sondajlara göre +4.70 m temel alt kotu düzeyi altında geçilen litolojik birimler aşağıda verilmiştir.

Tablo 49 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi

Sondaj No	Ağız Kotu (m.)	+4.70 m. Kotu Altında Sondajda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi
KSK-35	15.00	9.20 m kil N: 8 – 15 17.30 m çakıllı kum, N: 23 – 37 4.20 m. Gri kumtaşı-şeyl – W2

Yapı alanında açılan sondajlara göre temel altı düzeyinde kil – kum karmaşığında oluşan alüvyonlar yer aldığından yapı temelini bu birimler üzerine oturtulması uygun değildir. En çok toplam 12 katlı (otoparklarla birlikte) yapıdan temel zeminine aktarılacak maksimum gerilme 24 t/m² (her bir kat için ortalama 2 t/m²) olarak beklenmekte olup, bu yüklerin kazıklar ile en olumsuz koşullara göre temelde (-21.80 m. kotunda) yer alan az ayrıışmış kumtaşı – şeyl birimlerine aktarılması uygundur.

Açılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımına göre belirlenen minimum serbest basınç dayanım değeri 15.85 MPa dır. Az ayrıışmış kumtaşı – şeyl biriminde yer alacak kazığın birim yanal alanda taşıyacağı yük için;

$$f_s = 0.21 \sqrt{16} = 0.840 \text{ MPa} = 840 \text{ kPa} \text{ dır.}$$

Kumtaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 80 cm. çaplı, yaklaşık 30.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 0.80 \times 3.00 \times \pi \times 840 / 2 = 3165 \text{ kN (316 ton)}$$

Kumtaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 100 cm. çaplı, yaklaşık 30.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 1.0 \times 3.00 \times \pi \times 840 / 2 = 3956 \text{ kN (395 ton)}$$

olarak tahmin edilmektedir. Bu değerlendirmede kazık yükleme deneyi yapılacağı gerekçesi ile güvenlik sayısı “2” alınmıştır.

Bir kazık için önerilen güvenli yük depremlı koşullarda yönetmelikler oranında arttırılabilecektir.

Kazıkların yanal yükler altında değerlendirilmelerinde aşağıdaki yanal yatak katsayıları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 50 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri

Kot Aralığı (m)	Tabaka Boyu (m)	Birim	k_h (MN/m³)
4.70 – (-)4.50	9.20	<i>Kil</i>	15
(-)4.50 – (-)21.80	17.30	<i>Çakıllı kum</i>	15
-21.80 – (-)24.80	3.00	<i>W2 Kumtaşı -şeyl</i>	40

(En olumsuz koşullar için – KSK-4 sondajı)

Kazıklar için verilen statik yanal yatak katsayıları, depremlı durumunda 3 katı kabul edilebilir.

KY7 – KY8 Bloklara Ait Değerlendirme

Arazi Verileri: KY7 yapısı yaklaşık 15.60 m x 34.40 m boyutlu 2 bodrum + zemin + 3 normal kat olmak üzere toplam 6 katlı ve KY8 yapısı yaklaşık 23.80 m x 41.40 m boyutlu 2 bodrum + zemin +

9 normal kat olmak üzere toplam 12 katlıdır. KY8 yapı alanında mevcut durumda bina olduğundan sondajlar KY7 yapı oturma alanında açılabilmiştir. Bu alanda açılan sondajlara ait özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 51 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu

Sondaj No	Derinlik (m.)	Ağız Kotu (m.)	Yapay Dolgu Kalınlığı (m.)	Alüvyal Düzey (Çakıllı, kumlu, killi düzeyler) Aralığı (m.)	Alüvyal Düzeyler de SPT – N Aralığı	Çok Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı Aralığı (m.)	Çok Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı Düzeylerin de %RQD Aralığı	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Derinliği (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Kotu (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Düzeylerin de %RQD Aralığı
KSK-37	36.00	10.00	4.00	4.00-31.50	7 – 23	-	-	31.50	-21.50	0 – 77

Laboratuvar Deneysel Sonuçları: Yapı için açılan sondajlardan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 52 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuvar Deneysel Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık γ_n (g/cm ³)	Nokta Yükleme İndeksi I_{S50} (MPa)	Kayada Serbest Basınç Dayanımı q_u (MPa)
KSK-37	31.80	2.50	5.38	-
KSK-37	33.00	-	4.35	-
KSK-37	35.00	-	5.52	-
KSK-37	34.20	2.73	-	77.47

Taşıma Gücü Değerlendirmesi: 2 bodrumlu yapılar için mimari projede belirlenen temel alt kotu değeri +4.70 m. dir. Bu alanda açılan sondajlara göre, belirlenen temel alt kotu seviyesinde; alüvyon nitelikli birimler yer alacaktır. Açılan sondajlara göre +4.70 m temel alt kotu düzeyi altında geçilen litolojik birimler aşağıda verilmiştir.

Tablo 53 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi

<u>Sondaj No</u>	<u>Ağız Kotu (m.)</u>	<u>+4.70 m. Kotu Altında Sondajda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi</u>
KSK-37	4.70	2.20 m kil N: 10 24.00 m çakıllı kum karmaşığı, N: 7 – 23 3.50 m. Gri silttaşı-şeyl – W3-W2

Yapı alanında açılan sondajlara göre temel altı düzeyinde kil – kum karmaşığından oluşan alüvyonlar yer aldığından yapı temelinin bu birimler üzerine oturtulması uygun değildir. En çok toplam 12 katlı (otoparklarla birlikte) yapıdan temel zeminine aktarılacak maksimum gerilme 24 t/m² (her bir kat için ortalama 2 t/m²) olarak beklenmekte olup, bu yüklerin kazıklar ile en olumsuz koşullara göre temelde (-21,50 m. kotunda) yer alan orta – az ayrılmış kumtaşı – silttaşı – şeyl birimlerine aktarılması uygundur.

Açılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan nokta yükleme indeks deneyine göre belirlenen minimum $I_{s50} = 4.35$ MPa olup, bu değere karşılık gelen serbest basınç direnci 52,2 MPa dır. Aynı düzeyler için yapılan tek eksenli basınç dayanımına göre belirlenen minimum serbest basınç dayanım değeri 77.47 MPa dır. Belirlenen değerlere göre minimum serbest basınç dayanım

değeri 52 MPa olarak alınabilir. Orta – az ayrıışmış silttaşı – şeyl biriminde yer alacak kazığın birim yanal alanda taşıyacağı yük için;

$$f_s = 0.21 \sqrt{52} = 1.514 \text{ MPa} = 1514 \text{ kPa' dır.}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 80 cm. çaplı, yaklaşık 29.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 0.80 \times 3.00 \times \pi \times 1514 / 2 = 5704 \text{ kN (570 ton)}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 100 cm. çaplı, yaklaşık 29.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 1.0 \times 3.00 \times \pi \times 1514 / 2 = 7130 \text{ kN (713 ton)}$$

olarak tahmin edilmektedir. Bu değerlendirmede kazık yükleme deneyi yapılacağı gerekçesi ile güvenlik sayısı “2” alınmıştır.

Bir kazık için önerilen güvenli yük depremlı koşullarda yönetmelikler oranında arttırılabilecektir.

Kazıkların yanal yükler altında değerlendirilmelerinde aşağıdaki yanal yatak katsayıları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 54 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri

Kot Aralđı (m)	Tabaka Boyu (m)	Birim	k_h (MN/m³)
4.70 – 2.50	2.20	<i>Kil</i>	15
2.50 – (-)21.50	24.00	<i>Çakıl-kum</i>	15
-21.50 – (-)24.50	3.00	<i>W3-W2 silttaşı-şeyl</i>	40

(En olumsuz koşullar için – KSK-37 sondajı)

Kazıklar için verilen statik yanak yatak katsayıları, depremlı durumunda 3 katı kabul edilebilir.

OD1 Bloğa Ait Değerlendirme

Arazi Verileri: OD1 yapısı yaklaşık 25.90 m x 54.00 m boyutlu 3 bodrum + zemin + 15 normal kat olmak üzere toplam 18 katlıdır. Bu alanda açılan sondajlara ait özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 55 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu

Sondaj No	Derinlik (m.)	Ağız Kotu (m.)	Yapay Dolgu Kalınlığı (m.)	Alüvyal Düzey (Çakılı, kumlu, killi düzeyler) Aralığı (m.)	Alüvyal Düzeyde SPT – N Aralığı	Çok Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı Aralığı (m.)	Çok Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı Düzeylerinde %RQD Aralığı	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Derinliği (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Kotu (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Düzeylerinde %RQD Aralığı
KS K-15	40.50	11.60	3.00	3.00-34.50	6 – 21	-	-	34.50	-22.90	40 – 85
KS K-17	45,00	11.30	5.80	5.80-39.00	7 - >50	39.00-40.00	0	40.00	-28.70	20 – 25

Laboratuar Deney Sonuçları: Yapı için açılan sondajlardan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 56 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuar Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık γ_n (g/cm³)	Kayada Serbest Basınç Dayanımı q_u (MPa)
KSK-17	41.90	2.75	50.38
KSK-17	44.50	2.75	35.83

Taşıma Gücü Değerlendirmesi: 3 bodrumlu yapılar için mimari projede belirlenen temel alt kotu değeri +1.20 m. dir. Bu alanda açılan sondajlara göre, belirlenen temel alt kotu seviyesinde; alüvyon nitelikli birimler yer alacaktır. Açılan sondajlara göre +1.20 m temel alt kotu düzeyi altında geçilen litolojik birimler aşağıda verilmiştir.

Tablo 57 – +1.20 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi

<u>Sondaj No</u>	<u>Ağız Kotu (m.)</u>	<u>+1.20 m. Kotu Altında Sondajda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi</u>
KSK-17	11.30	4.40 m kil N: 7 – 10 24.50 m çakıllı kum, N: 15 – >50 1.00 m silttaşı – şeyl – W4 6.00 m. Gri silttaşı-şeyl – W3-W2
KSK-15	11.60	4.10 m kil N:9 – 16 19.0 m kum N: 13 – 21 6.50 m silttaşı-kiltaşı – W2

Yapı alanında açılan sondajlara göre temel altı düzeyinde kil – kum karmaşığından oluşan alüvyonlar yer aldığından yapı temelinin bu birimler üzerine oturtulması uygun değildir. En çok toplam 18 katlı (otoparklarla birlikte) yapıdan temel zeminine aktarılabilecek maksimum gerilme 36 t/m^2 (her bir kat için ortalama 2 t/m^2) olarak beklenmekte olup, bu yüklerin kazıklar ile en olumsuz koşullara göre temelde (-28.70 m kotunda) yer alan orta – az ayrıışmış silttaşı – şeyl birimlerine aktarılması uygundur.

Açılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımına göre belirlenen minimum serbest basınç dayanım değeri 35.8 MPa dır.. Orta – az ayrıışmış silttaşı – şeyl biriminde yer alacak kazığın birim yanal alanda taşıyacağı yük için;

$$f_s = 0.21 \sqrt{36} = 1.26 \text{ MPa} = 1260 \text{ kPa} \text{ dır.}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m . soketlenecek, $\Phi 80 \text{ cm}$. çaplı, yaklaşık 32.00 m . boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 0.80 \times 3.00 \times \pi \times 1260 / 2 = 4747 \text{ kN (475 ton)}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m . soketlenecek, $\Phi 100 \text{ cm}$. çaplı, yaklaşık 32.00 m . boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 1.0 \times 3.00 \times \pi \times 1260 / 2 = 5934 \text{ kN (593 ton)}$$

olarak tahmin edilmektedir. Bu değerlendirmede kazık yükleme deneyi yapılacağı gerekçesi ile güvenlik sayısı “2” alınmıştır.

Bir kazık için önerilen güvenli yük depremlı koşullarda yönetmelikler oranında arttırılabilecektir.

Kazıkların yanal yükler altında değerlendirilmelerinde aşağıdaki yanal yatak katsayıları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 58 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri

Kot Aralığı (m)	Tabaka Boyu (m)	Birim	k_h (MN/m³)
1.20 – (-)3.20	4.40	<i>Kil</i>	15
(-)3.20– (-)27.70	10.00	<i>Çakıllı kum</i>	15
-27.70 – (-)28.70	1.00	<i>W4-silttaşı-şeyl</i>	
-28.70 – (-)31.70	3.00	<i>W3-W2 silttaşı-şeyl</i>	40

(En olumsuz koşullar için – KSK-17 sondajı)

Kazıklar için verilen statik yanal yatak katsayıları, depremlili durumunda 3 katı kabul edilebilir.

OD2 Bloğa Ait Değerlendirme

Arazi Verileri: OD2 yapısı yaklaşık 29.20 m x 46.00 m boyutlu 3 bodrum + zemin + 23 normal kat olmak üzere toplam 27 katlı katlıdır. Bu alanda açılan sondajlara ait özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 59 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu

Sondaj No	Derinlik (m.)	Ağız Kotu (m.)	Yapay Dolgu Kalınlığı (m.)	Alüvyal Düzey (Çakıllı, kumlu, killi düzeyler) Aralığı (m.)	Alüvyal Düzeylerde SPT – N Aralığı	Anakaya (Az – Orta Ayrılmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Derinliği (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrılmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Kotu (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrılmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Düzeylerinde %RQD Aralığı
KSK-19	38.00	10.75	2.50	2.50-33.50	7 - >50	33.50	-22.75	10 – 40
KSK-18	42.00	11.00	6.00	6.00-36.00	4 – 29	36.00	-25.00	0 – 30

Laboratuar Deney Sonuçları: Yapı için açılan sondajlardan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 60 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuar Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık γ_n (g/cm ³)	Nokta Yükleme İndeks I_{s50} (MPa)	Kayada Serbest Basınç Dayanımı q_u (MPa)
KSK-19	35.00	-	4.11	-
KSK-19	35.80-36.00	2.66	-	21.96
KSK-19	37.00	-	7.62	-
KSK-19	38.00	-	5.12	-

Taşıma Gücü Değerlendirmesi: 3 bodrumlu yapılar için mimari projede belirlenen temel alt kotu değeri +1.20 m. dir. Bu alanda açılan sondajlara göre, belirlenen temel alt kotu seviyesinde; alüvyon nitelikli birimler yer alacaktır. Açılan sondajlara göre +1.20 m temel alt kotu düzeyi altında geçilen litolojik birimler aşağıda verilmiştir.

Tablo 61 – +1.20 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi

Sondaj No	Ağız Kotu (m.)	+1.20 m. Kotu Altında Sondajda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi
KSK-19	10.75	4.95 m kil N: 12 – 17 18.00 m çakıllı kum, N: 20 – 26 1.00 m çakıl, N:>50 4.50 m. Gri kumtaşı-şeyl –W2
KSK-18	11.00	13.70 m kil N:4-9 12.50 m kum-çakıl N:23-37 6.00 m gri kumtaşı-şeyl – W2-W3

Yapı alanında açılan sondajlara göre temel altı düzeyinde kil – kum karmaşığında oluşan alüvyonlar yer aldığından yapı temelinin bu birimler üzerine oturtulması uygun değildir. En çok toplam 27 katlı (otoparklarla birlikte) yapıdan temel zeminine aktarılacak maksimum gerilme 54 t/m² (her bir kat için ortalama 2 t/m²) olarak beklenmekte olup, bu yüklerin kazıklar ile en olumsuz koşullara göre temelde (-25.0 m. kotunda) yer alan az ayrıışmış kumtaşı – şeyl birimlerine aktarılması uygundur.

Açılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan nokta yükleme indeks deneyine göre belirlenen minimum $I_{s50} = 4.11$ MPa olup, bu değere karşılık gelen serbest basınç direnci 49.32 MPa dır. Aynı düzeyler için yapılan tek eksenli basınç dayanımına göre belirlenen minimum serbest basınç dayanım değeri 21.96 MPa dır. Belirlenen değerlere göre minimum serbest basınç dayanım değeri 22 MPa olarak alınabilir. Az ayrıışmış kumtaşı – şeyl biriminde yer alacak kazığın birim yanal alanda taşıyacağı yük için;

$$f_s = 0.21 \sqrt{22} = 0.984 \text{ MPa} = 984 \text{ kPa} \text{ dır.}$$

Kumtaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 80 cm. çaplı, yaklaşık 29.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 0.80 \times 3.00 \times \pi \times 984 / 2 = 3707 \text{ kN (371 ton)}$$

Kumtaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 100 cm. çaplı, yaklaşık 29.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 1.0 \times 3.00 \times \pi \times 984 / 2 = 4634 \text{ kN (463 ton)}$$

olarak tahmin edilmektedir. Bu değerlendirmede kazık yükleme deneyi yapılacağı gerekçesi ile güvenlik sayısı “2” alınmıştır.

Bir kazık için önerilen güvenli yük depremlı koşullarda yönetmelikler oranında arttırılabilecektir.

Kazıkların yanal yükler altında değerlendirilmelerinde aşağıdaki yanal yatak katsayıları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 62 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri

Kot Aralığı (m)	Tabaka Boyu (m)	Birim	k_h (MN/m ³)
1.20 – (-)12.50	13.70	<i>Kil</i>	15
(-)12.50– (-)25.00	12.00	<i>Çakıllı kum</i>	15
-25.00 – (-)28.00	3.00	<i>W2 Kumtaşı -şeyl</i>	40

(En olumsuz koşullar için – KSK-18 sondajı)

Kazıklar için verilen statik yanal yatak katsayıları, depremlı durumunda 3 katı kabul edilebilir.

OD3 Bloğa Ait Değerlendirme

Arazi Verileri: OD3 yapısı yaklaşık 27.20 m x 49.00 m boyutlu 3 bodrum + zemin + 23 normal kat olmak üzere toplam 27 katlıdır. Bu alanda açılan sondajlara ait özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 63 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu

Sondaj No	Derinlik (m.)	Ağız Kotu (m.)	Yapay Dolgu Kalınlığı (m.)	Alüvyal Düzey (Çakıllı, kumlu, killi düzeyler) Aralığı (m.)	Alüvyal Düzeylerde SPT – N Aralığı	Çok Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı Aralığı (m.)	Çok Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı Düzeylerinde %RQD Aralığı	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Derinliği (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Kotu (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Düzeylerinde %RQD Aralığı
KSK-23	38,00	11.40	3.00	3.00-33.00	12 – 33	33.00-37.00	0	37.00	-25.60	0
KSK-24	39,00	10.75	2.00	2.00-3.50	7 – 20	-	-	34.50	-23.75	55 – 80

Laboratuar Deney Sonuçları: Yapı için açılan sondajlardan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 64 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuar Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık γ_n (g/cm ³)	Nokta Yükleme İndeks I_{s50} (MPa)	Kayada Serbest Basınç Dayanımı q_u (MPa)
KSK-23	37.50	2.68	5.30	-
KSK-23	37.70	2.70	3.89	-
KSK-24	35.00	2.71	-	39.39
KSK-24	36.10	2.71	-	27.81
KSK-24	38.50	2.71	-	20.19

Taşıma Gücü Değerlendirmesi: 3 bodrumlu yapılar için mimari projede belirlenen temel alt kotu değeri +1.20 m. dir. Bu alanda açılan sondajlara göre, belirlenen temel alt kotu seviyesinde; alüvyon nitelikli birimler yer alacaktır. Açılan sondajlara göre +1.20 m temel alt kotu düzeyi altında geçilen litolojik birimler aşağıda verilmiştir.

Tablo 65 – +4.70 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi

Sondaj No	Ağız Kotu (m.)	+4.70 m. Kotu Altında Sondajda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi
KSK-23	14.20	4.30 m kum N: 18 – 20 2.50 m kil N: 11 – 14 16.00 m çakıllı kum, N: 16 – 33 4.00 m kahverengi silttaşı – şeyl – W4 1.00 m. Gri şeyl – W3
KSK-24	10.75	24.95 m çakıllı kum, N: 7 – 20 4.50 m. Gri kumtaşı-şeyl – W2

Yapı alanında açılan sondajlara göre temel altı düzeyinde kil – kum karmaşığından oluşan alüvyonlar yer aldığından yapı temelini bu birimler üzerine oturtulması uygun değildir. En çok toplam 27 katlı (otoparklarla birlikte) yapıdan temel zeminine aktarılacak maksimum gerilme 54 t/m² (her bir kat için ortalama 2 t/m²) olarak beklenmekte olup, bu yüklerin kazıklar ile en olumsuz

koşullara göre temelde (-25.60 m. kotunda) yer alan orta – az ayrıışmış kumtaşı – şeyl birimlerine aktarılması uygundur.

Açılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan nokta yükleme indeks deneyine göre belirlenen minimum $I_{s50} = 3.89$ MPa olup, bu değere karşılık gelen serbest basınç direnci 46.68 MPa dır. Aynı düzeyler için yapılan tek eksenli basınç dayanımına göre belirlenen minimum serbest basınç dayanım değeri 20.19 MPa dır. Belirlenen değerlere göre minimum serbest basınç dayanım değeri 20 MPa olarak alınabilir. Orta – az ayrıışmış kumtaşı – şeyl biriminde yer alacak kazığın birim yanal alanda taşıyacağı yük için;

$$f_s = 0.21 \sqrt{20} = 0.939 \text{ MPa} = 939 \text{ kPa' dır.}$$

Kumtaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 80 cm. çaplı, yaklaşık 30.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 0.80 \times 3.00 \times \pi \times 939 / 2 = 3538 \text{ kN (354 ton)}$$

Kumtaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, Φ 100 cm. çaplı, yaklaşık 30.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 1.0 \times 3.00 \times \pi \times 939 / 2 = 4422 \text{ kN (442 ton)}$$

olarak tahmin edilmektedir. Bu değerlendirmede kazık yükleme deneyi yapılacağı gerekçesi ile güvenlik sayısı “2” alınmıştır.

Bir kazık için önerilen güvenli yük depremlı koşullarda yönetmelikler oranında arttırılabilecektir.

Kazıkların yanal yükler altında değerlendirilmelerinde aşağıdaki yanal yatak katsayıları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 66 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri

Kot Aralığı (m)	Tabaka Boyu (m)	Birim	k_h (MN/m ³)
1.20 – (-)3.10	4.30	kum	15
-3.10 – (-)5.60	2.50	Kil	15
(-)5.60 – (-)21.60	16.00	Çakıllı kum	15
-21.60 – (-)25.60	4.00	W4 silttaşı-şeyl	25
-25.60 – (-)28.60	3.00	W3-W2 Kumtaşı- şeyl	40

(En olumsuz koşullar için – KSK-23 sondajı)

Kazıklar için verilen statik yanal yatak katsayıları, depremlili durumunda 3 katı kabul edilebilir.

Yukarıda verilen kazık parametreleri yapı yakınında açılan sondajlardan en olumsuz koşullara sahip KSK-23 sondajına göre yapılmıştır. Yapı alanında açılan KSK-24 sondajına göre kaya giriş derinliği değişmekte olup, buna göre kazık boyları da bu kesimlerde daha kısa olmak zorunda olabilir (ana kayada foraj yapılma zorluğu nedeniyle).

OD4 Bloklara Ait Değerlendirme

Arazi Verileri: OD4 yapısı yaklaşık 27.00 m x 49.00 m boyutlu 3 bodrum + zemin + 15 normal kat olmak üzere toplam 19 katlıdır. Bu alanda açılan sondajlara ait özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 67 – Yapı Alanında Açılan Temel Araştırma Sondajlarına Ait Özet Bilgi Tablosu

Sondaj No	Derinlik (m.)	Ağız Kotu (m.)	Yapay Dolgu Kalınlığı (m.)	Alüvyal Düzey (Çakıllı, kumlu, killi düzeyler) Aralığı (m.)	Alüvyal Düzeylerde SPT – N Aralığı	Çok Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı Aralığı (m.)	Çok Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı Düzeylerinde %RQD Aralığı	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Derinliği (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Giriş Kotu (m.)	Anakaya (Az – Orta Ayrışmış Şeyl-silttaşı-kumtaşı) Düzeylerinde %RQD Aralığı
KSK-26	34.00	11.00	5.00	5.00-28.00	7 – 38	28.00-30.00	0	30.00	-19.00	30 – 46
KSK-27	34.00	11.30	5.00	5.00-28.40	6 – 19	-	-	28.40	-17.10	30 – 95

Laboratuar Deney Sonuçları: Yapı için açılan sondajlardan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 68 – Sondajlardan Alınan Karot Örneklerine Ait Laboratuar Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık γ_n (g/cm ³)	Kayada Serbest Basınç Dayanımı q_u (MPa)	Kayada Üç Eksenli Sıkışma	
				Φ (°)	c (MPa)
KSK-27	30.50	2.78	-	62	2.98
KSK-27	31.30	2.74	38.57	-	-
KSK-27	31.50	2.78	-	47	4.59
KSK-27	33.00	2.74	19.57	-	-

Taşıma Gücü Değerlendirmesi: 3 bodrumlu yapılar için mimari projede belirlenen temel alt kotu değeri +1.20 m. dir. Bu alanda açılan sondajlara göre, belirlenen temel alt kotu seviyesinde; alüvyon nitelikli birimler yer alacaktır. Açılan sondajlara göre +1.20 m temel alt kotu düzeyi altında geçilen litolojik birimler aşağıda verilmiştir.

Tablo 69 – +1.20 m. Kotu Altında Sondajlarda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi

<u>Sondaj No</u>	<u>Ağız Kotu (m.)</u>	<u>+1.20 m. Kotu Altında Sondajda Geçilen Litolojik Birimler ve Ayrışma Derecesi</u>
KSK-27	11.30	18.30 m çakıllı kum, N: 17 – 19 5.60 m. Gri silttaşı-şeyl – W2
KSK-26	11.00	4.70 m kil N:13 13.50 m kum N:23-38 2.00 m parçalı kumtaşı – W4 4.00 m gri kumtaşı – W2

Yapı alanında açılan sondajlara göre temel altı düzeyinde kil – kum karmaşığında oluşan alüvyonlar yer aldığından yapı temelinin bu birimler üzerine oturtulması uygun değildir. En çok

toplam 19 katlı (otoparklarla birlikte) yapıdan temel zeminine aktarılacak maksimum gerilme 38 t/m^2 (her bir kat için ortalama 2 t/m^2) olarak beklenmekte olup, bu yüklerin kazıklar ile en olumsuz koşullara göre temelde (-19.00 m. kotunda) yer alan az ayrıışmış silttaşı – şeyl birimlerine aktarılması uygundur.

Açılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımına göre belirlenen minimum serbest basınç dayanım değeri 19.57 MPa dır. Az ayrıışmış silttaşı – şeyl biriminde yer alacak kazığın birim yanal alanda taşıyacağı yük için;

$$f_s = 0.21 \sqrt{20} = 0.939 \text{ MPa} = 939 \text{ kPa} \text{ dır.}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, $\Phi 80 \text{ cm.}$ çaplı, yaklaşık 23.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 0.80 \times 3.00 \times \pi \times 939 / 2 = 3538 \text{ kN (354 ton)}$$

Silttaşı – şeyl litolojilerine en az 3.00 m. soketlenecek, $\Phi 100 \text{ cm.}$ çaplı, yaklaşık 23.00 m. boydaki kazıklarda güvenli taşıma gücü;

$$P_a = 1.0 \times 3.00 \times \pi \times 939 / 2 = 4422 \text{ kN (442 ton)}$$

olarak tahmin edilmektedir. Bu değeriendirilmede kazık yükleme deneyi yapılacağı gerekçesi ile güvenlik sayısı “2” alınmıştır.

Bir kazık için önerilen güvenli yük depremlı koşullarda yönetmelikler oranında arttırılabilecektir.

Kazıkların yanal yükler altında değeriendirilmelerinde aşağıdaki yanal yatak katsayıları göz önüne alınmalıdır.

Tablo 70 – Yapı Kazıklı Temel Seçeneği İçin Yanal Yatak Katsayısı Değerleri

Kot Aralığı (m)	Tabaka Boyu (m)	Birim	k_h (MN/m³)
1.20 – (-)17.00	18.20	<i>Killi Çakıllı kum</i>	15
-17.00 – (-)19.00	2.00	<i>W4 kumtaşı</i>	30
-19.00 – (-)22.00	3.00	<i>W3-W2 Kumtaşı- silttaşı-şeyl</i>	40

(En olumsuz koşullar için – KSK-26 sondajı)

Kazıklar için verilen statik yanal yatak katsayıları, depremlili durumda 3 katı kabul edilebilir.

3.6.2 Zemin ve Kaya Türlerinin Değerlendirilmesi

3.6.2.1 Ayırışmış Zemin ve Kaya Türlerinin Sınıflandırılması

Sahada açılan sondajlara göre saha genelinde dolgu düzeyleri altında alüvyal çökeller belirlenmiştir. Bu düzeyler genel olarak kumlu, siltli, yer yer çakıl taneli killerden oluşmaktadır. Alüvyal düzeyler altında ise genel olarak Trakya Formasyonu' nun ayrışma zonunu temsil eden, kalınlığı 0.50 m. – 4.00 m. arasında değişen kahverengi, sarımsı, açık yeşilimsi, grimsi, mavi, çok ayrışmış, yer yer çok kırıklı – çatlaklı, çok zayıf kalitede kumtaşı – şeyl birimleri tespit edilmiştir.

3.6.2.2 Kaya Türlerinin Sınıflandırılması

Saha genelinde temel kaya olarak belirlenen Trakya Formasyonu' na ait birimler; grimsi mavi, açık gri, kahverengi, sarı, bej, gri, boz, yer yer kırıklı – çatlaklı, genel olarak iyi dayanımlı, şeyl – kumtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Birim içerisinde karotlu ilerleme yapılmış, bu düzeylerden alınan karot örnekleri üzerinde birimin %TCR ve %RQD değerleri belirlenmiştir. Yapılan bu değerlendirmelere göre anakaya nitelikli düzeyler genel olarak çok zayıf – zayıf – orta – iyi kalitede ve az – orta derecede ayrışmıştır.

Kaya düzeylerinden alınan karot örnekleri üzerinde yapılan nokta yükleme deneyine göre belirlenen indeks değerleri 1.43 MPa – 9.44 MPa aralığındadır. Bu indeks değerlerine karşılık gelecek tek eksenli basınç dayanımı değerleri ise ($q_u = I_{s 50} \times c$ bağıntısında, c katsayısının minimum değer olan 12 alınmasıyla) 17.16 MPa – 113.28 MPa aralığındadır. Tek eksenli basınç dayanımı deneyleri sonucu belirlenen serbest basınç dayanım değerleri ise 9.0 MPa – 77.0 MPa aralığındadır. Bu dayanım değerlerine göre, söz konusu litolojiler Deere – Miller sınıflamasına göre, çok düşük – düşük – orta – yüksek dayanımlı olarak nitelendirilebilir.

Tablo 71 - Deere ve Miller Sınıflaması, 1966

Dayanım	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm²)
Çok Yüksek	>2200
<i>Yüksek</i>	<i>1100 – 2200</i>
<i>Orta</i>	<i>550 – 1100</i>
<i>Düşük</i>	<i>275 – 550</i>
<i>Çok Düşük</i>	<i><275</i>

Tablo 72 – Q Sistemi Sınıflaması

RQD Değeri (%)	Kaya Kalite Göstergesi Tanımı
<u>0 – 25</u>	<u>A, Çok Zayıf</u>
<u>25 – 50</u>	<u>B, Zayıf</u>
<u>50 – 75</u>	<u>C, Orta</u>
<u>75 – 90</u>	<u>D, İyi</u>
90 - 100	E, Çok İyi

Tablo 73 – Kayanın Ayrışma Derecesi Sınıflaması

Kayanın Ayrışma Derecesi	Kayanın Ayrışma Tanımı
W1	Taze
<u>W2</u>	<u>Az Ayrışmış</u>
<u>W3</u>	<u>Orta Derecede Ayrışmış</u>
W4	Çok Ayrışmış
W5	Tamamen Ayrışmış
W6	Kalıntı Zemin

3.6.2.3 Zemin Profilinin Yorumlanması

İnceleme alanına ait parsel sınırları içerisinde açılan temel araştırma sondajlarına göre en üstte kalınlığı 0.30 m. – 8.00 m. arasında değişen yapay dolgular altında genel olarak alüvyal çökeller geçilmiştir. Bu düzeylerin kalınlığı saha genelinde değişiklik göstermekle birlikte 37.50 m. kalınlıklara ulaşmaktadır. Dolgu ve alüvyal düzeyler altında Trakya Formasyonu' nun ayrışma zonunu oluşturan birimler geçilmiş olup, kalınlığı 0.50 m. – 4.00 m. arasında değişen bu ayrışma zonu altında ise Trakya Formasyonu' na ait gri sağlam anakaya birimlerine girilir.

Sahada inşa edilecek yapılara ait yükler kazıklarla temel kayayı oluşturan Trakya Formasyonu' na ait birimlere aktarılacaktır. Bu birimlere ait genel parametreler aşağıda özetlenmiştir.

Tablo 74 – Sahada Belirlenen Litolojik Birimlerin Ortalama Jeolojik – Jeoteknik – Jeofizik Değerleri

<u>Jeoteknik – Jeofizik Değerler</u>	<u>Kaya Nitelikli Birimler</u>
Tek Eksenli Basınç Dayanımı Aralığı q_U (MPa)	9.0 – 113.28
Kayanın Ayrışma Derecesi	W2 – W3
Deere ve Miller Sınıflamasına Göre Dayanım Aralığı	Çok Düşük – Düşük – Orta – Yüksek
% RQD Değerine Göre Kaya Kalite Göstergesi Tanımı	Çok Zayıf – Zayıf – Orta – İyi
Zemin Hakim Periyodu (T_0)	0.34~ 0.39
Zemin Büyütmesi	1.56~1.82
Zemin Sınıfı	Z ₂
Vs30 (m/s)	419~541
Zemin Grubu	B

Tablo 75 – Jeofizik Ölçmeler Sonucu Hesaplanan Dinamik Parametre Değerleri

Ölçüm No	Kayma modülü (G) (kg/cm²)	Yoğunluk (ρ) gr/cm³
JS – 1	3727	2.08
JS – 2	6882	2.28
JS – 3	3921	2.10
JS – 4	3533	2.07

İnceleme alanındaki belirlenen kaya nitelikli birimler için jeofizik çalışmalarla dinamik parametreler hesaplanmış olup, yukarıdaki tabloda bu değerler verilmiştir. kayma modülü değerlerine göre, kaya nitelikli birimler genel olarak sağlam zemin özelliğindedir.

Tablo 76 – Maksimum Kayma Modülüne Göre Zemin Özelliği Tanımlamaları (Bowles, 1988; Kramer, 1996)

G_{max} (kg/cm ²)	Zemin Özelliği
0 – 600	Gevşek
600 – 3000	Orta Sağlam
3000 – 10000	Sağlam
> 10000	Çok Sağlam

3.6.2.4 Sıvılaşma ve Yanal Yayılma Analizinin Değerlendirilmesi

Çalışma sahasında inşa edilecek yapılara ait yüklerin kazıklar ile Trakya Formasyonu' na ait anakaya nitelikli birimlere aktarılması önerilmiştir. Bu düzeyler genel olarak iyi dayanımlı kayaç ve yer yer ayrılmış nitelikte birimler olup, sıvılaşma ve rijitlik kaybı potansiyeli yoktur. Yanal yayılma faktörü etkin olmayacaktır.

3.6.2.5 Oturma-Şişme ve Göçme Potansiyelinin Değerlendirilmesi

Proje alanında inşa edilecek yapılara ait yüklerin kazıklarla Trakya Formasyonu' na ait anakaya nitelikli birimlere aktarılacaktır. Bu birimler genel özellikleri itibariyle oturma sorunu yaratmayacak birimlerdir. Aynı birimler için şişme ve göçme sorunu da beklenmemektedir.

3.6.2.6 Karstik Boşlukların Değerlendirilmesi

Gerek proje alanında açılan sondaj verilerine göre, araştırılan derinlikler içerisinde, karstik boşluk niteliğinde herhangi bir oluşuma rastlanmamıştır.

3.6.2.7 Temel Zemini Olarak Seçilen Birimlerin Değerlendirilmesi

Çalışma alanında inşa edilecek yapılara ait yüklerin, kazıklarla Trakya Formasyonu' na ait anakaya nitelikli birimlere aktarılacaktır.. Yapılan ayrıntılı değerlendirmeler ilgili bölümde verilmiştir.

3.6.2.8 Şev Duraylılığı Analizi ve Değerlendirilmesi

İnceleme alanı genel olarak düz – az eğimli, bir morfolojiye sahiptir. Sahada genel kot değerleri 10.00 m – 15.00 m arasında değişmektedir. Saha Cendere vadisi üzerindedir. İnceleme alanında inşa

edilecek yapılar için açılacak temel çukurlarında açılacak ortalama 15.00 m. derinlikli kazılar açılacaktır. Yapay dolgu ve alüvyal birimler içerisinde açılacak bu kazılar önlem alınmadan yapılmamalı, uzman mühendis görüşü doğrultusunda hazırlanacak uygun iksa sistemleri ile desteklenmelidir. Sahada kontrolsüz kazı yapılmamalıdır.

3.6.2.9 Kazı Güvenliği ve Gerekli Önlemlerin Alternatifli Olarak Değerlendirilmesi

İnşa edilecek olan yapılar için açılacak temel çukurlarında oluşturulacak şevlerde oluşabilecek olası duraylılık sorunları için gerçekleştirilecek derin kazılarda yapı, çevre ve işçi güvenliğini göz önünde tutulmalıdır. Sahada kontrolsüz kazı yapılmamalıdır.

3.7 Doğal Afet Risklerinin Değerlendirilmesi ve Depremsellik

İncelenen parsel alanının da içerisinde yer aldığı bölge geneli için deprem dışında (sellenme, heyelan, kaya düşmesi, çığ v.s. 7269 sayılı (7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun) yasa kapsamına giren herhangi bir doğal afet riski yoktur. İstanbul için önemli ve potansiyel doğal afetin deprem olduğu bilinmektedir. İstanbul ili ve dolaylı için gerçekleştirilen depremsellik çalışmalarında, Marmara Bölgesinin genel sismotektonik özellikleri İstanbul ve çevresi için tarihsel ve aletsel dönemdeki depremler değerlendirilmiştir. İnceleme alanında projelendirilecek yapılar için **“2. Derece Deprem Bölgeleri”** ne ait parametreler kullanılmalıdır.

İstanbul, tarih boyunca yıkıcı depremlerden etkilenmiştir. İstanbul il sınırları içerisinde 1, 2, 3 ve 4.derece deprem bölgeleri bulunmaktadır. Türkiye deprem bölgeleri haritasında İstanbul ilinin konumu Kuzey Anadolu Fayı batı kesimlere doğru çatallanarak üç ana kola ayrılır. Sismolojik veriler en kuzeyde yer alan kolun bunlar arasında en aktif olduğunu, GPS verileri ise Kuzey Anadolu fayı üzerindeki yıllık ortalama 2 cm lik hareketin büyük bir kısmının bu kol üzerinde gerçekleştiğini göstermektedir. Bu kol Marmara denizine İzmit körfezinden girerek deniz içerisinden geçer ve Mürefte civarında yeniden karaya çıkar. Fayın Marmara denizi içerisindeki geometrisi büyük ölçüde 17 Ağustos 1999 depremi sonrasında uluslararası projelerle üretilen verilerle ortaya konmuştur. Buna göre bu kol Marmara denizi içerisinde iki parçalı bir tek fay şeklinde uzanmaktadır

İstanbul'da yıkıcı etki oluşturan bütün depremlerin Marmara denizi içerisindeki faylar üzerinde olduğu kabul edilmektedir. Son veriler ışığında da Marmara denizi içerisinde ciddi bir deprem tehlikesi olduğu kabul edilmektedir.

Tablo 77 – Bölgede Son 50 Yılda Meydana Gelen ve Büyüklüğü $M \geq 4$ Olan Depremlerin Oluş Sayıları (Kandilli Verileri)

Deprem Büyüklüğü ve Aralığı	Deprem Oluş Sayısı
$4.0 \leq mb < 4.9$	162
$5.0 \leq mb < 5.9$	22
$6.0 \leq mb < 6.9$	1
$7.0 \leq mb < 9.9$	2

Deprem Riski Analizi: İnceleme alanı ve deprem riskinin hesaplanması için, son 50 yılda 100 km yarıçaplı bir alan içinde meydana gelen ve büyüklüğü $M \geq 5$ olan depremler kullanılmıştır.

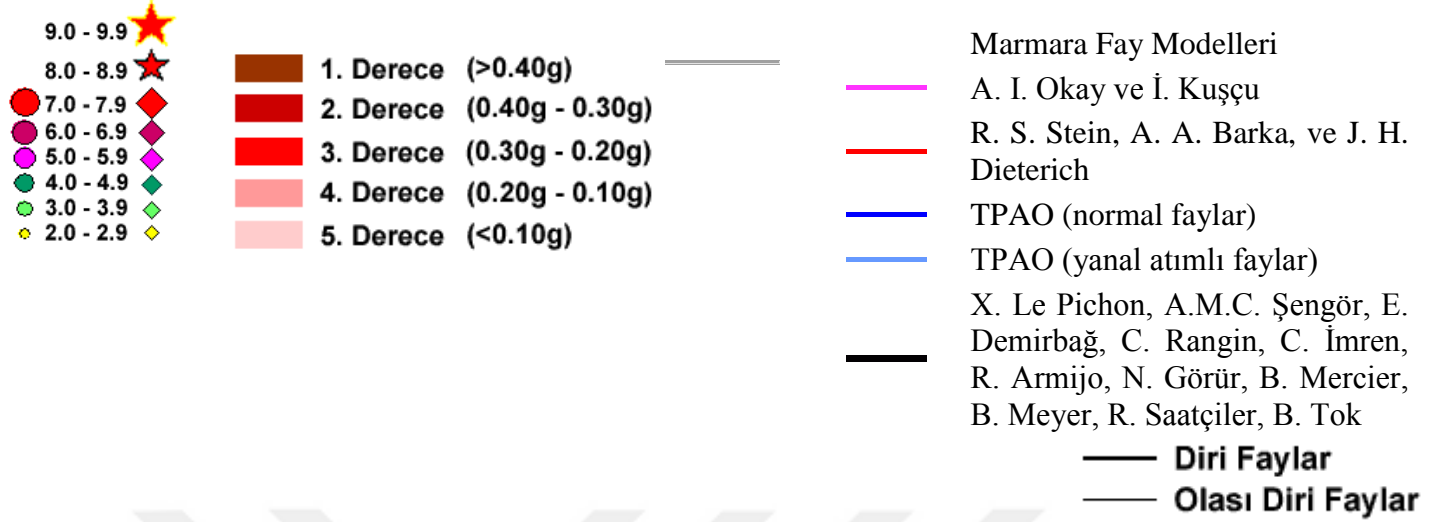
Tablo 78 – Değişik Büyüklükte Depremler İçin Hesaplanmış Yıllık Riskler

Deprem Büyüklüğü	Tekrarlama Yılı	Yıllık Risk (%)			
		10	50	75	100
5.0	3	99.9	100	100	100
5.5	6	97.2	100	100	100
6.0	13	82.1	100	100	100
6.5	18	56.4	98.4	99.8	100
7.0	28	33	86.5	95.1	98.2
7.5	57	17.6	62.0	76.6	85.6

Çalışma alanına en yakın diri fayın uzaklığı ortalama 30 km. dir. Bölgenin deprem risk analizi verileri ve faya yakınlığı göz önünde bulundurularak yapılan hesaplar sonucu aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

Lejand

Deprem büyüklükleri (magnitude). Daireler Kandilli kayıtları, diğerleri USGS kayıtları için kullanılmıştır



Deprem bölgeleri beklenen ivme değerlerine göre derecelendirilmiştir.

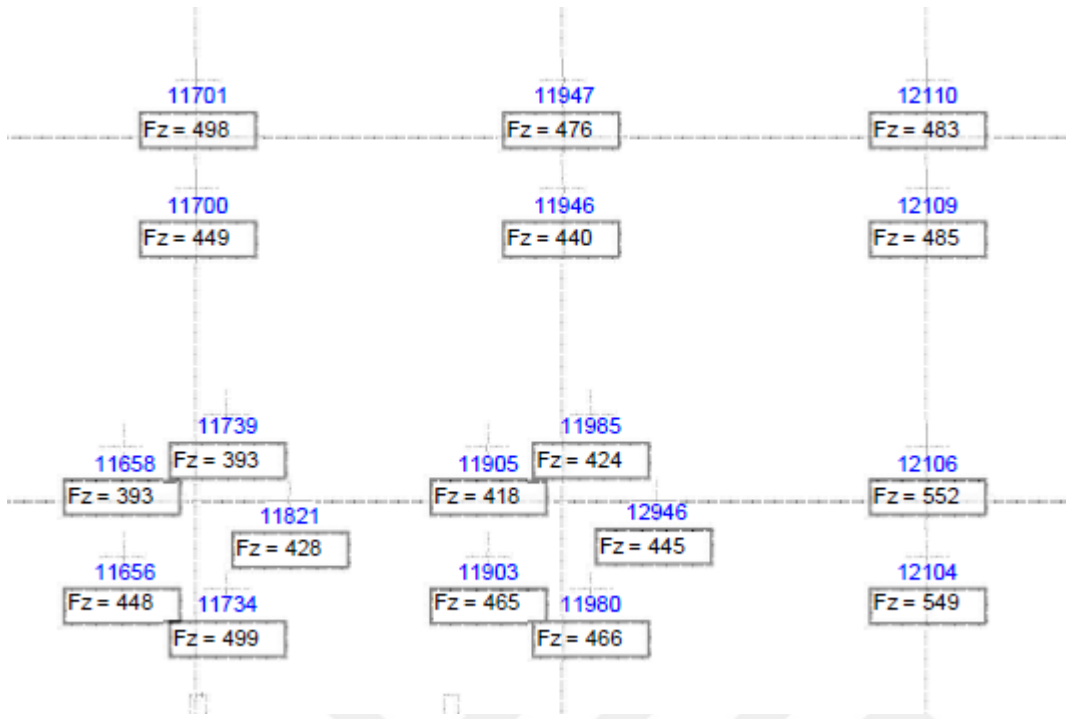
Parantez içindeki sayılar ilgili bölgede beklenen ivme değeridir.

İnceleme alanı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında “2. derece deprem bölgeleri “ sınırları içerisinde yer almaktadır. Yukarı verilen parametreler ile sismik ölçüm sonuçları göz önünde bulundurularak, bölgede projelendirilecek yapılar için “2. Derece Deprem Bölgeleri” ne ait parametreler kullanılabilir. Sahada belirlenen litolojiler için, yürürlükteki deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelik hükümlerine göre, aşağıdaki Tablode belirtildiği şekilde alınması uygun bulunmaktadır.

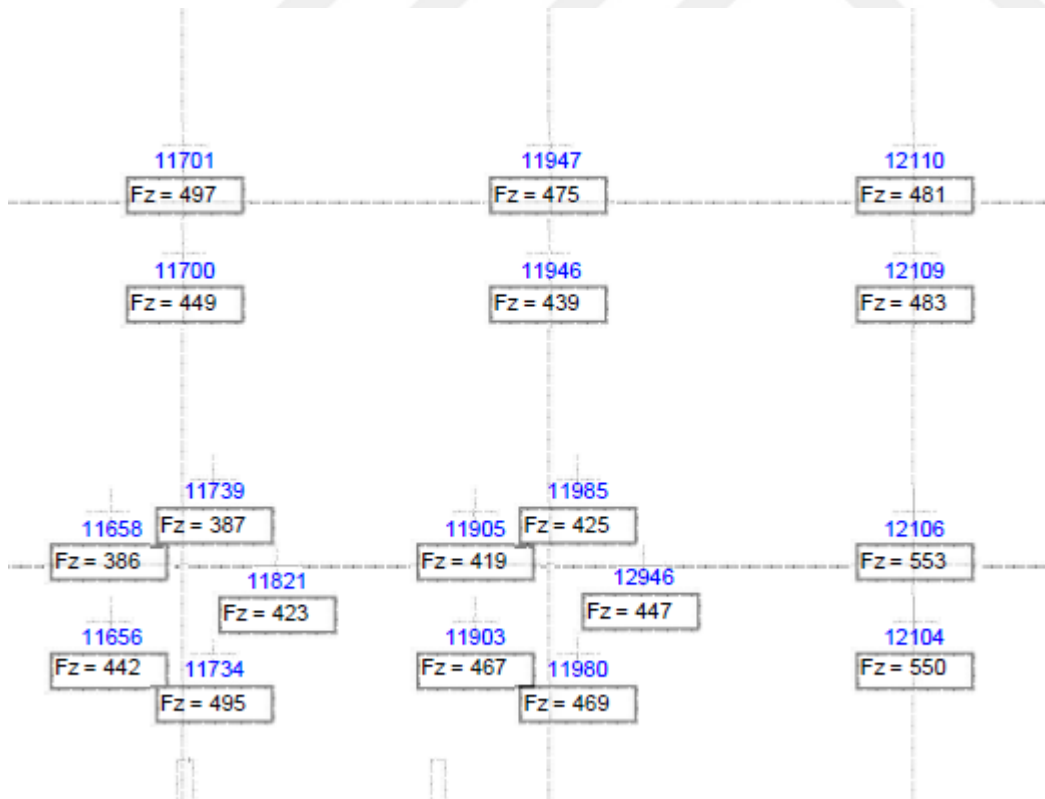
Tablo 79 – Deprem Parametreleri

JEOLJİK YAPI	SPEKTRUM KARAKTERİSTİK PERİYOTLARI		YEREL ZEMİN SINIFI	ZEMİN GRUBU	ETKİN YER İVMESİ
	T _A (s)	T _B (s)			
Anakaya düzeyleri için	0.15	0.40	Z ₂	B	0.30

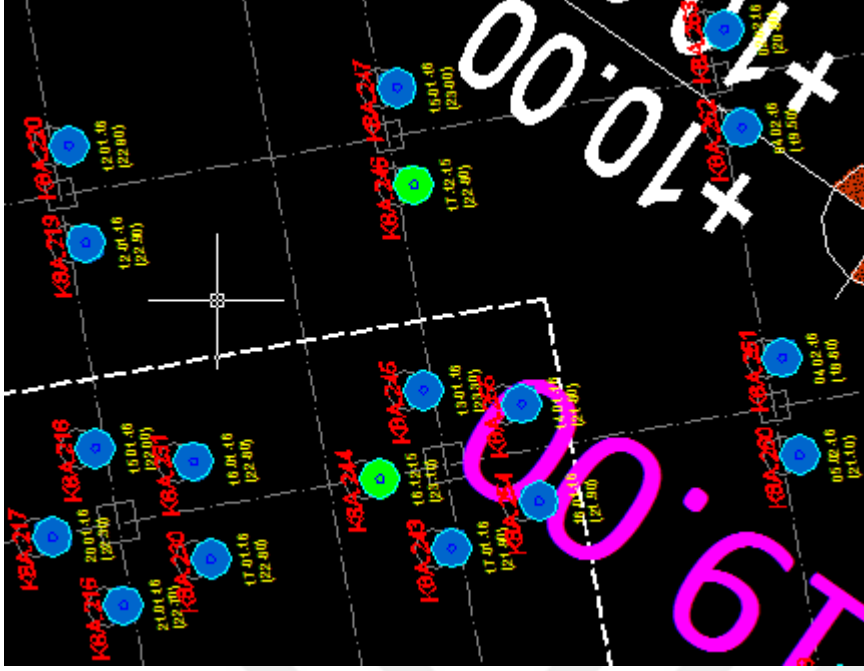
3.7.1 Deprem Anında kazıklara Etki Eden Statik Yükler



Şekil 3.7 : Deprem Anında Kazıklara Etki eden Kuvvet (G+P+ EX)



Şekil 3.8 :Deprem Anında Kazıklara Etki Eden Kuvvet (G+P+EY)



Şekil 3.9 :Temel Altı Kazıkların Bloktaki Yerleşimi

3.8 Kalite Kontrol Çalışmaları

3.8.1 Eksenel Statik Basınç Yükleme Deneyi

İstanbul Seyrantepe' de bulunan, Artaş- Invest Adi Ortaklığı tarafından inşası devam etmekte olan Vadistanbul Projesi 3. Etap Podium Bloğu kapsamında imal edilen fore kazıklar üzerinde kazıkların tasarım yüklerini emniyetli bir şekilde taşıdıklarının belirlenebilmesi amacıyla bir adet eksenel statik basınç yükleme deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan yükleme deneyinin sonuçları verilmiştir.

3.8.1.1 Deney Kazıkları

Proje kapsamında imal edilen temel kazıklarından K-78 numaralı kazık üzerinde yükleme deneyi gerçekleştirilmiştir. Deney kazığı Ø100 cm. çapında ve L=28.65 m. boyunda imal edilmiştir. Deney sırasında deney kazığının etrafında test amaçlı olarak imal edilen dört adet kazık çekme kazıkları olarak kullanılmıştır. Bu kazıklardan alınan reaksiyon kuvveti ile deney kazığına basınç yükü aktarılmıştır. Çekme kazıkları da deney kazığıyla aynı çapta ve boyda imal edilmiştir. Deney kazıklarının saha içindeki yerleşim planı *şekil 3.10' da*, çekme kazıkları donatı hesapları ve kazık donatı planları aşağıda verilmiştir. Yükleme deneyinde kullanılan toplam beş adet kazığın imalat raporları 3.8.1.6' da sunulmuştur.

Deney kazığı için proje yükü 700 ton olarak öngörölmüş, deneyde proje yükünün %150' sine kadar (1,050 ton) yükleme yapılması planlanmıştır.

3.8.1.2 Eksenel Statik Basınç Yükleme Deney Düzenegi

Eksenel statik basınç yükleme deneyi ASTM D1143 standardına ve ilgili şartnamelere uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Basınç yüklerinin temininde çekme kazıkları yöntemi uygulanmıştır. Deneyde deney kazıklarına yük aktarımı için çelik deney kirişleri ve hidrolik kriko sistemleri kullanılmıştır. Yüklerin hassasiyetle ölçülebilmesi için 2 adet 600 ton kapasiteli yük hücresinden (Vibrating Wire Load Cell) faydalanılmıştır. Deplasman ölçümleri 4 adet 0.01 mm hassasiyetli komparatör ile yapılmıştır. Deney süresince 4 komparatörden ölçümler alınarak deney kazığının deplasmanları bunların ortalaması olarak belirlenmiştir. Yapılan ölçümlerin sağlıklı olması için, komparatörlerin üzerine yerleştirildiği, basınç kazığının deplasmanlarından etkilenmeyecek bir mesafede mesnetlenen bağımsız referans kirişleri kullanılmıştır. Referans kirişlerinin bir ucu sabit, diğer ucu ise kayıcı mesnet olarak teşkil edilmiştir.

3.8.1.3 Yükleme Deney Programı

Deney kazığına yük, proje yükünün %25' i (175 ton) esas alınarak kademeli olarak uygulanmıştır. Her yük kademesinde en az 1 saat olmak üzere deplasmanların sabit hale gelmesi beklenmiştir. Yük kademelerinin uygulanması sırasında, oturma hızı kriteri olarak 0.25 mm/saat dikkate alınmıştır. Bütün ara beklemler sırasında standartlarda belirtilen okuma aralıkları ile düzenli olarak deplasman ölçümleri yapılmıştır.

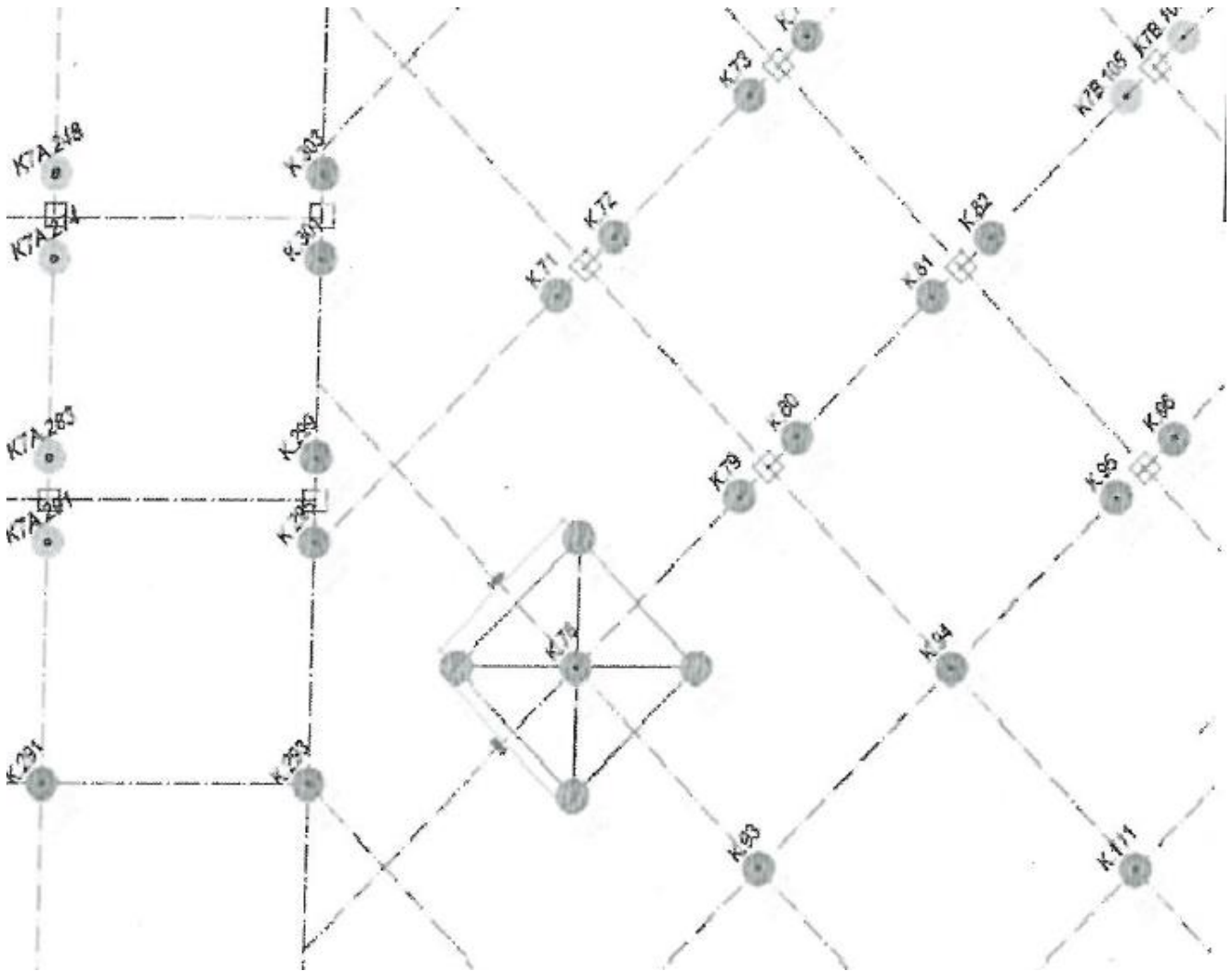
Yükleme deneyi üç çevrim halinde gerçekleştirilerek maksimum yüke ulaşılmıştır. Çevrimlerde sırasıyla proje yükünün %50' sine, proje yüküne ve proje yükünün %150' sine kadar yükleme yapılmıştır. Proje yükünün %50' sinde 1 saat, proje yükünde 6 saat ve proje yükünün %150' si olan maksimum deney yükünde ise 12 saat beklemler yapılmış, beklemlerin ardından ölçülen deplasmanların oturma kriterlerini sağladığı görülerek boşaltmaya geçilmiştir. Yük boşaltımı yine kademeli olarak yapılmış ve her boşaltma kademesinde 20 dakika beklemler yapılmıştır. Kalıcı oturmaların tespit edilebilmesi için yükün tamamen boşaltılmasının ardından 1 saat beklenmiş ve okumalar alınmıştır. Yükleme deneyinin uzamalar haricinde minimum 27 saat 20 dakika sürede tamamlanması öngörölmüştür ve saha okumaları 3.8.1.7 de sunulmuştur

3.8.1.4 Yükleme Deney Sonuçları

Yükleme deneyi sırasında alınan tüm okumalar ve deney sonuçlarına göre *1,050 ton* maksimum yük altında ölçülen maksimum oturma değeri *12.28 mm* olmuş ve kalıcı oturma değeri de *4.46 mm* olarak ölçülmüştür. Yükleme deneyinden elde edilen sonuçlar Tablo 80 de özetlenmiştir.

Tablo 80 Yükleme Deneyi Sonuçları

Kazık No	Yük Kademesi	Toplam Oturma (mm)	Kalıcı Oturma (mm)
Blok: Podium	700 Ton (Proje Yüğü)	6.52	2.37
Kazık No: 78	1050 Ton (Proje Yüğü %150' si)	12.28	4.46



Şekil 3.10 Deney kazıklarının saha içindeki yerleşimi

3.8.1.5 Çalışan Kazık Yükleme Deneyleri Reaksiyon Kazıkları Donatı ve Kaynak Hesapları

Reaksiyon Kazıkları Donatı Hesabı

Kazık proje yükü : 700 ton

Uygulanacak maksimum deney yükü : 1,050 ton

Reaksiyon kazıklarından alınacak maksimum reaksiyon kuvveti: 262.50 ton

Reaksiyon kazıkları donatı tipi: $\phi 26$

$\Phi 26$ donatı kesit alanı :5.31 cm²

Kaynatılması gereken minimum donatı sayısı :

$$x = \frac{262500}{3600 \times 5.31} = 13.7 \quad 14 \text{ adet}$$

Seçilen :Min.20 $\phi 26$ (yeterli)

1. Kaynak Hesabı

Reaksiyon kazıklarından alınacak maksimum reaksiyon kuvveti :262.50 ton

Min.Lw: 15 cm

Min.aw: 2 cm

Min.Aw: 14x15x2=420cm²

$$= \frac{262500}{420} = 625 \text{ kg/cm}^2 < 1100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (güvenli)}$$

3.8.1.6 Yükleme Deneyinde Kullanılan Kazık İmalatları

Ø100 TEMEL_KAZIK İMALATLARI GÜNLÜK SAHA RAPORU

Tarih: 21/11/2015

NO	MAKİNE	KUYU BİLGİLERİ						SAAT				BETON		
		BLOK/AKS	Kazık No	Çap (cm)	Kuyu Ağız Kotu (m)	Mhız Borusu (m)	Kaya Giriş Boyu (m)	Kazık Boyu (m)	Delgi Başlangıç	Delgi Bitiş	Beton Başlangıç	Beton Bitiş	TEORİK Miktarı m ³	SİPARİŞ miktarı (m ³)
1	SR-60	K	CK-1	Ø100	2.70	24.60	25.60	28.60	20:50	10:23	12:00	13:25	-	28m ³
2	"	"	118	"	2.90	20.00	20.20	23.20	19:30	18:05	20:00	21:25	-	23m ³
3	"	"	116	"	2.55	19.50	19.70	22.70	21:25	01:15	02:20	03:10	-	23m ³
4	"	"	131	"	2.60	18.80	18.90	22.05	07:20	06:30	07:25	08:10	-	22m ³
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														

Gündüz Vardiyası

Gece Vardiyası

Gökçer ÖZEN
Jeoloji Mühendisi

Ø100 TEMEL_KAZIK İMALATLARI
GÜNLÜK SAHA RAPORU

Tarih: 28/10/2015

NO	MAKİNE	KUYU BİLGİLERİ					SAAT				BETON		
		BLOK/AKS	Kazık No	Çap (cm)	Kuyu Ağız Kotu (m)	mhfz borusu (m)	Kazık boyu (m)	Delgi başlangıç	Delgi Bitiş	Beton Başlangıç	Beton Bitiş	TEORİK Miktarı m ³	SİPARİŞ miktarı (m ³)
1	S2-40	K	78	Ø100	2.45	23.80	28.65	08:25	12:15	14:55	16:55	-	20 m ³
2	"	"	288	"	2.45	23.90	27.90	17:40	21:15	22:15	25:10	-	29 m ³
3	"	"	293	"	2.40	24.20	27.30	23:40	03:15	04:30	09:45	-	29 m ³
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													

Gündüz Vardiyası

Gökçer ÖZEN
Jeoloji Mühendisi

Gece Vardiyası

3. etap
1

Ø100 TEMEL_KAZIK İMALATLARI
GÜNLÜK SAHA RAPORU

Tarih: 31/12/2015

NO	MAKİNE	KUYU BİLGİLERİ							SAAT				BETON	
		BLOK/AKS	Kazık No	Çap (cm)	Kuyu Ağız Kotu (m)	Mhfz Borusu (m)	Kaya Giriş Boyu (m)	Kazık Boyu (m)	Delgi Başlangıç	Delgi Bitiş	Beton Başlangıç	Beton Bitiş	TEORİK Miktarı m³	SİPARİŞ miktarı (m³)
1	SR-40	K	117	Ø100	2.50	21.20	26.50	23.50	08:30	10:05	12:25	19:20	-	23.5 m³
2	11	FK	3	11	2.50	25.20	25.30	28.45	23:00	02:30	04:10	05:50	-	28 m³
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														

Gündüz Vardiyası

Gece Vardiyası

Gökçer ÖZEN
Jeoloji Mühendisi

014

3. ETAP
Ø80 İKSA - Ø120 TEMEL KAZIK İMALATLARI
GÜNLÜK SAHA RAPORU 1-25.00 2-25.00

Tarih: 01/11/15

No.	MAKİNE	KUYU BİLGİLERİ					SAAT				BETON		
		BLOK/AKS	Kazık No	Çap (cm)	Kuyu Ağız Kotu (m)	MHz. Borusu (m)	Kazık Boyu (m)	Delgi Başlangıç	Delgi Bitiş	Beton Başlangıç	Beton Bitiş	TEORİK Miktar (m ³)	SİPARİŞ Miktarı (m ³)
1	SR-40	K	CK-4	Ø100	2.50	24.50	28.00	65:55	10:15	13:20	14:08	-	28.5m ³ ✓
2	"	"	CK-2	"	2.60	24.70	28.60	14:30	19:30	19:40	20:40	-	29.1m ³ ✓
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													

Gündüz Vardiyası

Ali Osman ÇAKIRER
Zemin İnceleme Grup Şefi
Jeolojik Yüksek Mühürsü

Geca Vardiyası

3.8.1.7 Yükleme Deneyi Saha Okumaları

YAPIMCI FİRMA/CONTRACTOR							ŞANTİYE/SITE		
ARTAŞ-İNVEST ADI ORTAKLIĞI							VADİSTANBUL PROJESİ		
PROJE YÜKÜ /Desing Load(Ton) MAKSİMUM YÜK/Test Load (Ton)		700 1050		KAZIK NO/Pile No. KAZIK BOYU-ÇAPI/Pile Length-Dia.(m) KAZIK CİNSİ/Typeof Pile			K-78 28,65 /1,00 FORE		
DENEY YÜKÜ Test Load		OTURMA OKUMALARI SETTLEMENT MEASUREMENTS					ZAMAN /TIME		
POMPA/PU MP Bar	UYGULANAN /Applied Ton	S1 mm	S2 mm	S3 mm	S4 mm	ORTALAMA	OKUMA SÜRESİ (dk)	TOPLAM SÜRE (dk)	SAAT Time
0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	09:15
74	175	1,1	0,87	0,91	1,1	1	0	0	09:30
74	175	1,12	0,96	0,99	1,15	1,06	3	3	09:33
74	175	1,14	1	1,02	1,17	1,08	3	6	09:36
74	175	1,16	1,02	1,06	1,19	1,11	3	9	09:39
74	175	1,16	1,02	1,06	1,19	1,11	3	12	09:42
74	175	1,16	1,02	1,06	1,19	1,11	3	15	09:45
74	175	1,16	1,02	1,06	1,19	1,11	5	20	09:50
74	175	1,16	1,02	1,06	1,19	1,11	5	25	09:55
74	175	1,16	1,02	1,06	1,19	1,11	5	30	10:00
74	175	1,16	1,02	1,06	1,19	1,11	15	45	10:15
74	175	1,16	1,02	1,06	1,19	1,11	15	60	10:30
147	350	2,3	2,1	2,15	2,35	2,23	0	60	10:30
147	350	2,3	2,1	2,15	2,35	2,23	3	63	10:33
147	350	2,3	2,1	2,15	2,35	2,23	3	66	10:36
147	350	2,3	2,1	2,15	2,35	2,23	3	69	10:39
147	350	2,31	2,12	2,17	2,37	2,24	3	72	10:42
147	350	2,33	2,13	2,19	2,39	2,26	3	75	10:45
147	350	2,35	2,15	2,21	2,41	2,28	5	80	10:50
147	350	2,37	2,17	2,23	2,43	2,3	5	85	10:55
147	350	2,4	2,19	2,25	2,45	2,32	5	90	11:00
147	350	2,42	2,23	2,27	2,51	2,36	15	105	11:15
147	350	2,43	2,23	2,27	2,53	2,37	15	120	11:30
74	175	1,61	1,5	1,44	1,58	1,53	0	120	11:30
74	175	1,55	1,44	1,38	1,53	1,48	5	125	11:35
74	175	1,5	1,4	1,34	1,48	1,43	5	130	11:40
74	175	1,5	1,36	1,32	1,45	1,41	5	135	11:45
74	175	1,5	1,36	1,31	1,42	1,4	5	140	11:50
o	0,0	0,35	0,45	0,3	0,45	0,39	0	140	11:50
o	0,0	0,33	0,1	0	0,28	0,18	5	145	11:55
o	0,0	0,33	0,1	0	0,28	0,18	5	150	12:00
o	0,0	0,33	0,1	0	0,28	0,18	5	155	12:05
o	0	0,33	0,1	0	0,28	0,18	5	160	12:10
147	350	2,44	2,15	2,1	2,51	2,3	0	160	12:10
147	350	2,46	2,17	2,13	2,55	2,33	5	165	12:15
147	350	2,48	2,19	2,15	2,57	2,35	5	170	12:20
147	350	2,5	2,22	2,17	2,59	2,37	5	175	12:25
147	350	2,53	2,25	2,19	2,62	2,4	5	180	12:30
221	525	4,16	3,42	3,41	4,22	3,8	0	180	12:30
221	525	4,18	3,43	3,43	4,24	3,82	3	183	12:33
221	525	4,19	3,44	3,45	4,26	3,84	3	186	12:36
0	525	4,21	3,46	3,47	4,27	3,85	3	189	12:39
0	525	4,23	3,47	3,48	4,28	3,87	3	192	12:42
74	525	4,25	3,49	3,49	4,29	3,88	3	195	12:45
74	525	4,27	3,51	3,51	4,31	3,9	5	200	12:50
74	525	4,29	3,54	3,53	4,33	3,92	5	205	12:55
74	525	4,31	3,57	3,55	4,35	3,95	5	210	13:00

YAPIMCI FİRMA/CONTRACTOR							ŞANTİYE/SITE		
ARTAŞ-İNVEST ADI ORTAKLIĞI							VADİSTANBUL PROJESİ		
PROJE YÜKÜ /Desing Load(Ton) MAKSİMUM YÜK/Test Load (Ton)		700 1050		KAZIK NO/Pile No. KAZIK BOYU-ÇAPI/Pile Length-Dia.(m) KAZIK CİNSİ/Typeof Pile			K-78 28,65 /1,00 FORE		
DENEY YÜKÜ Test Load		OTURMA OKUMALARI SETTLEMENT MEASUREMENTS					ZAMAN /TIME		
POMPA/PU MP Bar	UYGULANAN /Applied Ton	S1 mm	S2 mm	S3 mm	S4 mm	ORTALAMA	OKUMA SÜRESİ (dk)	TOPLAM SÜRE (dk)	SAAT Time
221	525.0	4,34	3.60	3,57	4.37	3,97	15	225	13:30
221	525.0	4,37	3.62	3,59	4,4	4	15	240	13:30
295	700.0	6,49	6.00	4,88	6.56	5,98	0	240	13:30
295	700.0	6,51	6.02	4,89	6,57	6	3	243	13:33
295	700.0	6,53	6.04	4,91	6,59	6,02	3	246	13:36
295	700.0	6,55	6.06	4,93	6,61	6,04	3	249	13:39
295	700.0	6,57	6.08	4,95	6,63	6,06	3	252	13:42
295	700.0	6,59	6.10	4,97	6,65	6,08	3	255	13:45
295	700.0	6,61	6.12	4,99	6,67	6,1	5	260	13:50
295	700.0	6,63	6.14	5,01	6,69	6,12	5	265	13:55
295	700.0	6,65	6.16	5,03	6,72	6,14	5	270	14:00
295	700.0	6,68	6.17	5,05	6,74	6,16	15	285	14:15
295	700.0	6,71	6.18	5,08	6,76	6,18	15	300	14:30
295	700.0	6,73	6,2	5,1	6,79	6,21	15	315	14:45
295	700.0	6,75	6.23	5,13	6,82	6,23	15	330	15:00
295	700.0	6,77	6.26	5,16	6,85	6,26	15	345	15:15
295	700.0	6,80	6.30	5,2	6,89	6,3	15	360	15:30
295	700.0	6,84	6.33	5,25	6,94	6,34	30	390	16:00
295	700.0	6,90	6.36	5,25	7	6,38	30	420	16:30
295	700.0	6,93	6.40	5,28	7,02	6,41	30	450	17:00
295	700.0	6,97	6.42	5,3	7,04	6,43	30	480	17:30
295	700.0	7,02	6.47	5,32	7,07	6,47	60	540	18:30
295	700.0	7,05	6.52	5,38	7,13	6,52	60	600	19:30
221	525.0	6,80	6.30	5,3	6,63	6,26	0	600	19:30
221	525.0	6,80	6.30	5,3	6,63	6,26	5	605	19:35
221	525.0	6,78	6.28	5,3	6,61	6,24	5	610	19:40
221	525.0	6,78	6.28	5,3	6,6	6,24	5	615	19:45
221	525.0	6,78	6.28	5,3	6,6	6,24	5	620	19:50
147	350.0	5,28	5.26	4,15	5,3	5	0	620	19:50
147	350.0	5,25	5.24	4,14	5,27	4,98	5	625	19:55
147	350.0	5,23	5.24	4,13	5,27	4,97	5	630	20:00
147	350.0	5,23	5.23	4,13	5,27	4,97	5	635	20:05
147	350.0	5,21	5.20	5,2	4,12	4,95	5	640	20:10
74	175.0	4,10	4.30	4,3	2,7	3,8	0	640	20:10
74	175.0	4,08	4.25	4,25	2,66	3,77	5	645	20:15
74	175.0	4,07	4.25	4,25	2,66	3,77	5	650	20:20
74	175.0	4,07	4.05	4,25	2,66	3,77	5	655	20:25
74	175.0	4,07	4.05	4,25	2,66	3,77	5	660	20:30
0	0.0	2,55	3.10	3,1	1,15	2,41	0	660	20:30
0	0.0	2,50	3.10	3,1	1,13	2,4	5	665	20:35
0	0.0	2,50	3.08	3,08	1,13	2,38	5	670	20:40
0	0.0	2,50	3.08	3,08	1,1	2,37	5	675	20:45
0	0.0	2,50	3.08	3,08	1,1	2,37	5	680	20:50
74	175.0	2,75	3.20	3,2	1,2	2,5	0	680	20:50
74	175.0	2,76	3.20	3,2	1,21	2,51	5	685	20:55
74	175.0	2,76	3.22	3,22	1,21	2,52	5	690	21:00
74	175.0	2,78	3.23	3,23	1,21	2,53	5	695	21:05

YAPIMCI FİRMA/CONTRACTOR							ŞANTİYE/SITE		
ARTAŞ-İNVEST ADI ORTAKLIĞI							VADİSTANBUL PROJESİ		
PROJE YÜKÜ /Desing Load(Ton) MAKSİMUM YÜK/Test Load (Ton)		700 1050		KAZIK NO/Pile No. KAZIK BOYU-ÇAPI/Pile Length-Dia.(m) KAZIK CİNSİ/Typeof Pile			K-78 28,65 /1,00 FORE		
DENEY YÜKÜ Test Load		OTURMA OKUMALARI SETTLEMENT MEASUREMENTS					ZAMAN /TIME		
POMPA/PU MP Bar	UYGULANAN /Applied Ton	S1 mm	S2 mm	S3 mm	S4 mm	ORTALAMA	OKUMA SÜRESİ (dk)	TOPLAM SÜRE (dk)	SAAT Time
74	175,0	2,8	3,25	1,21	2,90	2,54	5	700	02:24
147	350,0	3,7	4,00	2,90	3,85	3,61	0	700	21,1
147	350,0	3,72	4,03	2,93	3,88	3,64	5	705	21:15
147	350,0	3,72	4,05	2,93	3,88	3,65	5	710	21:20
147	350,0	3,72	4,05	2,93	3,88	3,65	5	715	21:25
147	525,0	3,73	5,10	4,05	5,42	5,95	0	720	21:30
221	525,0	5,22	5,10	4,05	5,42	4,95	0	720	21:30
221	525,0	5,25	5,13	4,08	5,45	4,98	5	725	21:35
221	525,0	5,27	5,14	4,10	5,47	5,00	5	730	21:40
221	700,0	5,27	5,15	4,12	5,49	5,01	5	735	21:45
221	700,0	5,27	5,17	5,15	5,49	5,02	5	740	21:50
295	700,0	7,05	6,50	5,50	7,28	6,58	0	740	21:50
295	700,0	7,07	6,53	5,56	7,31	6,62	5	745	21:55
295	875,0	7,1	6,55	7,57	7,33	6,64	5	750	22:00
295	875,0	7,1	6,55	5,59	7,35	6,65	5	755	22:05
295	875,0	7,1	5,55	5,59	7,35	6,65	5	760	22:10
370	875,0	8,9	8,85	6,80	9,90	8,61	0	760	22:10
370	875,0	8,95	8,89	6,83	9,97	8,66	3	763	22:13
370	875,0	8,99	8,94	6,85	10,06	8,71	3	766	22:16
370	875,0	9,03	8,96	6,87	10,06	8,73	3	769	22:19
370	875,0	9,04	8,97	6,89	10,08	8,75	3.	772	22:22
370	875,0	9,06	8,97	6,90	10,10	8,76	3	775	22:25
370	875,0	9,06	8,98	6,90	10,10	8,76	5.	780	22:30
370	875,0	9,07	8,93	6,91	10,10	8,75	5	780	22:30
370	1050,0	9,07	8,96	6,91	0,42	8,76	5.	790	22:40
370	1050,0	9,07	8,98	6,92	10,10	8,77	15	805	22:55
370	1050,0	9,07	8,98	6,92	10,10	8,77	15	820	23:10
444	1050,0	11,42	9,68	8,63	13,45	10,80	0	820	23:10
444	1050,0	11,5	9,80	8,73	13,55	10,90	3.	823	23:13
444	1050,0	11,55	9,85	8,76	13,64	10,95	3	826	23:16
444	1050,0	11,58	9,90	8,80	13,70	11,00	3.	829	23:19
444	1050,0	11,62	9,93	8,85	13,75	11,04	3	832	23:22
444	1050,0	11,65	9,97	8,87	13,80	11,07	3	835	23:25
444	1050,0	11,7	10,02	8,86	13,82	11,11	5	840	23:30
444	1050,0	11,73	10,05	8,93	13,85	11,14	5	845	23:35
444	1050,0	11,77	10,10	8,97	13,90	11,19	5	850	23:40
444	1050,0	11,8	10,12	9,02	13,93	11,22	15	865	23:55
444	1050,0	11,85	10,16	9,06	13,95	11,26	15	880	00:10
444	1050,0	11,91	10,20	9,06	13,98	11,29	15	895	00:25
444	1050,0	11,98	10,23	9,08	14,04	11,33	15	910	00:40
444	1050,0	12,05	10,25	9,10	14,10	11,38	15	925	00:55
444	1050,0	12,1	10,25	9,10	14,10	11,39	15	940	01:10
444	1050,0	12,15	10,25	9,10	14,10	11,40	30	970	01:40
444	1050,0	12,19	10,31	9,13	14,16	11,45	30	1000	02:10
444	1050,0	12,22	10,35	9,16	0,60	11,48	360	1030	02:40
444	1050,0	12,25	10,38	9,16	14,22	11,50	30	1060	03:10
444	1050,0	12,25	10,38	9,16	14,22	11,50	60	1120	04:10

YAPIMCI FİRMA/CONTRACTOR							ŞANTİYE/SITE		
ARTAŞ-İNVEST ADİ ORTAKLIĞI							VADİSTANBUL PROJESİ		
PROJE YÜKÜ /Desing Load(Ton) MAKSİMUM YÜK/Test Load (Ton)		700 1050	KAZIK NO/Pile No. KAZIK BOYU-ÇAPI/Pile Length-Dia.(m) KAZIK CİNSİ/Typeof Pile				K-78 28,65 /1,00 FORE		
DENEY YÜKÜ Test Load		OTURMA OKUMALARI SETTLEMENT MEASUREMENTS					ZAMAN /TIME		
POMPA/PU MP Bar	UYGULANAN /Applied Ton	S1 mm	S2 mm	S3 mm	S4 mm	ORTALAMA	OKUMA SÜRESİ (dk)	TOPLAM SÜRE (dk)	SAAT Time
444	1.050,0	12,28	10,44	9,20	14,25	11,54	60	11,80	05:10
444	1.050,0	12,34	10,50	9,26	14,30	11,60	120	13,00	07:10
444	1.050,0	12,51	10,64	9,33	14,41	11,72	120	14,20	09:10
444	1.050,0	12,60	11,20	10,00	15,30	12,28	120	15,40	11:10
295	700,0	11,57	10,53	9,35	13,50	11,24	0	15,40	11:10
295	700,0	11,53	10,50	9,31	13,45	11,20	5	15,45	11:15
295	700,0	11,5	10,50	9,30	13,43	11,80	5	15,5	11:20
295	700,0	11,43	10,50	9,30	13,40	11,16	5	15,55	11:25
295	700,0	11,43	10,50	9,30	13,40	11,16	5	15,6	11:30
147	350,0	8,17	8,88	6,63	10,12	8,45	0	15,6	11:30
147	350,0	8,1	8,82	6,60	10,12	8,41	5	15,65	08:24
147	350,0	8,09	8,78	6,55	10,10	8,38	5	15,7	11:40
147	350,0	8,09	8,78	6,55	10,10	8,38	5	15,75	10:48
147	350,0	8,09	8,78	6,55	10,10	8,38	5	15,8	11:50
0	0,0	4	5,80	3,51	6,01	4,83	0	15,8	12:00
0	0,0	3,97	5,76	3,48	6,00	4,80	3	15,83	12:43
0	0,0	3,94	5,72	3,45	5,95	4,77	3	15,86	13:26
0	0,0	3,92	5,70	3,42	5,91	4,74	3	15,89	14:09
0	0,0	3,9	5,68	3,40	5,88	4,72	3	15,92	00:28
0	0,0	3,88	5,65	3,34	5,88	6,68	3	15,95	01:12
0	0,0	3,85	5,61	3,31	5,82	6,65	5	16	02:24
0	0,0	3,81	5,58	3,27	5,79	6,61	5	16,05	03:36
0	0,0	3,79	5,55	3,25	5,77	6,59	5	16,1	04:48
0	0,0	3,73	5,53	3,20	5,75	4,55	15	16,25	08:24
0	0,0	3,65	5,43	3,11	5,66	4,46	15	16,4	12:00

	TARİH / DATE	SAAT /TİME
BAŞLAMA / START	06.12.2015	09:30
BİTİŞ/END	07.12.2015	12:50

3.8.2 Pile İntegrity Test

3.8.2.1 İntegrity Giriş

Vadistanbul Projeniz kapsamında, 3.Etap Şantiye alanında yapılan Temel altı kazıkların, kalite kontrolü ve imalat sırasında meydana gelmiş olabilecek süreksizliklerinin belirlenmesi amacı ile kazık bütünlük deneyleri yapılmıştır. Sahada İdarenin teslim ettiği kazık imalatlarına ait bilgiler (delgi boyu / beton döküm tarihi/ beton sınıfı) ile ölçümlerden elde edilen kayıtlar incelenerek değerlendirmeler yapılmış ve sonuçlar Tablo ve grafikler halinde verilmiştir.

3.8.2.2 İntegrity Deney Tekniği ve Ekipmanları

Bütünlük deneyleri kazık elemanların kesiti boyunca önemli süreksizliklerin ve materyal eksikliklerin belirlenmesinde kullanılan bir deney yöntemidir. Bu deneyden elde edilen bulgularla kazık cidarı boyunca ortaya çıkan süreksizlikler tespit edilir ve kazık kalitesinin kontrolü sağlanır. Kazık bütünlük deneyi, kazık başında özel bir çekiçle oluşturulan darbenin yine kazık başına yerleştirilen bir ivmeölçerle kaydedilmesi esasına dayanmaktadır. İvmeölçerle kaydedilen sinyal bu amaçla geliştirilmiş olan bir bilgisayar yazılımı kullanılarak grafik haline dönüştürülmektedir. Sahada portatif bir bilgisayar vasıtasıyla alınan kayıtlar analiz edilmekte ve sonuçlar hız-zaman ortamında grafik olarak deney süresince elde edilmektedir.

Kazık bütünlük deneyi ile tespit edilen kazık süreksizlikleri, sahada yapılacak detaylı çalışmalarla (kazık üst kotlarındaki kusurlar için kazık çevresinin kazılarak açılması veya kazıktan kolondan karot alınması gibi) doğrulanmalıdır. Deneyde alınan kayıtların kalitesi; kazık başının temiz, ulaşılabilir ve su birikintisinden arındırılmış olmasına bağlıdır. Ayrıca deney, kazık betonu dökümünden en az 5 – 7 gün sonra yapılmalıdır. Kazık bütünlük deneyinde her kazık kayıt alınarak, deney süresince ortamdaki çevresel değişikliklerin etkisi en aza indirilmektedir. Kazık bütünlük deneyinden elde edilen sonuçların yorumunda; zemin yapısı, kazık kolon tasarım özellikleri, kazık imalat yöntemi ve bu imalat yönteminin kazık formuna olası etkileri göz önüne alınmalıdır. Bu veriler yardımıyla, kazık bütünlük deneyinden, kazık kesiti boyunca meydana gelebilen daralma, genişleme, kırıklar ve kazık boyu yaklaşık olarak belirlenebilir.

Deney sistemi aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır.

- Plastik başlı özel çekiç
- İvme Ölçer (Bluetooth sistemi)
- Tablet PC veya Android Telefon
- Viskoz Macun

Test sırasında kullanılan ekipmanlar Resim.A ve sonuçların grafik gösterimi Resim.B' de gösterilmiştir.



Resim A Deneý Ekipmanı

Pile	Depth (m)	Details	Reflectogram
D5-113/1	22,4m	18.11.2015 C:4450m/s Amp:30 Planned:22,1m Avg:10	
D5-115/3	23,4m	18.11.2015 C:4450m/s Amp:60 Planned:24,1m Avg:10	
D5-129	22,3m	18.11.2015 C:4450m/s Amp:30 Planned:22,3m Avg:10	
D5-130	24,5m	18.11.2015 C:4450m/s Amp:30 Planned:24,1m Avg:9	
D5-131/4	25,0m	18.11.2015 C:4350m/s Amp:60 Planned:24,5m Avg:10	
D5-132/2	25,0m	18.11.2015 C:4350m/s Amp:60 Planned:24,0m Avg:10	
D5-133/2	22,7m	18.11.2015 C:4350m/s Amp:30 Planned:23,5m Avg:10	
D5-134/3	23,6m	18.11.2015 C:4350m/s Amp:60 Planned:23,0m Avg:10	

Resim B İntegrity Grafik Gösterim

3.8.2.3 K Blok İntegrity Test Sonuçları

Sıra No	Blok	Kazık No	Kırım Miktarı (mt)	PIT Kazık Ölçüm Boyu (mt)	TEORİK BETON MIKTARI	BETON MIKTARI M ³	Teorik Beton Miktar 1 Extrası %	Firma	PIT ÖLÇÜM TARİHİ
1	PODIUM	K-001	1,30	8,70	7,85	12	52,9%	Temeltaş	15.4.2016
2	PODIUM	K-002	0,60	16,00	13,03	17	30,5%	Temeltaş	26.3.2016
3	PODIUM	K-003	0,70	15,50	12,72	19	49,4%	Temeltaş	20.4.2016
4	PODIUM	K-004	0,70	15,90	13,03	19	45,8%	Temeltaş	20.4.2016
5	PODIUM	K-005	0,70	16,30	13,35	19	42,4%	Temeltaş	26.3.2016
6	PODIUM	K-006	0,60	14,70	12,01	18	49,9%	Temeltaş	20.4.2016
7	PODIUM	K-008A	0,60	25,10	20,17	28	38,8%	Geotem	20.4.2016
8	PODIUM	K-009	0,70	16,60	13,58	22	62,0%	Temeltaş	26.3.2016
9	PODIUM	K-010	0,70	14,30	11,78	17	44,4%	Geotem	20.4.2016
10	PODIUM	K-011	0,70	15,30	12,56	19	51,3%	Temeltaş	25.3.2016
11	PODIUM	K-012	0,70	22,30	18,06	25	38,5%	Temeltaş	20.4.2016
12	PODIUM	K-012A	0,80	17,60	14,44	20	38,5%	Geotem	20.4.2016
13	PODIUM	K-012B	0,80	18,80	15,39	21	36,5%	Geotem	20.4.2016
14	PODIUM	K-013	0,70	21,30	17,27	23	33,2%	Temeltaş	20.4.2016
15	PODIUM	K-013A	0,80	22,90	18,60	27	45,1%	Geotem	20.4.2016
16	PODIUM	K-013B	0,60	21,60	17,43	24	37,7%	Geotem	20.4.2016
17	PODIUM	K-014	0,70	21,50	17,43	28	60,7%	Temeltaş	26.3.2016
18	PODIUM	K-014A	0,80	23,20	18,84	27	43,3%	Geotem	20.4.2016
19	PODIUM	K-014B	0,80	20,00	16,33	23	40,9%	Geotem	20.4.2016
20	PODIUM	K-015	0,70	20,30	16,49	23	39,5%	Temeltaş	26.3.2016
21	PODIUM	K-015A	0,70	19,20	15,62	22	40,8%	Geotem	20.4.2016

Sıra No	Blok	Kazık No	Kırım Miktarı (mt)	PIT Kazık Ölçüm Boyu (mt)	TEORİK BETON MİKTARI	BETON MİKTARI M ³	Teorik Beton Miktar 1 Extrası %	Firma	PIT ÖLÇÜM TARİHİ
22	PODIUM	K-015B	0,65	18,55	15,07	20	32,7%	Geotem	20.4.2016
23	PODIUM	K-016	0,70	22,10	17,90	24	34,1%	Temeltaş	26.3.2016
24	PODIUM	K-017	0,70	17,30	14,13	22	55,7%	Temeltaş	25.3.2016
25	PODIUM	K-018	0,70	16,60	13,58	19	39,9%	Temeltaş	25.3.2016
26	PODIUM	K-019	0,80	14,50	12,01	15	24,9%	Temeltaş	25.3.2016
27	PODIUM	K-020	0,60	15,70	12,80	18	40,7%	Temeltaş	25.3.2016
28	PODIUM	K-021	0,70	20,90	16,96	25	47,4%	Temeltaş	15.4.2016
29	PODIUM	K-022	0,70	22,70	18,37	25	36,1%	Temeltaş	24.3.2016
30	PODIUM	K-023	0,80	21,40	17,43	22	26,2%	Temeltaş	24.3.2016
31	PODIUM	K-024	0,60	18,80	15,23	21	37,9%	Temeltaş	24.3.2016
32	PODIUM	K-025	0,60	16,10	13,11	19	44,9%	Temeltaş	6.3.2016
33	PODIUM	K-026	0,80	21,40	17,43	24	37,7%	Temeltaş	6.3.2016
34	PODIUM	K-027	0,80	21,80	17,74	26	46,6%	Temeltaş	6.3.2016
35	PODIUM	K-028	0,70	24,30	19,63	27	37,6%	Temeltaş	17.2.2016
36	PODIUM	K-029	0,80	25,50	20,65	31	50,2%	Temeltaş	17.2.2016
37	PODIUM	K-030	0,70	26,30	21,20	30	41,5%	Temeltaş	17.2.2016
38	PODIUM	K-031	0,70	25,90	20,88	30	43,7%	Temeltaş	17.2.2016
39	PODIUM	K-032	0,70	27,40	22,06	30	36,0%	Temeltaş	17.2.2016
40	PODIUM	K-033	0,80	26,50	21,43	35	63,3%	Temeltaş	14.1.2016
41	PODIUM	K-035	0,70	27,20	21,90	32	46,1%	Temeltaş	30.1.2016
42	PODIUM	K-036	0,80	27,20	21,98	33	50,1%	Temeltaş	30.1.2016
43	PODIUM	K-037	0,80	26,10	21,12	31	46,8%	Temeltaş	4.2.2016
44	PODIUM	K-038	0,70	26,20	21,12	31	46,8%	Temeltaş	4.2.2016

Sıra No	Blok	Kazık No	Kırım Miktarı (mt)	PIT Kazık Ölçüm Boyu (mt)	TEORİK BETON MİKTARI	BETON MİKTARI M ³	Teorik Beton Miktar 1 Extrası %	Firma	PIT ÖLÇÜM TARİHİ
45	PODIUM	K-039	1,50	28,10	23,24	31	33,4%	Temeltaş	4.2.2016
46	PODIUM	K-041	1,45	24,95	20,72	28	35,1%	Temeltaş	4.2.2016
47	PODIUM	K-042	0,80	27,20	21,98	35	59,2%	Temeltaş	30.1.2016
48	PODIUM	K-043	0,80	27,00	21,82	30,5	39,8%	Temeltaş	14.1.2016
49	PODIUM	K-044	1,40	26,70	22,06	32	45,1%	Temeltaş	30.1.2016
50	PODIUM	K-045	0,80	28,00	22,61	30	32,7%	Temeltaş	30.1.2016
51	PODIUM	K-046	0,80	29,30	23,63	34	43,9%	Temeltaş	30.1.2016
52	PODIUM	K-048	0,70	28,50	22,92	33	44,0%	Temeltaş	27.1.2016
53	PODIUM	K-049	0,70	27,50	22,14	30	35,5%	Temeltaş	30.1.2016
54	PODIUM	K-050	0,70	25,80	20,80	31	49,0%	Temeltaş	6.2.2016
55	PODIUM	K-051	1,20	26,90	22,06	34	54,1%	Temeltaş	30.1.2016
56	PODIUM	K-052	1,30	26,50	21,82	32	46,6%	Temeltaş	12.3.2016
57	K	K-053	1,30	26,20	21,59	30	39,0%	Temeltaş	4.2.2016
58	PODIUM	K-054	1,40	27,60	22,77	30	31,8%	Temeltaş	4.2.2016
59	PODIUM	K-055	0,80	27,70	22,37	30	34,1%	Temeltaş	4.2.2016
60	PODIUM	K-056	1,50	26,90	22,29	32	43,5%	Temeltaş	30.1.2016
61	PODIUM	K-057	0,70	27,60	22,22	33	48,5%	Temeltaş	30.1.2016
62	PODIUM	K-058	0,60	27,80	22,29	32	43,5%	Temeltaş	30.1.2016
63	PODIUM	K-059	0,80	28,90	23,31	33	41,5%	Temeltaş	30.1.2016
64	PODIUM	K-060	0,60	29,20	23,39	30	28,2%	Temeltaş	30.1.2016
65	PODIUM	K-061	0,60	27,80	22,29	30	34,6%	Temeltaş	30.1.2016
66	PODIUM	K-062	0,60	27,80	22,29	30	34,6%	Temeltaş	30.1.2016

Sıra No	Blok	Kazık No	Kırım Miktarı (mt)	PIT Kazık Ölçüm Boyu (mt)	TEORİK BETON MİKTARI	BETON MİKTARI M ³	Teorik Beton Miktar 1 Extrası %	Firma	PIT ÖLÇÜM TARİHİ
67	PODIUM	K-063	0,65	27,65	22,22	31	39,5%	Temeltaş	14.1.2016
68	PODIUM	K-064	0,60	27,60	22,14	29	31,0%	Temeltaş	14.1.2016
69	PODIUM	K-065	0,70	26,20	21,12	30	42,1%	Temeltaş	30.12.2015
70	PODIUM	K-066	0,60	29,20	23,39	32	36,8%	Temeltaş	17.2.2016
71	PODIUM	K-067	0,50	27,50	21,98	30	36,5%	Temeltaş	17.2.2016
72	PODIUM	K-068	0,70	27,70	22,29	29	30,1%	Temeltaş	30.12.2015
73	PODIUM	K-069	0,70	26,50	21,35	27	26,5%	Temeltaş	30.12.2015
74	PODIUM	K-070	0,80	26,50	21,43	27	26,0%	Temeltaş	30.12.2015
75	PODIUM	K-071	0,50	28,80	23,00	31	34,8%	Temeltaş	17.2.2016
76	PODIUM	K-072	0,50	28,80	23,00	28	21,7%	Temeltaş	17.2.2016
77	PODIUM	K-073	0,70	28,30	22,77	34	49,4%	Temeltaş	17.2.2016
78	PODIUM	K-074	0,50	28,30	22,61	30	32,7%	Temeltaş	17.2.2016
79	PODIUM	K-075	0,50	27,50	21,98	30	36,5%	Temeltaş	30.12.2015
80	PODIUM	K-076	0,80	27,20	21,98	29	31,9%	Temeltaş	30.12.2015
81	PODIUM	K-077	0,70	26,40	21,27	31	45,7%	Temeltaş	30.12.2015
82	PODIUM	K-078	0,55	26,95	21,59	29	34,3%	Temeltaş	17.2.2016
83	PODIUM	K-079	0,40	28,55	22,73	29	27,6%	Temeltaş	17.2.2016
84	PODIUM	K-080	0,60	27,60	22,14	27	22,0%	Temeltaş	17.2.2016
85	PODIUM	K-081	0,60	26,90	21,59	27	25,1%	Temeltaş	17.2.2016
86	PODIUM	K-082	0,60	27,20	21,82	27	23,7%	Temeltaş	17.2.2016
87	PODIUM	K-083	0,70	28,80	23,16	30	29,5%	Temeltaş	30.12.2015
88	PODIUM	K-085	0,60	21,40	17,27	24	39,0%	Temeltaş	30.3.2016
89	PODIUM	K-086	0,70	21,30	17,27	22	27,4%	Temeltaş	30.3.2016

Sıra No	Blok	Kazık No	Kırım Miktarı (mt)	PIT Kazık Ölçüm Boyu (mt)	TEORİK BETON MİKTARI	BETON MİKTARI M ³	Teorik Beton Miktar 1 Extrası %	Firma	PIT ÖLÇÜM TARİHİ
90	PODIUM	K-087	0,10	22,50	17,74	22	24,0%	Temeltaş	30.3.2016
91	PODIUM	K-088	0,50	22,60	18,13	22	21,3%	Temeltaş	30.3.2016
92	PODIUM	K-089	0,70	23,30	18,84	24,5	30,0%	Temeltaş	30.3.2016
93	PODIUM	K-090	0,50	23,80	19,08	27	41,5%	Temeltaş	30.3.2016
94	PODIUM	K-091	0,60	26,05	20,92	27	29,1%	Temeltaş	29.2.2016
95	PODIUM	K-092	0,50	26,00	20,80	27	29,8%	Temeltaş	17.2.2016
96	PODIUM	K-093	0,50	26,60	21,27	27	26,9%	Temeltaş	17.2.2016
97	PODIUM	K-094	0,60	26,80	21,51	27	25,5%	Temeltaş	17.2.2016
98	PODIUM	K-095	0,60	26,70	21,43	27	26,0%	Temeltaş	17.2.2016
99	PODIUM	K-096	0,70	28,05	22,57	27	19,6%	Temeltaş	17.2.2016
100	PODIUM	K-097	0,70	27,50	22,14	30	35,5%	Temeltaş	30.12.2015
101	PODIUM	K-098	0,70	28,65	23,04	29	25,9%	Temeltaş	18.2.2016
102	PODIUM	K-099	0,75	22,90	18,57	24	29,3%	Temeltaş	30.3.2016
103	PODIUM	K-100	1,10	22,55	18,57	23	23,9%	Temeltaş	30.3.2016
104	PODIUM	K-101	0,70	23,00	18,60	23,5	26,3%	Temeltaş	30.3.2016
105	PODIUM	K-102	0,50	24,50	19,63	30	52,9%	Temeltaş	25.3.2016
106	PODIUM	K-103	0,60	23,90	19,23	30	56,0%	Temeltaş	29.2.2016
107	PODIUM	K-104	0,60	25,40	20,41	28	37,2%	Temeltaş	29.2.2016
108	PODIUM	K-105	0,60	25,25	20,29	27	33,1%	Temeltaş	25.2.2016
109	PODIUM	K-106	0,60	24,80	19,94	28	40,4%	Temeltaş	29.2.2016
110	PODIUM	K-107	0,50	25,50	20,41	27	32,3%	Temeltaş	25.2.2016
111	PODIUM	K-108	0,50	25,50	20,41	27	32,3%	Temeltaş	25.2.2016
112	PODIUM	K-109	0,60	26,50	21,27	27	26,9%	Temeltaş	25.2.2016

Sıra No	Blok	Kazık No	Kırım Miktarı (mt)	PIT Kazık Ölçüm Boyu (mt)	TEORİK BETON MİKTARI	BETON MİKTARI M ³	Teorik Beton Miktar 1 Extrası %	Firma	PIT ÖLÇÜM TARİHİ
113	PODIUM	K-ÇK-1	0,80	27,80	22,45	28	24,7%	Temeltaş	23.11.2015
114	PODIUM	K-ÇK-2	0,70	27,90	22,45	29	29,2%	Temeltaş	23.11.2015
115	PODIUM	K-ÇK-3	0,60	27,85	22,33	28	25,4%	Temeltaş	23.11.2015
116	PODIUM	K-ÇK-4	0,70	27,30	21,98	28,5	29,7%	Temeltaş	23.11.2015

GRAFİKLER

Tablo 81 Pile İntegrty Grafikleri

Kazık No	Uzunluk(m)	Detaylar	Grafik
k-çk-1	28.0m	C:4250m/s Amp:342.9 Plan:27.8m	
k-çk-2	27.9m	C:4250m/s Amp:244.4 Plan:28.2m	
k-çk-3	27.9m	C:4250m/s Amp:130 Plan:27.8m	
k-çk-4	27.1m	C:4250m/s Amp:160 Plan:27.3m	
k-1	8.7m	C:4500m/s Amp:50 Plan:8.6m	
k-2	15.2m	C:4450m/s Amp:170 Plan:16.0m	

Kazık No	Uzunluk(m)	Detaylar	Grafik
k-3	14.6m	C:4500m/s Amp:45 Plan:15.5m	
k-4	16.1m	C:4500m/s Amp:180 Plan:15.9m	
k-5	16.4m	C:4500m/s Amp:65 Plan:16.5m	
k-6	14.5m	C:4500m/s Amp:26 Plan:14.7m	
k-8a	24.5m	C:4150m/s Amp:130 Plan:25.1m	
k-9	16.7m	C:4500m/s Amp:70 Plan:16.6m	
k-10	14.6m	C:4200m/s Amp:60 Plan:14.3m	
k-11	15.8m	C:4500m/s Amp:75 Plan:15.3m	
k-12	21.1m	C:4550m/s Amp:80 Plan:22.3m	
k-12a	17.2m	C:4150m/s Amp:85 Plan:17.6m	
k-12b	19.1m	C:4200m/s Amp:50 Plan:18.8m	

Kazık No	Uzunluk(m)	Detaylar	Grafik
k-13	21.5m	C:4550m/s Amp:110 Plan:21.3m	
k-13a	22.7m	C:4150m/s Amp:120 Plan:22.9m	
k-13b	20.7m	C:4200m/s Amp:130 Plan:21.6m	
k-14	20.6m	C:4550m/s Amp:90 Plan:21.5m	
k-14a	24.0m	C:4150m/s Amp:130 Plan:23.2m	
k-14b	20.5m	C:4200m/s Amp:130 Plan:20.0m	
k-15	19.7m	C:4550m/s Amp:100 Plan:20.3m	
k-15a	19.2m	C:4200m/s Amp:200 Plan:19.2m	
k-15b	19.0m	C:4200m/s Amp:75 Plan:18.5m	
k-16	22.3m	C:4550m/s Amp:150 Plan:22.1m	
k-17	17.3m	C:4500m/s Amp:190 Plan:17.3m	

Kazık No	Uzunluk(m)	Detaylar	Grafik
k-18	17.1m	C:4500m/s Amp:32 Plan:16.6m	
k-19	14.1m	C:4500m/s Amp:55 Plan:14.5m	
k-20	15.6m	C:4450m/s Amp:190 Plan:15.7m	
k-21	22.0m	C:4550m/s Amp:30 Plan:20.9m	
k-22	22.8m	C:4300m/s Amp:110 Plan:22.7m	
k-23	22.1m	C:4550m/s Amp:250 Plan:21.4m	
k-24	18.7m	C:4450m/s Amp:75 Plan:18.8m	
k-25	17.2m	C:4350m/s Amp:280 Plan:16.1m	
k-26	21.7m	C:4450m/s Amp:120 Plan:21.4m	
k-27	22.5m	C:4450m/s Amp:160 Plan:21.8m	
k-28	24.4m	C:4400m/s Amp:280 Plan:24.6m	

Kazık No	Uzunluk(m)	Detaylar	Grafik
k-29	25.5m	C:4450m/s Amp:210 Plan:25.5m	
k-30	26.9m	C:4400m/s Amp:116.7 Plan:26.3m	
k-31	25.9m	C:4450m/s Amp:120 Plan:25.9m	
k-32	27.2m	C:4450m/s Amp:180 Plan:27.4m	
k-33	25.9m	C:4350m/s Amp:241.9 Plan:26.5m	
k-35	27.3m	C:4450m/s Amp:37 Plan:27.2m	
k-36	27.7m	C:4450m/s Amp:249.6 Plan:27.2m	
k-37	27.0m	C:4350m/s Amp:130 Plan:26.1m	
k-38	25.7m	C:4500m/s Amp:150 Plan:26.2m	
k-39	28.1m	C:4450m/s Amp:76.4 Plan:28.1m	
k-41	25.1m	C:4450m/s Amp:112.7 Plan:24.9m	

Kazık No	Uzunluk(m)	Detaylar	Grafik
k-42	27.3m	C:4450m/s Amp:90.6 Plan:27.2m	
k-43	26.6m	C:4350m/s Amp:111.3 Plan:27.0m	
k-44	27.0m	C:4450m/s Amp:201.4 Plan:26.7m	
k-45	28.4m	C:4400m/s Amp:186.3 Plan:28.0m	
k-46	29.7m	C:4450m/s Amp:122.8 Plan:29.3m	
k-48	28.9m	C:4450m/s Amp:380 Plan:28.5m	
k-49	28.3m	C:4450m/s Amp:45.5 Plan:27.5m	
k-50	25.8m	C:4400m/s Amp:85 Plan:25.8m	
k-51	27.2m	C:4400m/s Amp:110 Plan:26.9m	
k-52	27.0m	C:4500m/s Amp:160 Plan:26.5m	
k-53	26.6m	C:4450m/s Amp:37.7 Plan:26.2m	

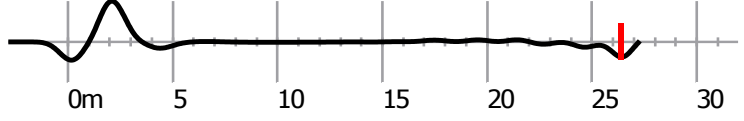
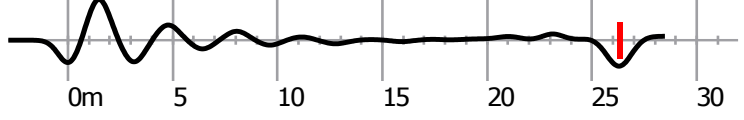
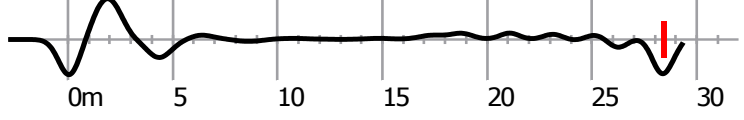
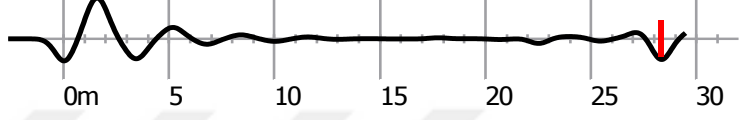

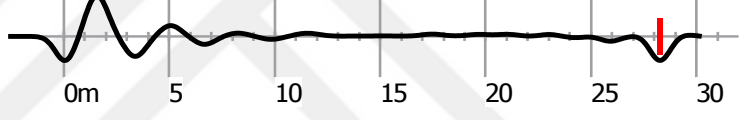
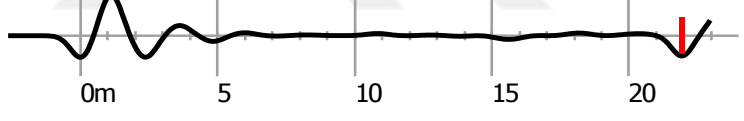
Kazık No	Uzunluk(m)	Detaylar	Grafik
k-54	27.4m	C:4450m/s Amp:78.3 Plan:27.6m	
k-55	27.7m	C:4450m/s Amp:110 Plan:27.7m	
k-56	27.1m	C:4400m/s Amp:152.9 Plan:26.9m	
k-57	28.2m	C:4450m/s Amp:139.2 Plan:27.6m	
k-58	27.3m	C:4450m/s Amp:121.3 Plan:27.8m	
k-59	29.6m	C:4450m/s Amp:200.8 Plan:28.9m	
k-60	29.6m	C:4450m/s Amp:229.5 Plan:29.1m	
k-61	27.4m	C:4450m/s Amp:133.6 Plan:27.8m	
k-62	27.6m	C:4450m/s Amp:214.6 Plan:27.8m	
k-63	26.4m	C:4400m/s Amp:201.0 Plan:27.6m	
k-64	28.0m	C:4400m/s Amp:50 Plan:27.6m	

Kazık No	Uzunluk(m)	Detaylar	Grafik
k-65	26.1m	C:4350m/s Amp:23.8 Plan:26.2m	
k-66	29.8m	C:4600m/s Amp:200 Plan:29.2m	
k-67	27.2m	C:4600m/s Amp:80 Plan:27.5m	
k-68	28.2m	C:4350m/s Amp:69.7 Plan:27.7m	
k-69	26.9m	C:4350m/s Amp:164.7 Plan:26.5m	
k-70	26.9m	C:4350m/s Amp:180 Plan:26.5m	
k-71	28.6m	C:4600m/s Amp:100 Plan:28.8m	
k-72	28.2m	C:4600m/s Amp:105.3 Plan:28.8m	
k-73	28.1m	C:4600m/s Amp:143.3 Plan:28.3m	
k-74	28.0m	C:4600m/s Amp:202.0 Plan:28.3m	
k-75	27.1m	C:4350m/s Amp:230 Plan:27.5m	

Kazık No	Uzunluk(m)	Detaylar	Grafik
k-76	26.4m	C:4350m/s Amp:266.6 Plan:27.2m	
k-77	26.5m	C:4350m/s Amp:57.6 Plan:26.4m	
k-78	26.2m	C:4600m/s Amp:140 Plan:26.9m	
k-79	27.8m	C:4600m/s Amp:40 Plan:28.5m	
k-80	27.9m	C:4550m/s Amp:120 Plan:28.6m	
k-81	25.9m	C:4550m/s Amp:170 Plan:26.9m	
k-82	27.5m	C:4550m/s Amp:140 Plan:27.2m	
k-83	28.4m	C:4400m/s Amp:95 Plan:28.8m	
k-85	21.1m	C:4300m/s Amp:190 Plan:21.4m	
k-86	20.8m	C:4300m/s Amp:130 Plan:21.3m	
k-87	22.6m	C:4400m/s Amp:180 Plan:22.5m	

Kazık No	Uzunluk(m)	Detaylar	Grafik
k-88	21.5m	C:4400m/s Amp:230 Plan:22.6m	
k-89	22.2m	C:4600m/s Amp:100 Plan:23.3m	
k-90	24.4m	C:4650m/s Amp:100 Plan:23.8m	
k-91	26.4m	C:4600m/s Amp:120 Plan:26.1m	
k-92	26.1m	C:4600m/s Amp:50 Plan:26.0m	
k-93	26.9m	C:4600m/s Amp:55 Plan:26.6m	
k-94	26.7m	C:4550m/s Amp:155.6 Plan:26.8m	
k-95	27.1m	C:4550m/s Amp:63.0 Plan:26.7m	
k-96	28.0m	C:4550m/s Amp:180.7 Plan:28.1m	
k-97	27.7m	C:4400m/s Amp:189.4 Plan:27.5m	
k-98	29.8m	C:4550m/s Amp:237.3 Plan:28.7m	

Kazık No	Uzunluk(m)	Detaylar	Grafik
k-99	22.3m	C:4600m/s Amp:210 Plan:22.9m	
k-100	22.5m	C:4600m/s Amp:80 Plan:22.5m	
k-101	22.2m	C:4600m/s Amp:170 Plan:23.0m	
k-102	24.0m	C:4600m/s Amp:60 Plan:24.5m	
k-103	23.8m	C:4600m/s Amp:120 Plan:23.9m	
k-104	25.1m	C:4600m/s Amp:120 Plan:25.4m	
k-105	25.1m	C:4600m/s Amp:101.4 Plan:25.2m	
k-106	24.9m	C:4600m/s Amp:53.5 Plan:24.8m	
k-107	26.3m	C:4600m/s Amp:41.3 Plan:25.5m	
k-108	25.7m	C:4600m/s Amp:130.5 Plan:25.5m	
k-109	26.5m	C:4600m/s Amp:153.8 Plan:26.1m	

Kazık No	Uzunluk(m)	Detaylar	Grafik
k-110	26.4m	C:4600m/s Amp:250 Plan:27.1m	
k-111	26.3m	C:4600m/s Amp:101.1 Plan:26.3m	
k-112	28.4m	C:4600m/s Amp:211.6 Plan:28.7m	
k-113	28.3m	C:4250m/s Amp:164.0 Plan:28.9m	
k-114	28.2m	C:4500m/s Amp:85.7 Plan:28.0m	
k-115	28.3m	C:4250m/s Amp:170 Plan:29.1m	
k-116	21.9m	C:4250m/s Amp:140 Plan:22.5m	

4 –VADİSTANBUL İKSA SİSTEMİ HESAP ANALİZİ

4.1 Proje Alanındaki Zemin Koşulları

Etüt kapsamında derinlikleri 21-33 m arasında değişen 10 adet araştırma sondajı yapılmıştır. Sahada tamamlanan sondajlarda en üstte kalınlığı 0.50 m – 7.00 m arasında değişen heterojen özellikte yapay dolgular belirlenmiştir. Dolgu düzeyleri altında genel olarak alüvyon çökelleri geçilmiştir. Bu düzeylerin kalınlığı saha genelinde değişiklik göstermekle birlikte, tamamlanan sondajlarda en çok 26.00 m kalınlıklarda belirlenmiştir. Bu düzeyler altında Trakya Formasyonu' na ait anakaya birimlerine girilir. Bu birimler; grimsi mavi, açık gri, kahverengi, sarı, bej, gri, boz, yer yer kırıklı – çatlaklı, genel olarak iyi dayanımlı, şeyl – kumtaşı – kıltaşı araldanmasından oluşan düzeylerdir

İnceleme alanında yapılan zemin etüt sondajlarında iksa tasarımında kullanılmak üzere aşağıdaki tabloda verilen zemin profili ve parametreleri kullanılmıştır.

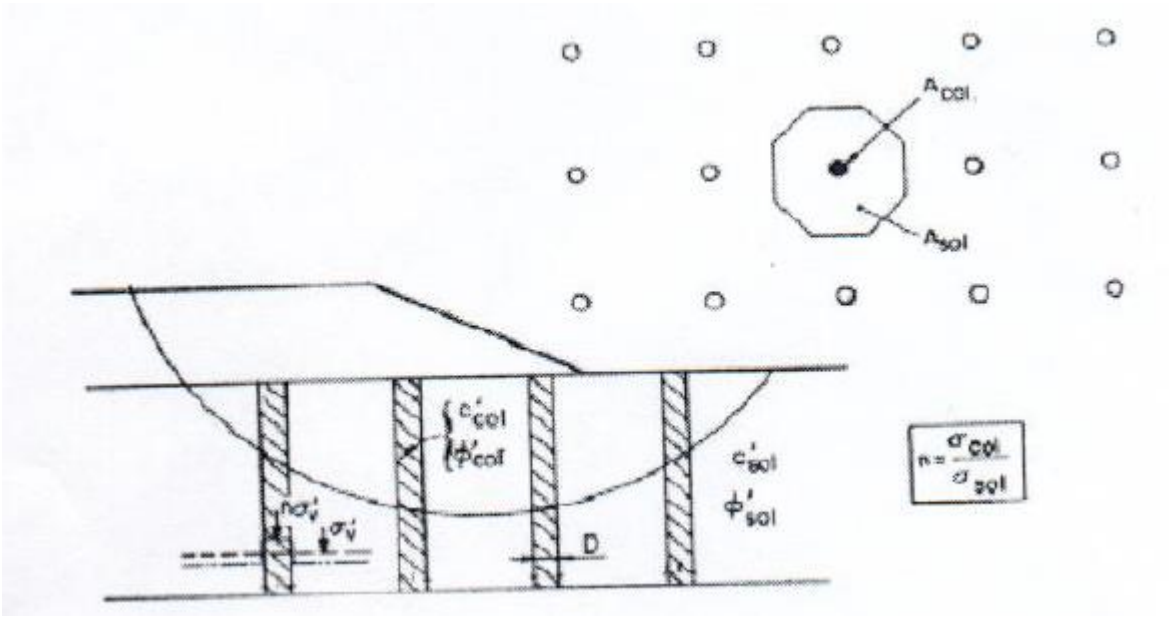
Tablo 82: Hesaba Esas Zemin Parametreleri

Açıklama	Tabaka Kalınlığı (m)	Br. Hacim Ağırlığı γ (t/m ³)	İçsel Sür. Açısı ϕ (derece)	Kohezyon c (t/m ²)	Duvar Sür. Açısı δ (derece)
ALÜVYON	-	1,90	28,00	1,00	0.00

Yapılan çalışmalar sırasında yapılan gözlemlere göre, inceleme alanında yer altı su seviyesi +9,00 m kotu civarında gözlemlenmiştir.

Temel kazısı sırasında yer altı suyu sorunuyla karşılaşılacağı beklenilmekte olup, inşa edilecek bodrum katlarda su yalıtımı yapılmalı, temel seviyesi altında drenaj sistemi teşkil edilmelidir.

Topuk jetleri uygulandıktan sonra tanımlanan iyileştirilmiş zemin değerlerine rijit kolonlarla iyileştirilmiş zemin özellikleri metoduyla ulaşılmıştır.



$$a = \frac{A_{col}}{A_{soil} + A_{col}}$$

$$c_{eq} = (1 - a) * c_{soil} + a * c_{col}$$

$$E_{eq} = (1 - a) * E_{soil} + a * E_{col}$$

a: A_{soil} ve $(A_{col} + A_{soil})$ oranı

E_{soil} : Zeminin elastisite modülü

E_{col} : Jet grout kolonunun elastisite modülü

c_{soil} : Zeminin kohezyon değeri

c_{col} : Jet grout kolonunun kohezyon değeri

A_{soil} ve $(A_{col} + A_{soil})$ oranı:

$$a = \frac{2 * 0,282}{1,2 * 1,2} = 0,39$$

Eşdeğer kohezyon değeri:

$$c_{eq} = (1 - 0,39) * 10 + 0,39 * 600 = 240 \text{ kN/m}^2$$

Eşdeğer elastisite modülü:

$$E_{eq} = (1 - 0,39) * 15.000 + 0,39 * 20.000.000 = 7.800.000 \text{ kN/m}^2$$

olarak bulunur.

4.2 Yük Kabulleri

Projedeki tüm kesit hesapları, sonlu elemanlar yöntemi ile hesap yapan 'PLAXIS 2D' programıyla analiz edilmiş elde edilen kesit tesirleri ve deplasmanlar aşağıda sunulmaktadır

Plaxis programı modellediğimiz problemleri sonlu elemanlar ağı şeklinde analiz ederek gerçeğe yakın sonuçlar elde etmemizi sağlar. Analizler sonucunda ortamda oluşan gerilme deformasyonlar, yeraltı su seviyesinin etkisi, zemin-yapı etkileşimi hakkında veriler elde edilebilir. Plaxis programında analiz yapılırken öncelikle zemin modelleri oluşturulur Daha sonra problem için önceden yaptığımız tasarım geometrisi girilir ve sonlu elemanlar ağı oluşturulur. Çevre yapıların durumu, imalat kademeleri vs. de Plaxis'e girilebilen verilerdir. Sonlu elemanlar ağının oluşturulmasının ardından mevcut başlangıç koşulları tanımlanır ve imalat kademelerine göre hesap adımları belirlenir. Hesap aşamasından sonra elde edilen sonuçlar hem grafik hem de tablolar halinde görüntülenebilir. Sistemde oluşan deplasmanlar, gerilmeler, su akışı, yapısal kuvvetler belirlenir ve bunlara istinaden hesaplar oluşturulur. Elde edilen verilerin problemimizi çözmemesi durumunda hesap aşamasına dönülüp kademelerde ya da modellemede değişiklik yapılabilir.

Proje dahilinde kritik olarak belirlenen 5 adet kesit için Plaxis sonlu elemanlar modellemeleri oluşturulup geoteknik analiz yapılmıştır.

İksa sistemlerinde, iksa perdesine etkiyen yanal zemin basıncı katsayısının (K) hesaplanmasında müsaade edilebilir deformasyon miktarlarına göre, "aktif (K_a) veya sükünetteki (K_0)" zemin basıncı katsayıları Plaxis 2D programı tarafından kullanılmaktadır.

4.3 Ankraj Kökü Taşıma Kapasitesi Hesabı

Ankraj delik çapı; $D = 0,12 m$ ve Ankraj kök boyu; $L_k = 8,0 m$ olduğuna göre; Sürtünme alanı (A_k):

$$A_k = D * \pi * L_k \approx 3,02 m^2$$

Zeminin emniyetle taşıyabileceği birim gerilme değeri:

$$\tau \approx 10 t/m^2$$

Ankraj kökünün emniyetli taşıma kapasitesi (P_k) ise :

$$P_k = \tau * A_k = 10 * 3,02 \approx 30,2 ton$$

Öngermeli ankraj imalatında kullanılacak ‘0.6 inc’ çapında 1 adet öngermeli ankraj halatının teknik özellikleri şöyledir :

Tablo 83: S. Tendon Ankraj Halatı Teknik Özellikleri

Cinsi	Kesit Alanı	Kopma Kuvveti	Emniyetli Taşıma Kapasitesi
Süper Tendon Düşük Gevşemeli	140 mm ²	26.6ton (261 kN)	16.6ton (163 kN)

Hesaplar sonucunda uygulamada 3 adet 0,6 inç öngermeli ankraj halatı kullanılacağına karar verilmiştir.

Zemin özellikleri ve yapılan hesaplar dikkate alınarak, ankrajların emniyetli taşıma kapasiteleri $P_d \approx 48 \text{ ton}$ ‘luk ankrajlar kullanılmakla beraber kesit hesaplarında da belirtildiği üzere ankrajlar 25-30ton arasında değişen yüklere proje yüklerine göre test edilip, proje yükünün 0.90 katına kilitlenecektir.

4.4 İksa Sistemi

Vadistanbul 3. Etap projesi kapsamında yapılacak olan binaların temel-bodrum kat kazısı nedeniyle 5,30 m ve 9,95 m derinliklerinde kazı şevleri yapılacağından mevcut yol ve yapıların durumu, sahanın yeterli ve uygun serbest şeve müsaade etmemesi nedeniyle açık kazı yapılamayacağı anlaşılmaktadır.

Temel oluşturma maksatlı yapılacak derin kazılarda özellikle bu bölgede ve gerekli diğer bölgelerde emniyetli çalışma ve çevre güvenliği açısından kazı çukuru şevlerinin iksalanması gerekir. Mevcut alanın konumu da dikkate alınarak fore kazık, kuşak kirişi ve öngermeli ankrajlı iksa sistemi tarafımızdan en uygun çözüm olarak düşünülmektedir.

Bu sistemde ilk olarak tabii zemin kotundan hiçbir hafriyat çalışması yapılmadan Ø65 cm çapında donatılı fore kazıklar eksenden eksene 100 cm arayla projesinde belirtilen boylara göre imal edilir. İksa geçirimsizliğinin sağlanması amacıyla fore kazıklar arasında aynı boyda 60 cm çaplarında jet grout imalatı yapılacaktır. Fore kazıklar 3 bodrum katlı bölgede 6,75 m, 2 bodrum katlı bölgede ise 5,70m soket boyuna sahip olacaktır. Fore kazıkların imalatının tamamlanmasını takiben geoteknik hesaplarda bulunan kazı kademelerine kadar (ankraj kotunun 50 cm altı) kazı yapılarak ankrajlar ve kuşak kirişleri imal edilir. Ankrajlar hesaplar sonucunda bulunan yükler göz önünde bulundurularak tespit edilen yüke gerilip kilitlenir. Düşey taşıyıcı elemanlar, ara kazı kademeleri esnasında sistem stabilitesinin sağlanması açısından çok önemlidir.

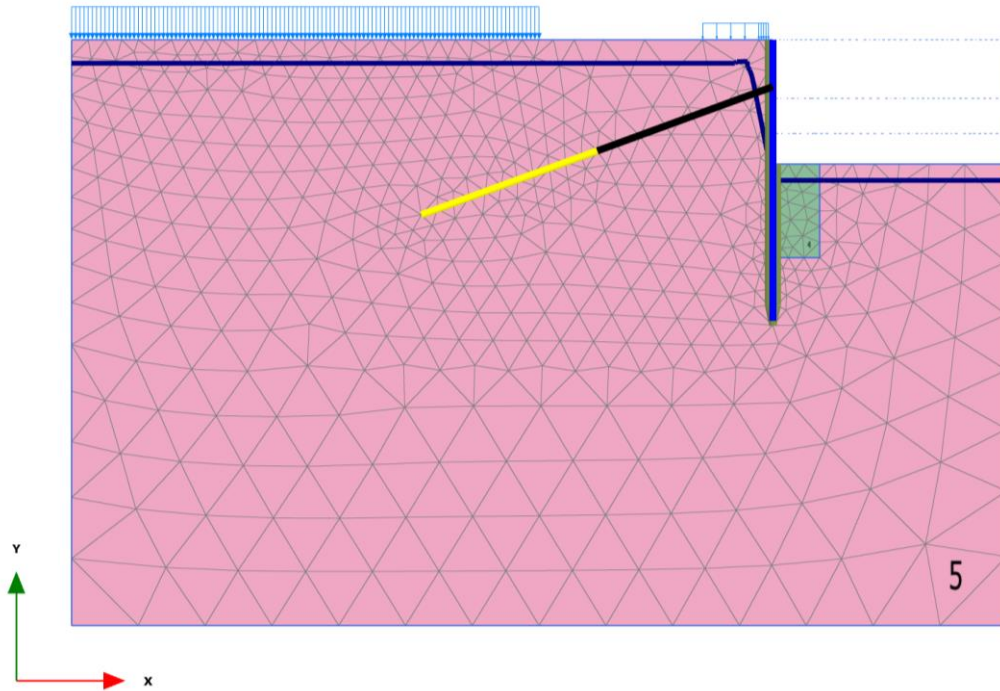
4.5 Kesit Hesapları

İksa sistemi geoteknik hesabı için ideal zemin kesiti iki tabaka şeklinde kabul edilmiştir. Alüvyon tabakası için birim hacim ağırlığı $\gamma=19,0 \text{ kN/m}^3$, kohezyon $c=1,0 \text{ kPa}$, içsel sürtünme açısı $\phi=28,0^\circ$, duvar sürtünme açısı $\delta=0,0^\circ$ olarak kabul edilmiştir. Bu parametrelere ve zemin koşullarına göre projesinde belirtilen sistemler ile temel kazısı nedeniyle oluşacak şevlerin stabilitesi sağlanacaktır.

4.5.1 Kesit- 1y Hesabı

Söz konusu arazide yeraltı su seviyesinin yüzeye yakınlığı göz önünde bulundurulduğunda iksa sisteminin geçirimsiz olması öngörülmüştür. Bu bağlamda Cendere Caddesi ve komşu parsel cephelerindeki K-A-B-C aksları arasında Kesit-1Y tipinde iksa sistemi uygulanacaktır. Söz konusu olan cephelerde 100 cm aralıklarla 65 cm çaplarındaki fore kazıklar arasına 100 cm aralıklarla 60 cm çapında aynı boyda jet grout uygulaması yapılması tasarlanmıştır.

Kesit-1Y kapsamında kazı kotu olan +4,70 m kotuna inmek için 5,30 m yüksekliğinde kazı yapılacağı belirtilmiştir. Fore kazıklar 6,70 m soketli olacak şekilde toplamda 12 m olarak imal edilecektir. Fore kazıkların önüne kazı derinliğinden itibaren 4 m boylarında 2 adet 60 cm çapında topuk jeti uygulanacaktır.

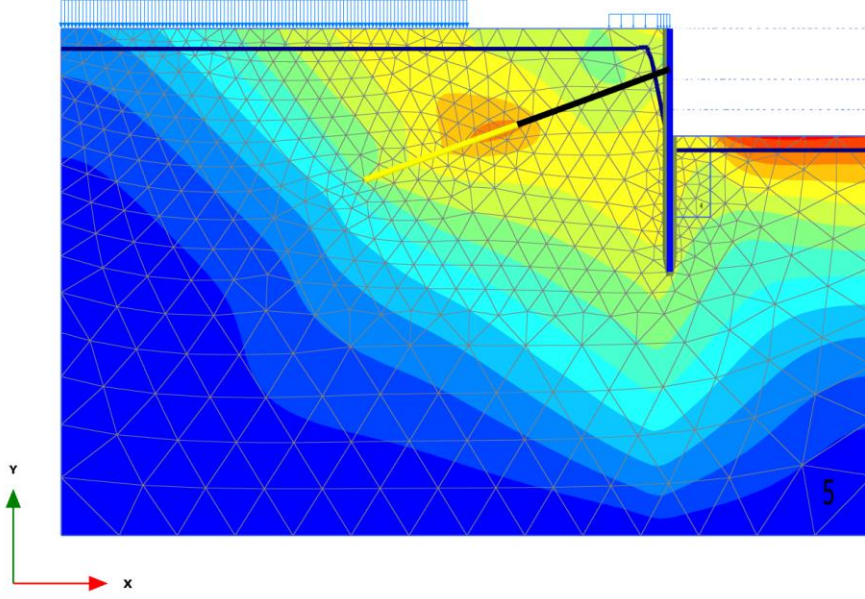


Şekil 4.1: Fore Kazık + Ankrāj İksa Sistemi Plaxis Çözümü (Kesit-1Y)

Fore kazık imalatlarının ardından düşeyde 2,00 m yatayda ise 1,00 m aralıklarla öngermeli ankrajlar imal edilecektir. Ankraj kök boyları 8,00 m ve toplam boyları 16,00 m olacaktır.

Yapılan sondaj çalışmaları neticesinde mevcut zemin türünün alüvyon tabakasından oluştuğu kabul edilmiştir. Bu durumda iksa yüksekliğinin tamamı alüvyon tabakadadır.

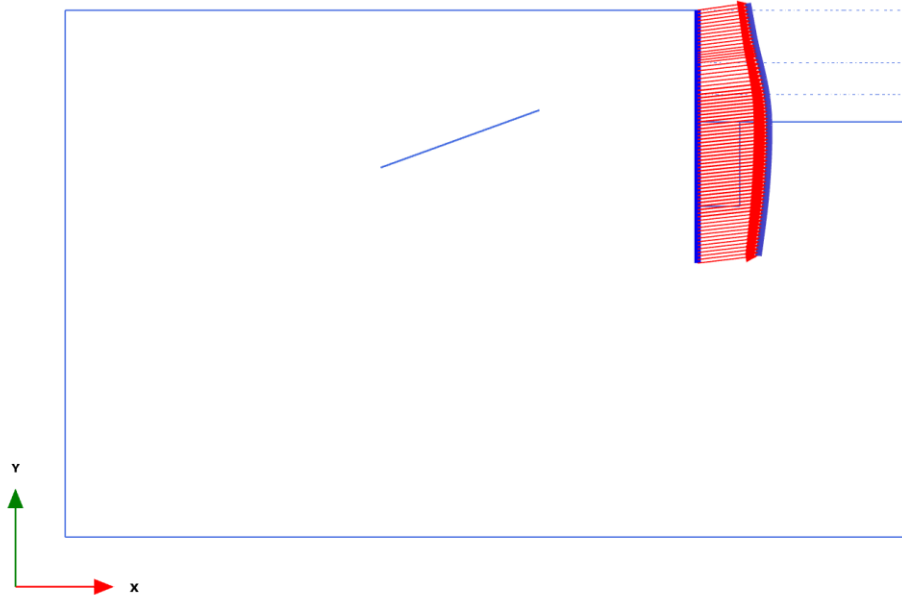
Yapılan analizlerde iksa arkasında kalan Cendere Caddesi'nin etkisi iksa sınırından 10 m uzaklıkta 30 kN/m/m değerinde ve dolgunun etkisi başlık kirişinden 3 m genişliğinde 15 kN/m/m değerinde yayılı yük olarak modellenmiştir.



Total displacements |u|

Maximum value = 0,02563 m (Element 668 at Node 3316)

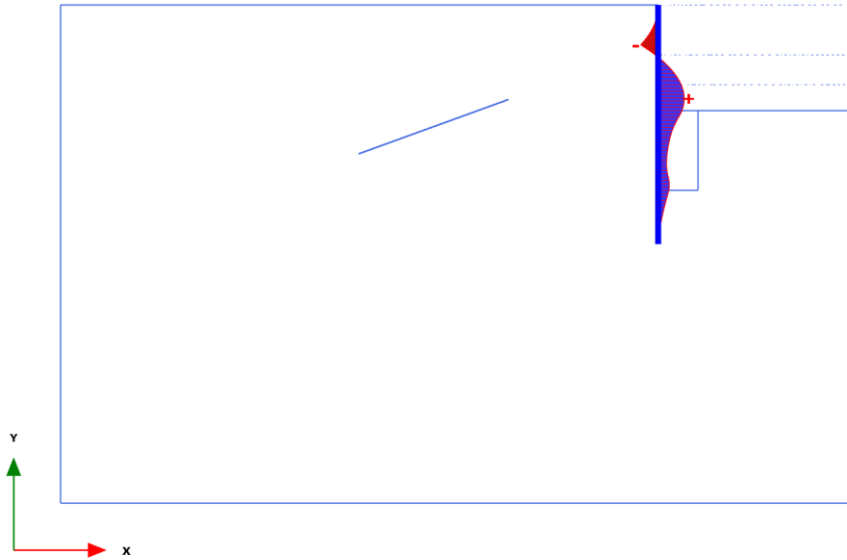
Şekil 4.2: Fore Kazık + Ankrāj İksa Sistemi Plaxis Çözümü a (Kesit-1Y)



Total displacements |u| (scaled up 200 times)

Maximum value = 0,01704 m (Element 10 at Node 484)

Şekil 4.3: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü b (Kesit-1Y)



Bending moments M (scaled up 0,0100 times)

Maximum value = 131,3 kNm/m (Element 8 at Node 421)

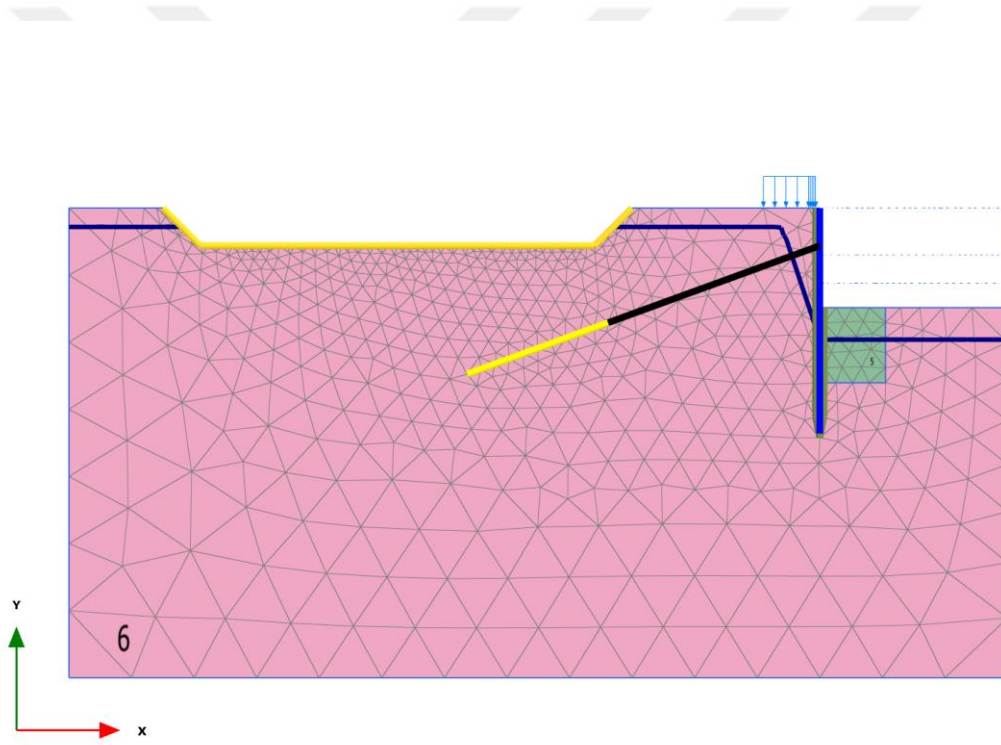
Minimum value = -87,36 kNm/m (Element 4 at Node 670)

Şekil 4.4: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü c (Kesit-1Y)

4.5.2 Kesit- 1D Hesabı

Söz konusu arazide yeraltı su seviyesinin yüzeye yakınlığı göz önünde bulundurulduğunda iksa sisteminin geçirimsiz olması öngörülmüştür. Bu bağlamda Kağıthane Deresi cephesinde bulunan J-K aksları arasında Kesit-1D tipinde iksa sistemi uygulanacaktır. Söz konusu olan cephelerde 100 cm aralıklarla 65 cm çaplarındaki fore kazıklar arasına 100 cm aralıklarla 60 cm çapında aynı boyda jet grout uygulaması yapılması tasarlanmıştır.

Kesit-1D kapsamında kazı kotu olan +4,70 m kotuna inmek için 5,30 m yüksekliğinde kazı yapılacağı belirtilmiştir. Fore kazıklar 6,70 m soketli olacak şekilde toplamda 12 m olarak imal edilecektir. Fore kazıkların önüne kazı derinliğinden itibaren 4 m boylarında 4 adet 60 cm çapında topuk jeti uygulanacaktır.

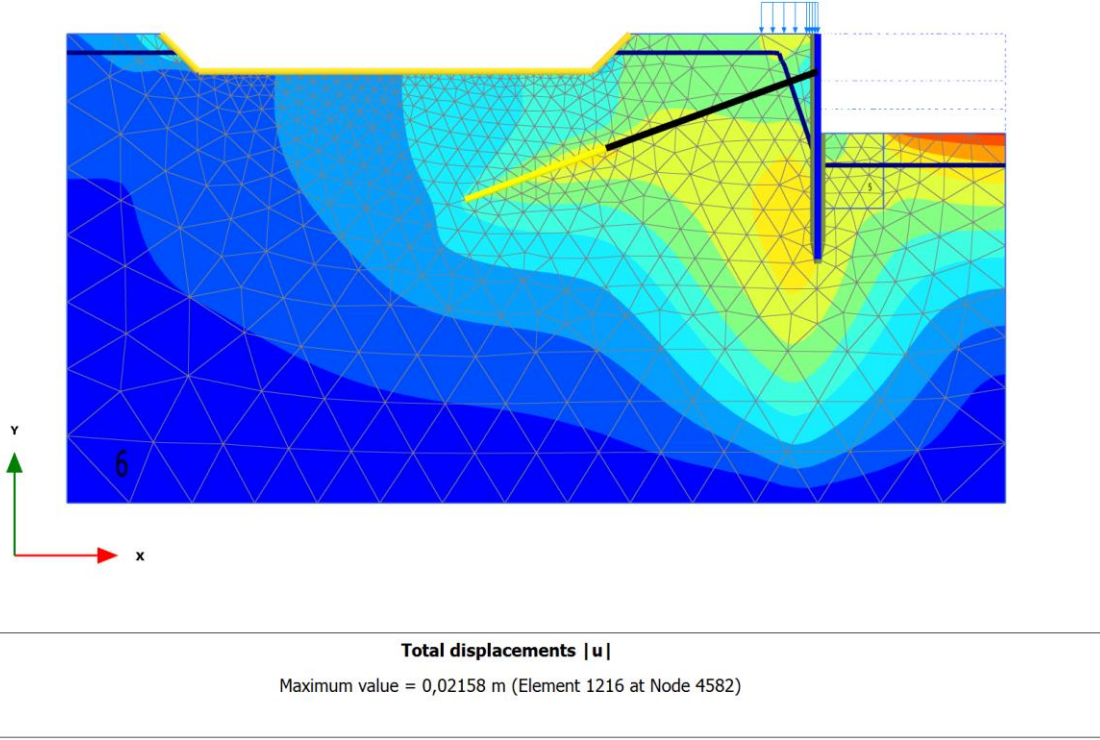


Şekil 4.5: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü (Kesit-1D)

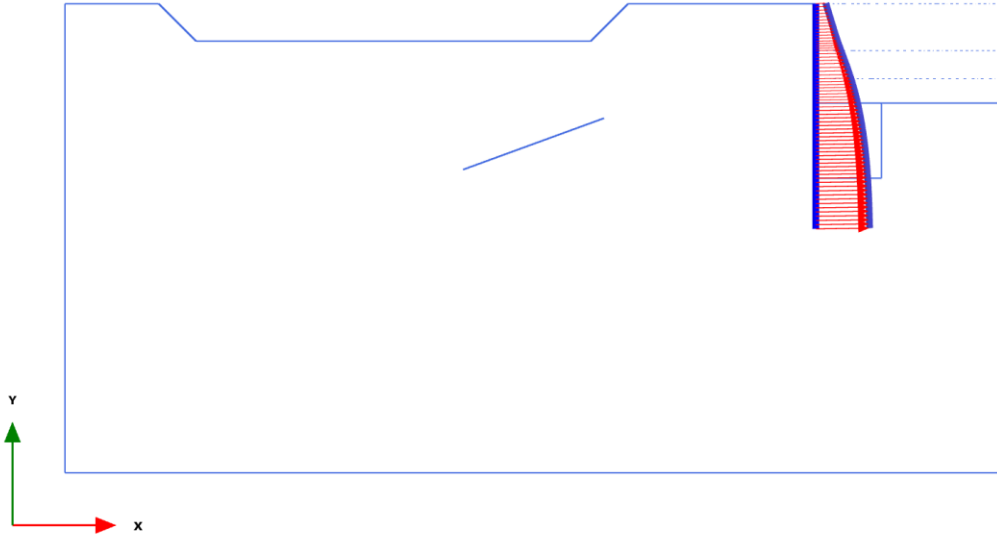
Fore kazık imalatlarının ardından düşeyde 2,00 m yatayda ise 1,00 m aralıklarla öngermeli ankrajlar imal edilecektir. Ankraj kök boyları 8,00 m ve toplam boyları 20,00 m olacaktır.

Yapılan sondaj çalışmaları neticesinde mevcut zemin türünün alüvyon tabakasından oluştuğu kabul edilmiştir. Bu durumda iksa yüksekliğinin tamamı alüvyon tabakadadır.

Yapılan analizlerde iksa arkasında kalan dere bölgesinde dolgunun etkisi başlık kirişinden 3 m genişliğinde 15 kN/m/m değerinde yayılı yük olarak modellenmiştir.

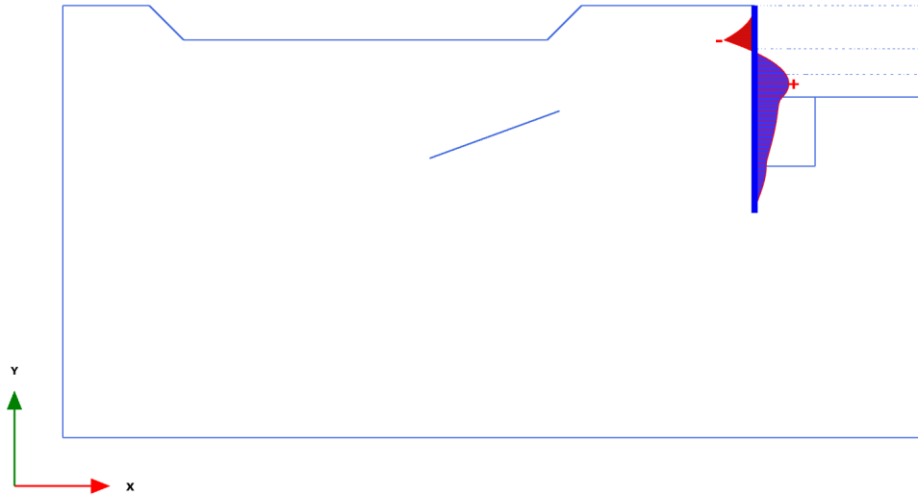


Şekil 4.6: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü a (Kesit-1D)



Total displacements |u| (scaled up 200 times)
 Maximum value = 0,01433 m (Element 80 at Node 2928)

Şekil 4.7: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü b (Kesit-1D)



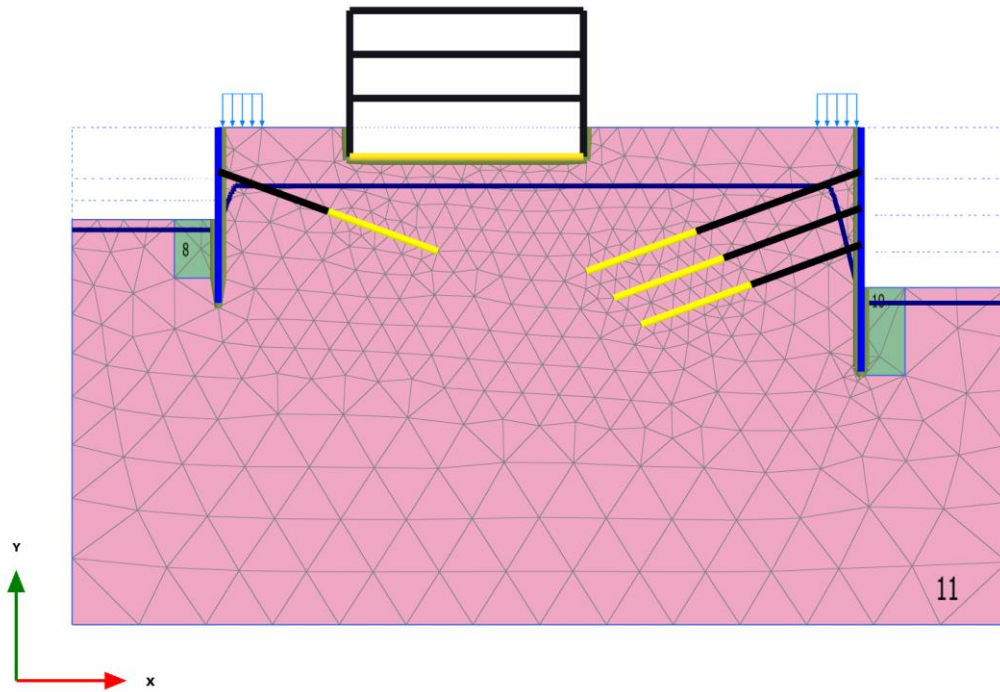
Bending moments M (scaled up 0,0200 times)
 Maximum value = 99,23 kNm/m (Element 71 at Node 498)
 Minimum value = -88,28 kNm/m (Element 68 at Node 307)

Şekil 4.8: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü c (Kesit-1D)

4.5.3 Kesit- 2B Hesabı

Söz konusu arazide yeraltı su seviyesinin yüzeye yakınlığı göz önünde bulundurulduğunda iksa sisteminin geçirimsiz olması öngörülmüştür. Bu bağlamda Cendere Caddesi cephesinde bulunan C-D-E-F aksları arasında Kesit-2B tipinde iksa sistemi uygulanacaktır. Söz konusu olan cephelerde 100 cm aralıklarla 65 cm çaplarındaki fore kazıklar arasına 100 cm aralıklarla 60 cm çapında aynı boyda jet grout uygulaması yapılması tasarlanmıştır.

Kesit-2B kapsamında kazı kotu olan +0,05 m kotuna inmek için 9,95 m derinliğinde, +4,70 m kotuna inmek için ise 5,30 m derinliğinde kazı yapılacağı belirtilmiştir. Fore kazıklar 6,75 m soketli olacak şekilde toplamda 16,70 m ve 5 m soketli olacak şekilde 12 m olarak imal edilecektir. Fore kazıkların önüne kazı derinliğinden itibaren 6 m boylarında 2 adet 60 cm çapında topuk jeti uygulanacaktır.

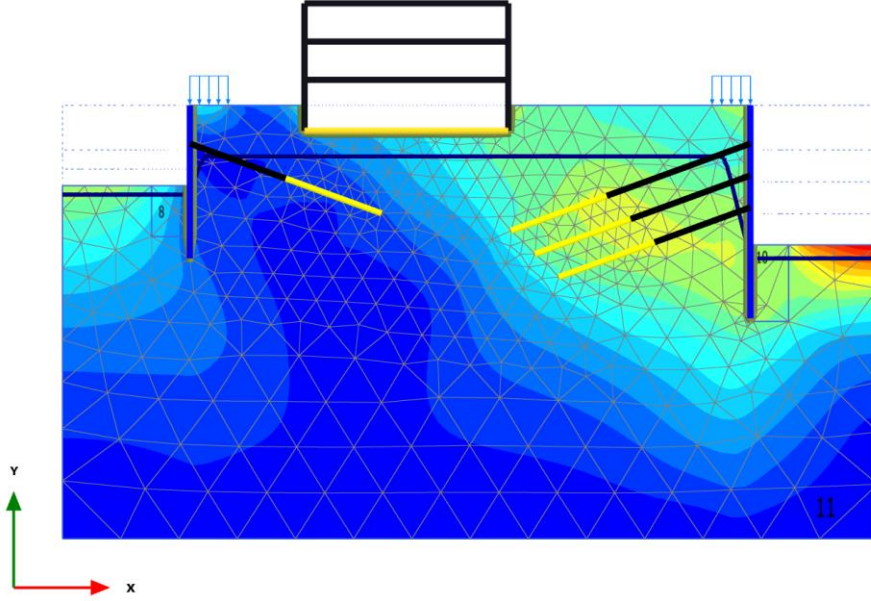


Şekil 4.9: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü (Kesit-2B)

Fore kazık imalatlarının ardından düşeyde 2,00 m-2,50 m-2,50 m yatayda ise 1,00 m aralıklarla 3 kademe öngermeli ankraj imal edilecektir. Ankraj kök boyları 8,00 m ve toplam boyları 16,00 m, 18,00 m ve 20,00 m olacaktır.

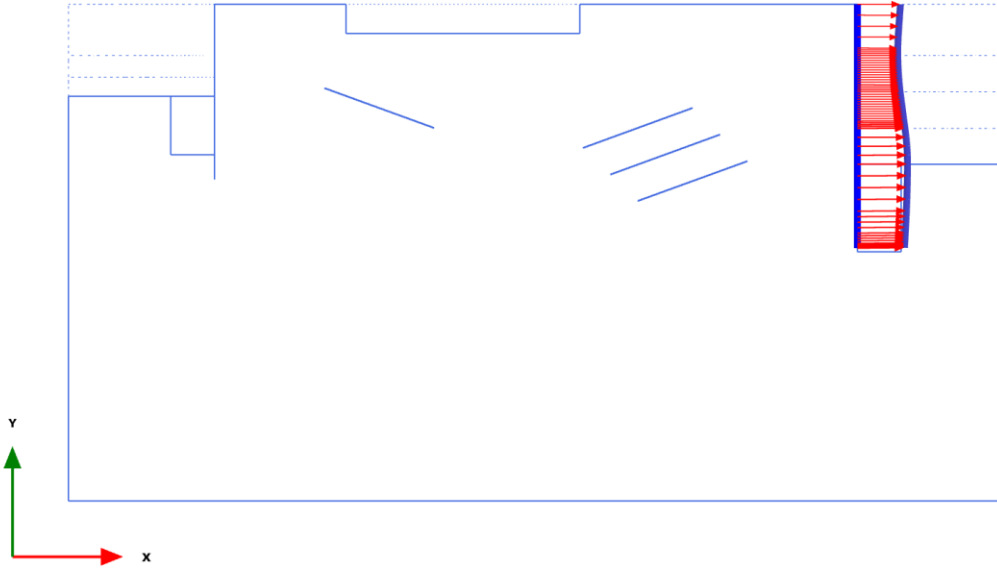
Yapılan sondaj çalışmaları neticesinde mevcut zemin türünün alüvyon tabakasından oluştuğu kabul edilmiştir. Bu durumda iksa yüksekliğinin tamamı alüvyon tabakadadır.

Yapılan analizlerde iksa sınırları arasında kalan bölgede mevcut bulunan Matbaa Binası 3 katlı olarak ve dolgunun etkisi başlık kirişinden 3 m genişliğinde 15 kN/m/m değerinde yayılı yük olarak modellenmiştir.



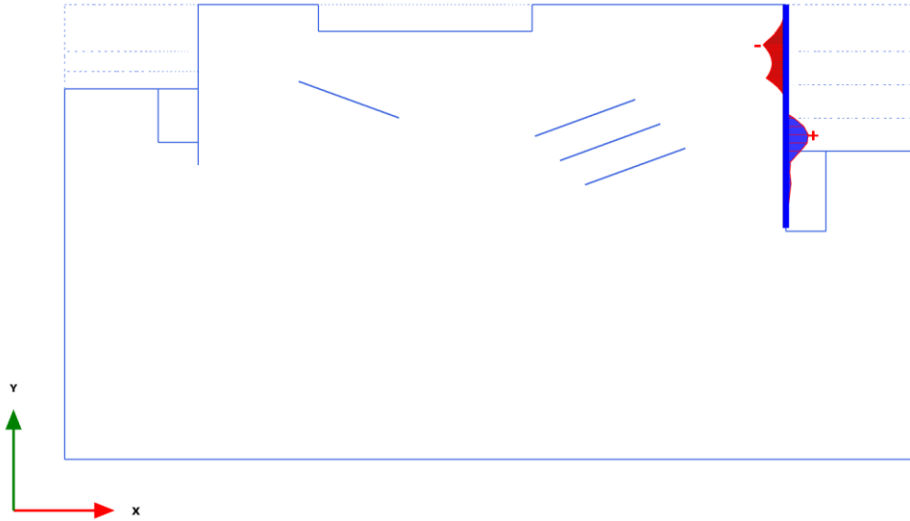
Total displacements |u|
Maximum value = 0,06386 m (Element 253 at Node 1350)

şekil 4.10: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü a (Kesit-2B)



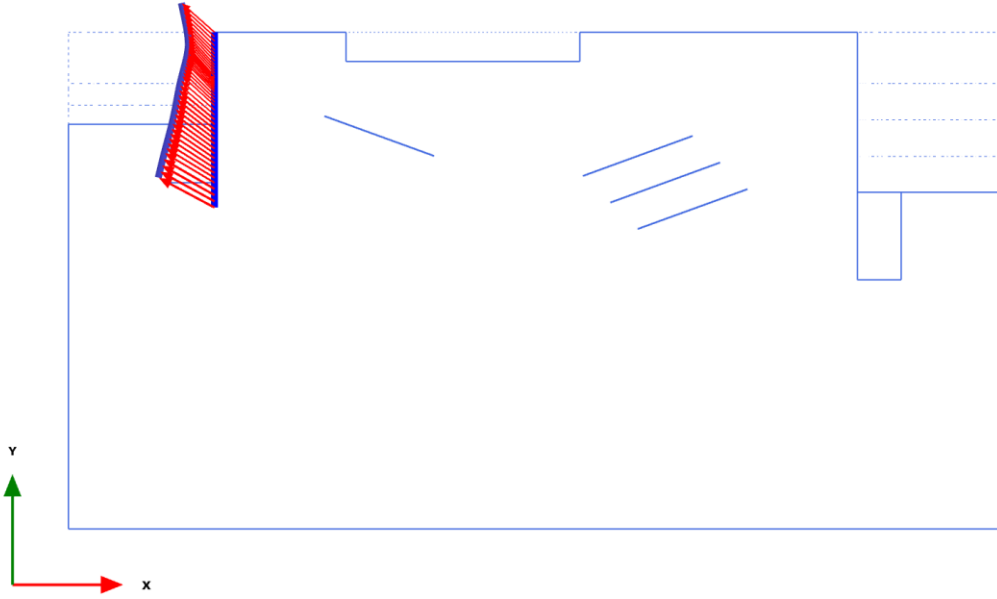
Total displacements |u| (scaled up 100 times)
 Maximum value = 0,03429 m (Element 97 at Node 1472)

Şekil 4.11: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü b (Kesit-2B)



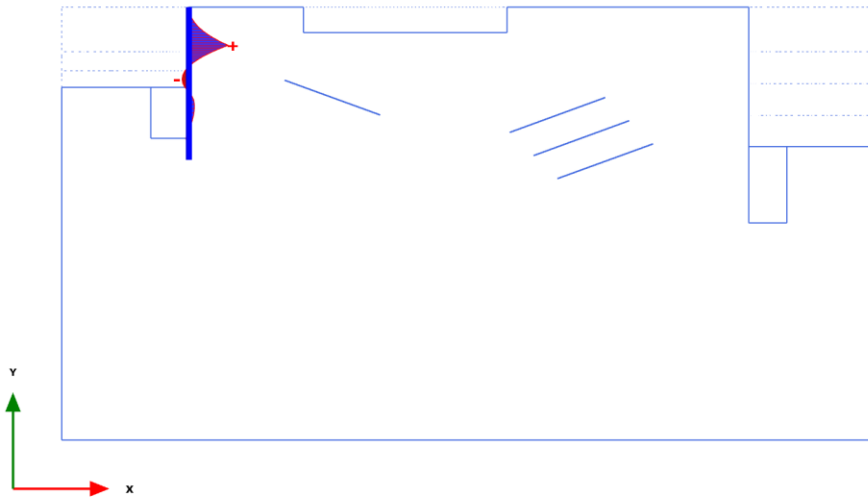
Bending moments M (scaled up 0,0100 times)
 Maximum value = 167,8 kNm/m (Element 97 at Node 1140)
 Minimum value = -171,4 kNm/m (Element 82 at Node 408)

Şekil 4.12: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü c (Kesit-2B)



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
 Maximum value = $8,717 \cdot 10^{-3}$ m (Element 98 at Node 7039)

Şekil 4.13: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü d (Kesit-2B)



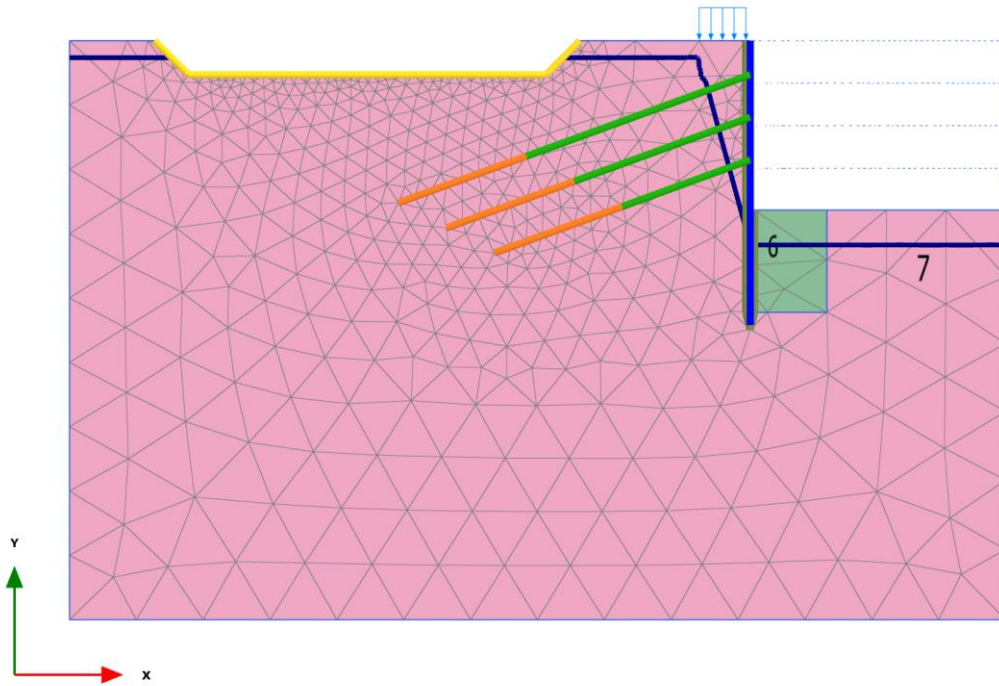
Bending moments M (scaled up 0,0200 times)
 Maximum value = 154,6 kNm/m (Element 65 at Node 7172)
 Minimum value = -27,42 kNm/m (Element 88 at Node 6726)

Şekil 4.14: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü e (Kesit-2B)

4.5.4 Kesit- 3D Hesabı

Söz konusu arazide yeraltı su seviyesinin yüzeye yakınlığı göz önünde bulundurulduğunda iksa sisteminin geçirimsiz olması öngörülmüştür. Bu bağlamda Kağıthane Deresi cephesinde bulunan I-J aksları arasında Kesit-3D tipinde iksa sistemi uygulanacaktır. Söz konusu olan cephelerde 100 cm aralıklarla 65 cm çaplarındaki fore kazıklar arasına 100 cm aralıklarla 60 cm çapında aynı boyda jet grout uygulaması yapılması tasarlanmıştır.

Kesit-3D kapsamında kazı kotu olan +0,05 m kotuna inmek için 9,95 m yüksekliğinde kazı yapılacağı belirtilmiştir. Fore kazıklar 6,75 m soketli olacak şekilde toplamda 16,70 m olarak imal edilecektir. Fore kazıkların önüne kazı derinliğinden itibaren 6 m boylarında 6 adet 60 cm çapında topuk jeti uygulanacaktır.

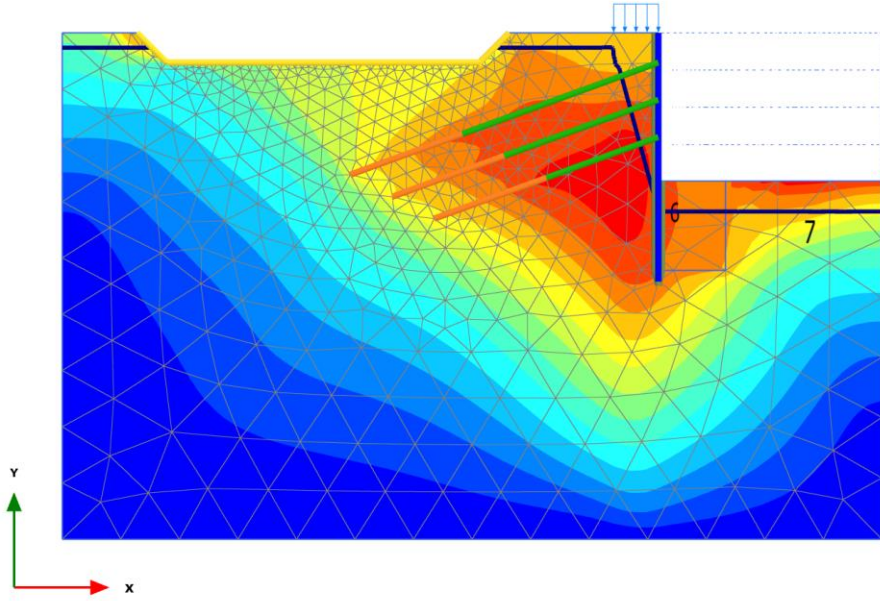


Şekil 4.15: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü (Kesit-3D)

Fore kazık imalatlarının ardından düşeyde 2,00 m-2,50 m-2,50 m yatayda ise 1,00 m aralıklarla 3 kademe öngermeli ankraj imal edilecektir. Ankraj kök boyları 8,00 m ve toplam boyları 16,00 m, 19,00 m ve 22,00 m olacaktır.

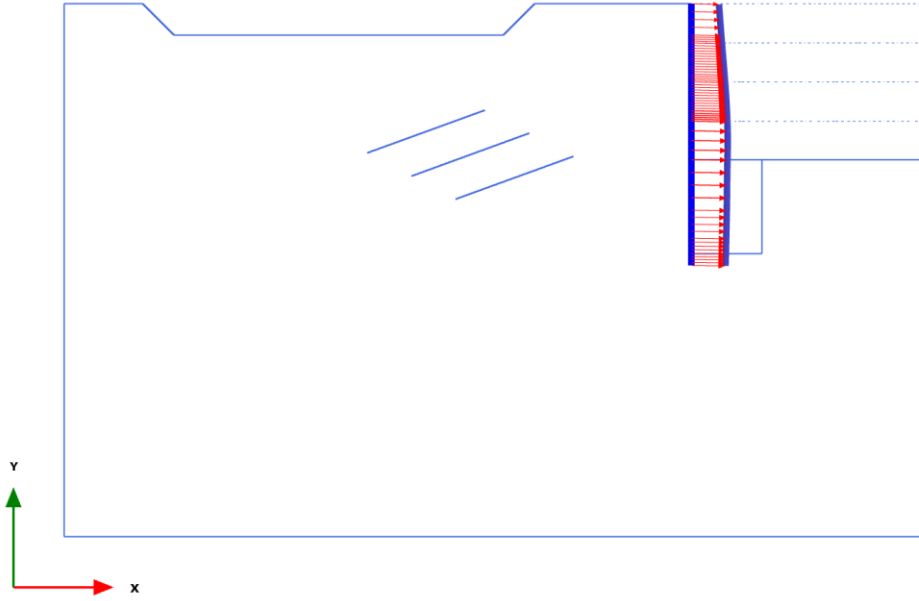
Yapılan sondaj çalışmaları neticesinde mevcut zemin türünün alüvyon tabakasından oluştuğu kabul edilmiştir. Bu durumda iksa yüksekliğinin tamamı alüvyon tabakadadır.

Yapılan analizlerde iksa arkasında kalan dere bölgesinde dolgunun etkisi başlık kirişinden 3 m genişliğinde 15 kN/m/m değerinde yayılı yük olarak modellenmiştir.



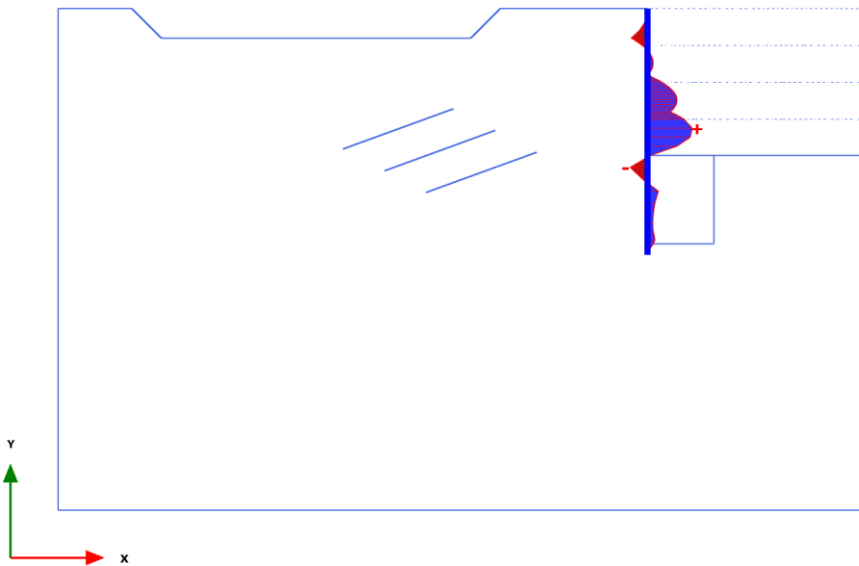
Total displacements |u|
Maximum value = 0,05115 m (Element 849 at Node 2740)

Şekil 4.16: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü a (Kesit-3D)



Total displacements |u| (scaled up 50,0 times)
 Maximum value = 0,04640 m (Element 66 at Node 905)

Şekil 4.17: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü b (Kesit-3D)



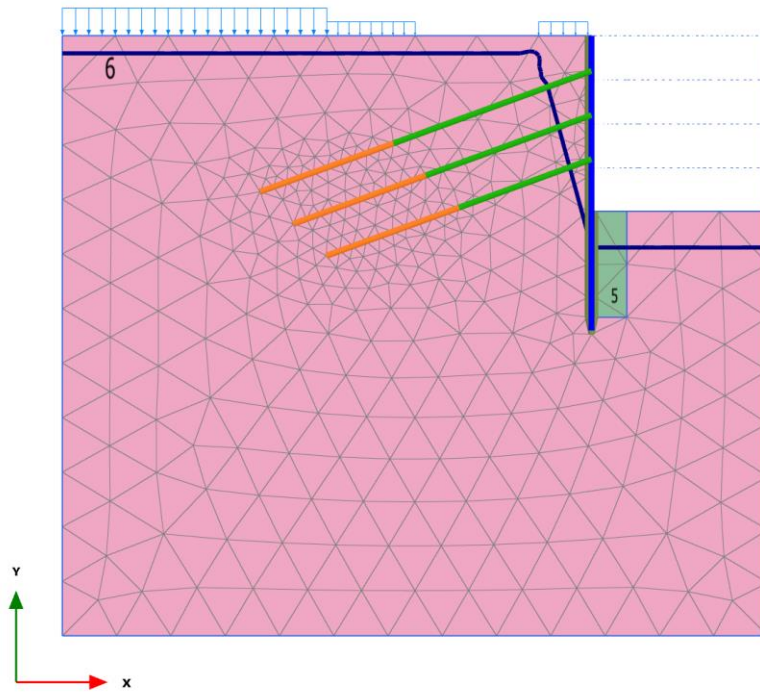
Bending moments M (scaled up 0,0200 times)
 Maximum value = 152,0 kNm/m (Element 66 at Node 906)
 Minimum value = -58,59 kNm/m (Element 67 at Node 820)

Şekil 4.18: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü c (Kesit-3D)

4.5.5 Kesit- 3Y Hesabı

Söz konusu arazide yeraltı su seviyesinin yüzeye yakınlığı göz önünde bulundurulduğunda iksa sisteminin geçirimsiz olması öngörülmüştür. Bu bağlamda Kağıthane Deresi cephesinde bulunan F-G-H-I aksları arasında Kesit-3Y tipinde iksa sistemi uygulanacaktır. Söz konusu olan cephelerde 100 cm aralıklarla 65 cm çaplarındaki fore kazıklar arasına 100 cm aralıklarla 60 cm çapında aynı boyda jet grout uygulaması yapılması tasarlanmıştır.

Kesit-3Y kapsamında kazı kotu olan +0,05 m kotuna inmek için 9,95 m yüksekliğinde kazı yapılacağı belirtilmiştir. Fore kazıklar 6,75 m soketli olacak şekilde toplamda 16,70 m olarak imal edilecektir. Fore kazıkların önüne kazı derinliğinden itibaren 6 m boylarında 2 adet 60 cm çapında topuk jeti uygulanacaktır.

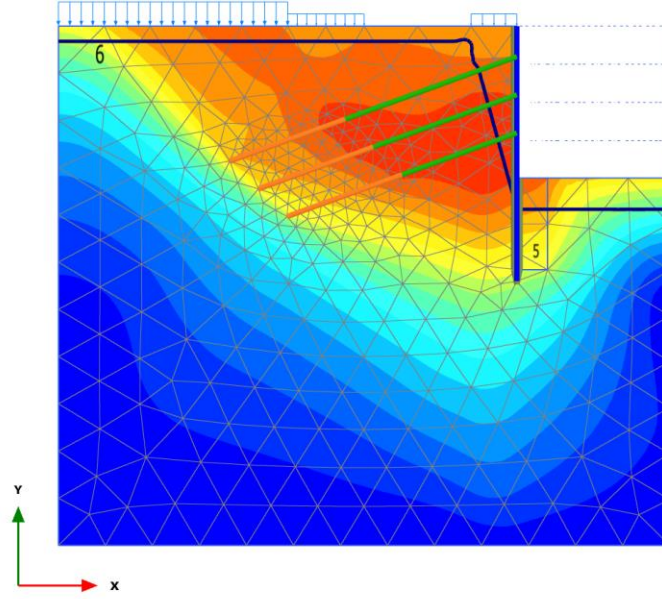


Şekil 4.19: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü (Kesit-3Y)

Fore kazık imalatlarının ardından düşeyde 2,00 m-2,50 m-2,50 m yatayda ise 1,00 m aralıklarla 3 kademe öngermeli ankraj imal edilecektir. Ankraj kök boyları 8,00 m ve toplam boyları 16,00 m, 18,00 m ve 20,00 m olacaktır.

Yapılan sondaj çalışmaları neticesinde mevcut zemin türünün alüvyon tabakasından oluştuğu kabul edilmiştir. Bu durumda iksa yüksekliğinin tamamı alüvyon tabakadadır.

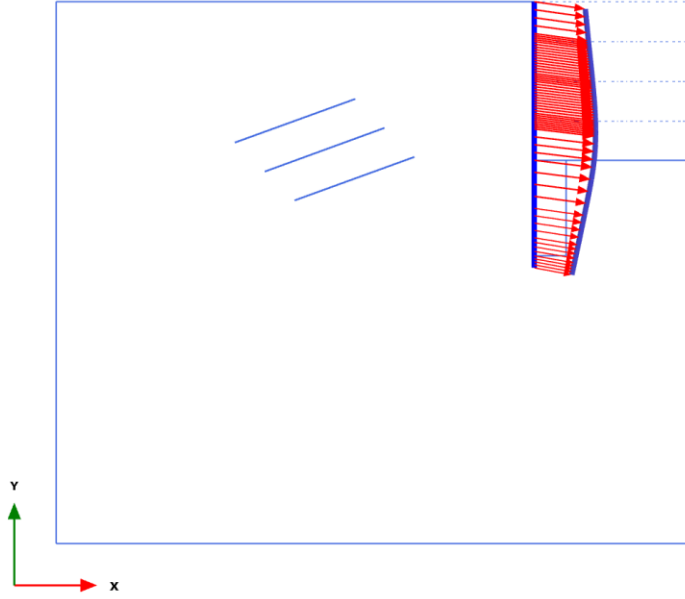
Yapılan analizlerde iksa sınırına 10 m mesafede bulunan Cendere Caddesi'nin etkisi 30 kN/m/m değerinde ve dolgunun etkisi başlık kirişinden 3 m genişliğinde 15 kN/m/m değerinde yayılı yük olarak modellenmiştir.



Total displacements |u|

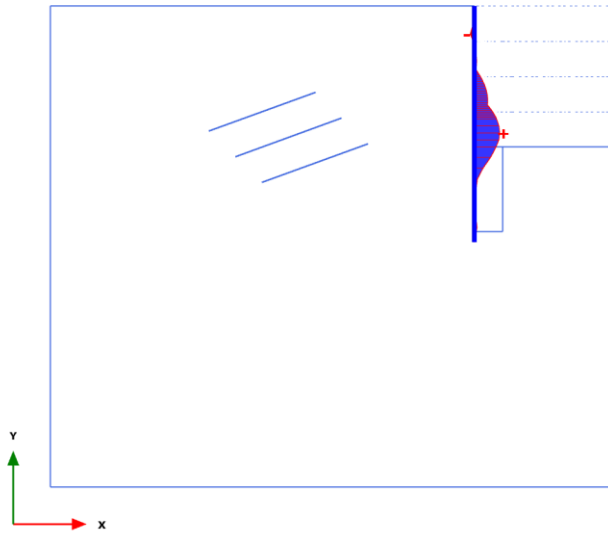
Maximum value = 0,07997 m (Element 381 at Node 2885)

Şekil 4.20: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü a (Kesit-3Y)



Total displacements |u| (scaled up 50,0 times)
 Maximum value = 0,07741 m (Element 11 at Node 978)

Şekil 4.21: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü b (Kesit-3Y)



Bending moments M (scaled up $5,00 \cdot 10^{-3}$ times)
 Maximum value = 359,1 kNm/m (Element 12 at Node 878)
 Minimum value = -60,11 kNm/m (Element 2 at Node 2393)

Şekil 4.22: Fore Kazık + Ankraj İksa Sistemi Plaxis Çözümü c (Kesit-3Y)

4.6 Toptan Göçme Hesabı

Bu hesap kapsamında toplam 6 adet kesit için toptan göçme hesabı yapılmıştır. Bu hesaplarda ΣM_{sf} değerinin emniyetli katsayı olan 1,3 değerinden büyük çıktığı görülmüştür. Hesap sonuçlarında ortaya çıkan deplasman değerlerinin fiziksel bir anlamı olmamakla birlikte bu deplasman ve kayma gerilmesi değerleri son aşama olan göçme anındaki değerleri ifade etmektedir.

4.6.1 Kesit-1Y

Step info				
Phase	Toptan_Gocme [Phase_7]			
Step	Initial			
Calulation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	32 bit			
Extrapolation factor	2,000			
Relative stiffness	-0,04498E-9			
Multipliers				
Prescribed displacements X	M_{DispX}	0,000	ΣM_{DispX}	1,000
Prescribed displacements Y	M_{DispY}	0,000	ΣM_{DispY}	1,000
Load system A	M_{LoadA}	0,000	ΣM_{LoadA}	1,000
Load system B	M_{LoadB}	0,000	ΣM_{LoadB}	1,000
Soil weight	M_{Weight}	0,000	ΣM_{Weight}	1,000
Acceleration	M_{Accel}	0,000	ΣM_{Accel}	0,000
Strength reduction factor	M_{sf}	4,467E-6	ΣM_{sf}	1,901
Time	Increment	0,000	End time	0,000
Staged construction				
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,9470
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000
Forces				
F_X	0,000 kN/m			
F_Y	0,000 kN/m			
Consolidation				
Realised $P_{Excess,Max}$	0,000 kN/m ²			

Şekil 4.23: Toptan Göçme Hesabı (Kesit-1Y)

4.6.2 Kesit-1D

Step info					
Phase	Toptan_Gocme [Phase_7]				
Step	Initial				
Calulation mode	Classical mode				
Step type	Safety				
Updated mesh	False				
Solver type	Picos				
Kernel type	32 bit				
Extrapolation factor	1,000				
Relative stiffness	-1,191E-12				
Multipliers					
Prescribed displacements X	M_{DispX}	0,000	ΣM_{DispX}	1,000	
Prescribed displacements Y	M_{DispY}	0,000	ΣM_{DispY}	1,000	
Load system A	M_{LoadA}	0,000	ΣM_{LoadA}	1,000	
Load system B	M_{LoadB}	0,000	ΣM_{LoadB}	1,000	
Soil weight	M_{Weight}	0,000	ΣM_{Weight}	1,000	
Acceleration	M_{Accel}	0,000	ΣM_{Accel}	0,000	
Strength reduction factor	M_{sf}	0,2446E-3	ΣM_{sf}	2,332	
Time	Increment	0,000	End time	0,000	
Staged construction					
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,9208	
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000	
Forces					
F_x	0,000 kN/m				
F_y	0,000 kN/m				
Consolidation					
Realised $P_{Excess,Max}$	0,000 kN/m ²				

Şekil 4.24: Toptan Göçme Hesabı (Kesit-1D)

4.6.3 Kesit-2B

Step info				
Phase	Toptan_Gocme [Phase_11]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	32 bit			
Extrapolation factor	0,5000			
Relative stiffness	7,434E-9			
Multipliers				
Prescribed displacements X	M_{DispX}	0,000	ΣM_{DispX}	1,000
Prescribed displacements Y	M_{DispY}	0,000	ΣM_{DispY}	1,000
Load system A	M_{LoadA}	0,000	ΣM_{LoadA}	1,000
Load system B	M_{LoadB}	0,000	ΣM_{LoadB}	1,000
Soil weight	M_{Weight}	0,000	ΣM_{Weight}	1,000
Acceleration	M_{Accel}	0,000	ΣM_{Accel}	0,000
Strength reduction factor	M_{sf}	-0,4185E-6	ΣM_{sf}	1,471
Time	Increment	0,000	End time	0,000
Staged construction				
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,9060
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000
Forces				
F_X	0,000 kN/m			
F_Y	0,000 kN/m			
Consolidation				
Realised $P_{Excess,Max}$	0,000 kN/m ²			

Şekil 4.25: Toptan Göçme Hesabı (Kesit-2B)

4.6.4 Kesit-3D

Step info				
Phase	Toptan_Gocme [Phase_10]			
Step	Initial			
Calulation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	32 bit			
Extrapolation factor	2,000			
Relative stiffness	0,1027E-9			
Multipliers				
Prescribed displacements X	M_{DispX}	0,000	ΣM_{DispX}	1,000
Prescribed displacements Y	M_{DispY}	0,000	ΣM_{DispY}	1,000
Load system A	M_{LoadA}	0,000	ΣM_{LoadA}	1,000
Load system B	M_{LoadB}	0,000	ΣM_{LoadB}	1,000
Soil weight	M_{Weight}	0,000	ΣM_{Weight}	1,000
Acceleration	M_{Accel}	0,000	ΣM_{Accel}	0,000
Strength reduction factor	M_{sf}	-0,08422E-3	ΣM_{sf}	1,569
Time	Increment	0,000	End time	0,000
Staged construction				
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,8956
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000
Forces				
F_X	0,000 kN/m			
F_Y	0,000 kN/m			
Consolidation				
Realised $P_{Excess,Max}$	0,000 kN/m ²			

Şekil 4.26: Toptan Göçme Hesabı (Kesit-3D)

4.6.5 Kesit-3Y

Step info					
Phase	Toptan_Gocme [Phase_10]				
Step	Initial				
Calulation mode	Classical mode				
Step type	Safety				
Updated mesh	False				
Solver type	Picos				
Kernel type	32 bit				
Extrapolation factor	0,5000				
Relative stiffness	1,362E-3				
Multipliers					
Prescribed displacements X	M_{DispX}	0,000	ΣM_{DispX}	1,000	
Prescribed displacements Y	M_{DispY}	0,000	ΣM_{DispY}	1,000	
Load system A	M_{LoadA}	0,000	ΣM_{LoadA}	1,000	
Load system B	M_{LoadB}	0,000	ΣM_{LoadB}	1,000	
Soil weight	M_{Weight}	0,000	ΣM_{Weight}	1,000	
Acceleration	M_{Accel}	0,000	ΣM_{Accel}	0,000	
Strength reduction factor	M_{sf}	-0,1506E-3	ΣM_{sf}	1,436	
Time	Increment	0,000	End time	0,000	
Staged construction					
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,9025	
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000	
Forces					
F_X	0,000 kN/m				
F_Y	0,000 kN/m				
Consolidation					
Realised $P_{Excess,Max}$	0,000 kN/m ²				

Şekil 4.27: Toptan Göçme Hesabı (Kesit-3Y)

4.6.6 Kesit-3Y-Su Tankı

Step info					
Phase	Toptan_Gocme [Phase_10]				
Step	Initial				
Calulation mode	Classical mode				
Step type	Safety				
Updated mesh	False				
Solver type	Picos				
Kernel type	32 bit				
Extrapolation factor	1,000				
Relative stiffness	0,2530E-9				
Multipliers					
Prescribed displacements X	M_{DispX}	0,000	ΣM_{DispX}	1,000	
Prescribed displacements Y	M_{DispY}	0,000	ΣM_{DispY}	1,000	
Load system A	M_{LoadA}	0,000	ΣM_{LoadA}	1,000	
Load system B	M_{LoadB}	0,000	ΣM_{LoadB}	1,000	
Soil weight	M_{Weight}	0,000	ΣM_{Weight}	1,000	
Acceleration	M_{Accel}	0,000	ΣM_{Accel}	0,000	
Strength reduction factor	M_{sf}	0,4974E-6	ΣM_{sf}	1,313	
Time	Increment	0,000	End time	0,000	
Staged construction					
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,9025	
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,000	ΣM_{Stage}	0,000	
Forces					
F_X	0,000 kN/m				
F_Y	0,000 kN/m				
Consolidation					
Realised $P_{Excess,Max}$	0,000 kN/m ²				

Şekil 4.28: Toptan Göçme Hesabı (Kesit-3Y Su Tankı)

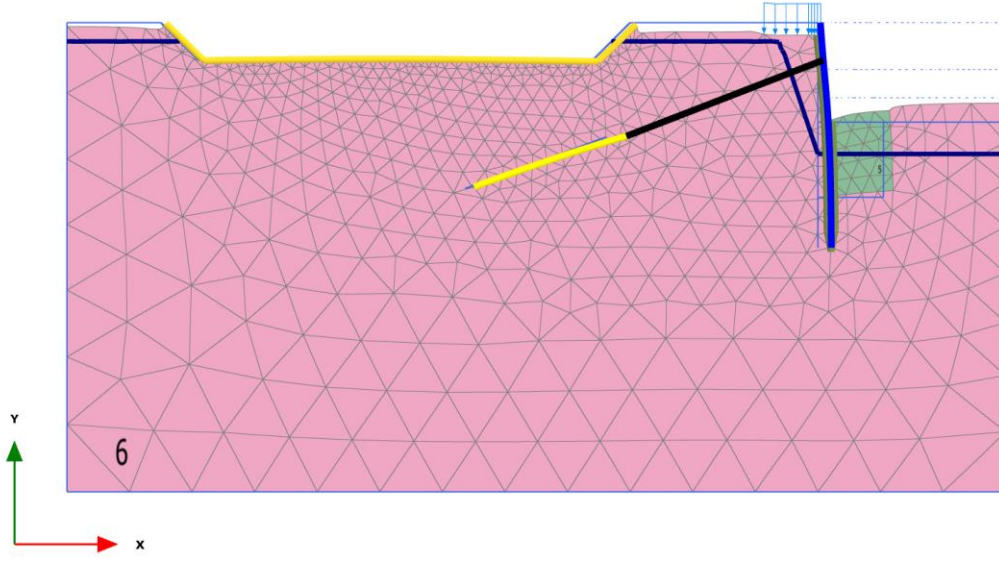
4.7 Konsolidasyon Hesabı

Bu hesap kapsamında toplam 6 adet kesit için konsolidasyon hesabı yapılmıştır. Konsolidasyon hesabında süre aralığı 300 gün olarak kabul edilmiştir.

4.7.1 Kesit-1Y

Step info				
Phase	Konsolidasyon [Phase_8]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Consolidation			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	32 bit			
Extrapolation factor	2,882			
Relative stiffness	0,04867			
Multipliers				
Prescribed displacements X	M_{DispX}	0,000	ΣM_{DispX}	1,000
Prescribed displacements Y	M_{DispY}	0,000	ΣM_{DispY}	1,000
Load system A	M_{LoadA}	0,000	ΣM_{LoadA}	1,000
Load system B	M_{LoadB}	0,000	ΣM_{LoadB}	1,000
Soil weight	M_{Weight}	0,000	ΣM_{Weight}	1,000
Acceleration	M_{Accel}	0,000	ΣM_{Accel}	0,000
Strength reduction factor	M_{sf}	0,000	ΣM_{sf}	1,000
Time	Increment	177,1	End time	300,0
Staged construction				
Active proportion total area	M_{Area}	-2,857E-6	ΣM_{Area}	0,9470
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,5902	ΣM_{Stage}	1,000
Forces				
F_X	0,000 kN/m			
F_Y	0,000 kN/m			
Consolidation				
Realised $P_{Excess,Max}$	0,5621E-6 kN/m ²			

Şekil 4.29: Konsolidasyon Hesabı (Kesit-1Y)



Deformed mesh |u| (scaled up 50,0 times)

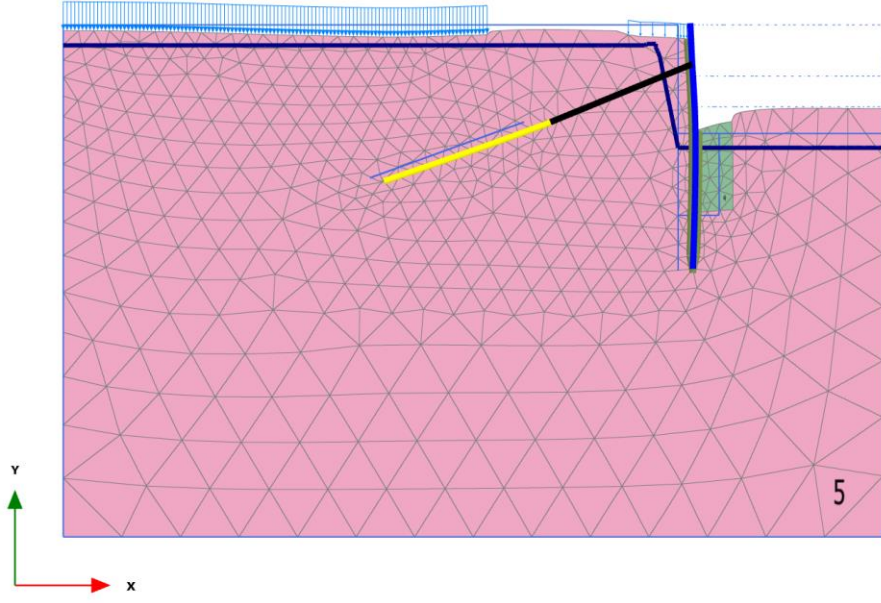
Maximum value = 0,02162 m (Element 1216 at Node 4582)

Şekil 4.30: Konsolidasyon Hesabı Plaxis Çözümü (Kesit-1Y)

4.7.2 Kesit-1D

Step info					
Phase	Konsolidasyon [Phase_8]				
Step	Initial				
Calulation mode	Classical mode				
Step type	Consolidation				
Updated mesh	False				
Solver type	Picos				
Kernel type	32 bit				
Extrapolation factor	2,884				
Relative stiffness	0,08024				
Multipliers					
Prescribed displacements X	M_{DispX}	0,000	ΣM_{DispX}	1,000	
Prescribed displacements Y	M_{DispY}	0,000	ΣM_{DispY}	1,000	
Load system A	M_{LoadA}	0,000	ΣM_{LoadA}	1,000	
Load system B	M_{LoadB}	0,000	ΣM_{LoadB}	1,000	
Soil weight	M_{Weight}	0,000	ΣM_{Weight}	1,000	
Acceleration	M_{Accel}	0,000	ΣM_{Accel}	0,000	
Strength reduction factor	M_{sf}	0,000	ΣM_{sf}	1,000	
Time	Increment	177,2	End time	300,0	
Staged construction					
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,9208	
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,5906	ΣM_{Stage}	1,000	
Forces					
F_X	0,000 kN/m				
F_Y	0,000 kN/m				
Consolidation					
Realised $P_{Excess,Max}$	4,429E-6 kN/m ²				

Şekil 4.31: Konsolidasyon Hesabı (Kesit-1D)



Deformed mesh |u| (scaled up 50,0 times)

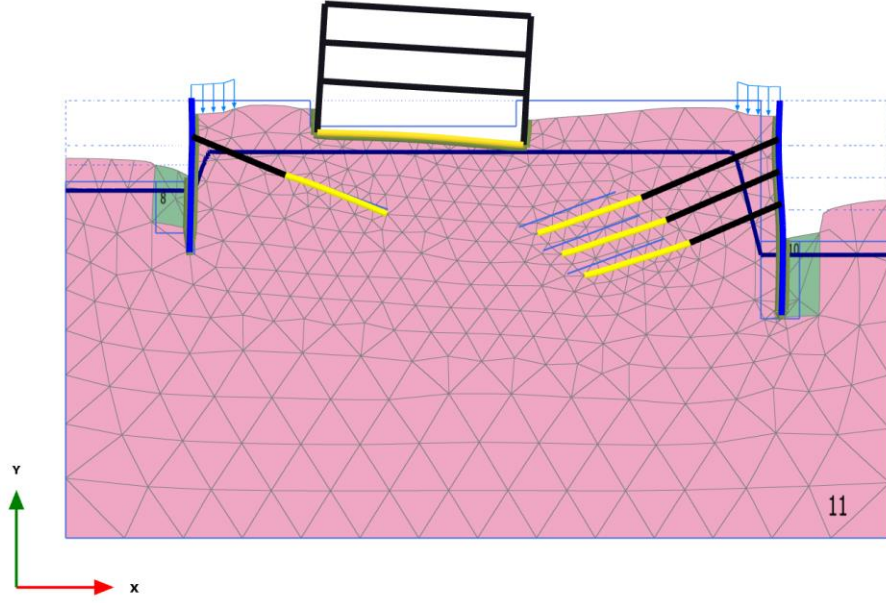
Maximum value = 0,02564 m (Element 668 at Node 3316)

Şekil 4.32: Konsolidasyon Hesabı Plaxis Çözümü (Kesit-1D)

4.7.3 Kesit-2B

Step info				
Phase	Konsolidasyon [Phase_13]			
Step	Initial			
Calulation mode	Classical mode			
Step type	Consolidation			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	32 bit			
Extrapolation factor	2,882			
Relative stiffness	4,695E-3			
Multipliers				
Prescribed displacements X	M_{DispX}	0,000	ΣM_{DispX}	1,000
Prescribed displacements Y	M_{DispY}	0,000	ΣM_{DispY}	1,000
Load system A	M_{LoadA}	0,000	ΣM_{LoadA}	1,000
Load system B	M_{LoadB}	0,000	ΣM_{LoadB}	1,000
Soil weight	M_{Weight}	0,000	ΣM_{Weight}	1,000
Acceleration	M_{Accel}	0,000	ΣM_{Accel}	0,000
Strength reduction factor	M_{sf}	0,000	ΣM_{sf}	1,000
Time	Increment	177,1	End time	300,0
Staged construction				
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,9060
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,5902	ΣM_{Stage}	1,000
Forces				
F_x	0,000 kN/m			
F_y	0,000 kN/m			
Consolidation				
Realised $P_{Excess,Max}$	1,210E-6 kN/m ²			

Şekil 4.33: Konsolidasyon Hesabı (Kesit-2B)



Deformed mesh |u| (scaled up 50,0 times)

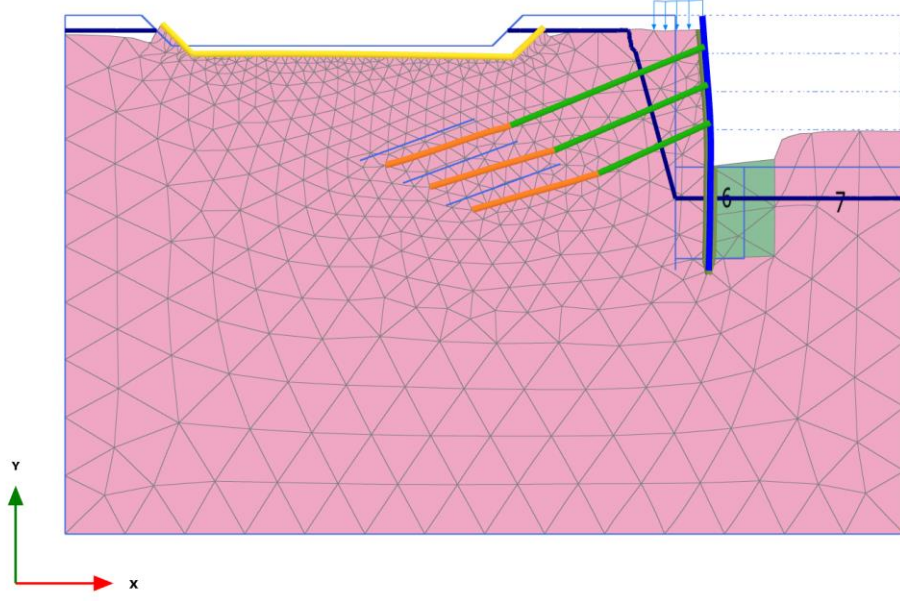
Maximum value = 0,06391 m (Element 253 at Node 1350)

Şekil 4.34: Konsolidasyon Hesabı Plaxis Çözümü (Kesit-2B)

4.7.4 Kesit-3D

Step info				
Phase	Konsolidasyon [Phase_11]			
Step	Initial			
Calulation mode	Classical mode			
Step type	Consolidation			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	32 bit			
Extrapolation factor	2,884			
Relative stiffness	0,03516			
Multipliers				
Prescribed displacements X	M_{DispX}	0,000	ΣM_{DispX}	1,000
Prescribed displacements Y	M_{DispY}	0,000	ΣM_{DispY}	1,000
Load system A	M_{LoadA}	0,000	ΣM_{LoadA}	1,000
Load system B	M_{LoadB}	0,000	ΣM_{LoadB}	1,000
Soil weight	M_{Weight}	0,000	ΣM_{Weight}	1,000
Acceleration	M_{Accel}	0,000	ΣM_{Accel}	0,000
Strength reduction factor	M_{sf}	0,000	ΣM_{sf}	1,000
Time	Increment	177,2	End time	300,0
Staged construction				
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,8956
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,5906	ΣM_{Stage}	1,000
Forces				
F_x	0,000 kN/m			
F_y	0,000 kN/m			
Consolidation				
Realised $P_{Excess,Max}$	5,917E-6 kN/m ²			

Şekil 4.35: Konsolidasyon Hesabı (Kesit-3D)



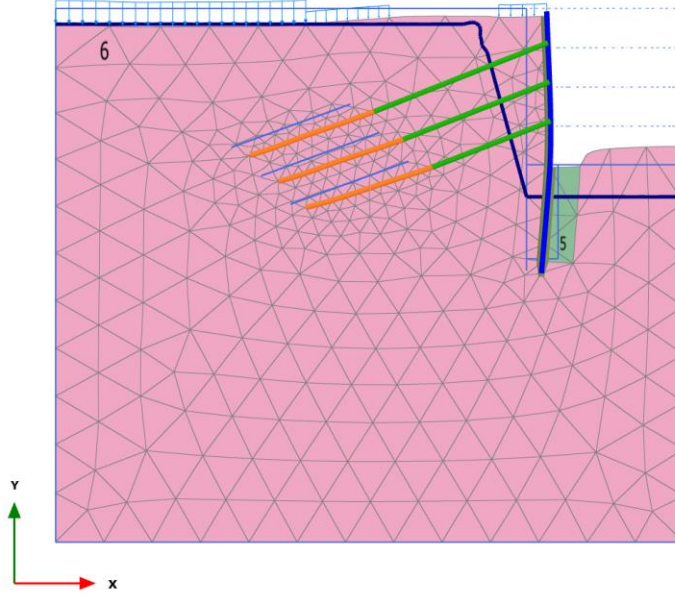
Deformed mesh |u| (scaled up 50,0 times)
Maximum value = 0,05124 m (Element 849 at Node 2740)

Şekil 4.36: Konsolidasyon Hesabı Plaxis Çözümü (Kesit-3D)

4.7.5 Kesit-3Y

Step info					
Phase	Konsolidasyon [Phase_11]				
Step	Initial				
Calulation mode	Classical mode				
Step type	Consolidation				
Updated mesh	False				
Solver type	Picos				
Kernel type	32 bit				
Extrapolation factor	2,884				
Relative stiffness	0,02371				
Multipliers					
Prescribed displacements X	M_{DispX}	0,000	ΣM_{DispX}	1,000	
Prescribed displacements Y	M_{DispY}	0,000	ΣM_{DispY}	1,000	
Load system A	M_{LoadA}	0,000	ΣM_{LoadA}	1,000	
Load system B	M_{LoadB}	0,000	ΣM_{LoadB}	1,000	
Soil weight	M_{Weight}	0,000	ΣM_{Weight}	1,000	
Acceleration	M_{Accel}	0,000	ΣM_{Accel}	0,000	
Strength reduction factor	M_{sf}	0,000	ΣM_{sf}	1,000	
Time	Increment	177,2	End time	300,0	
Staged construction					
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,9268	
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,5906	ΣM_{Stage}	1,000	
Forces					
F_X	0,000 kN/m				
F_Y	0,000 kN/m				
Consolidation					
Realised $P_{Excess,Max}$	2,668E-6 kN/m ²				

Şekil 4.37: Konsolidasyon Hesabı (Kesit-3Y)



Deformed mesh |u| (scaled up 20,0 times)

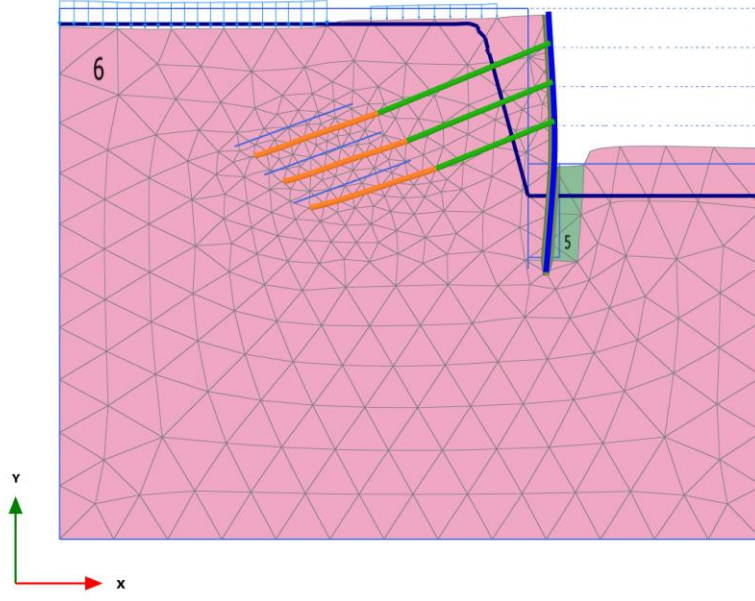
Maximum value = 0,08003 m (Element 381 at Node 2885)

Şekil 4.38: Konsolidasyon Hesabı Plaxis Çözümü (Kesit-3Y)

4.7.6 Kesit-3Y-Su Tankı

Step info				
Phase	Konsolidasyon [Phase_11]			
Step	Initial			
Calulation mode	Classical mode			
Step type	Consolidation			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	32 bit			
Extrapolation factor	2,884			
Relative stiffness	0,01743			
Multipliers				
Prescribed displacements X	M_{DispX}	0,000	ΣM_{DispX}	1,000
Prescribed displacements Y	M_{DispY}	0,000	ΣM_{DispY}	1,000
Load system A	M_{LoadA}	0,000	ΣM_{LoadA}	1,000
Load system B	M_{LoadB}	0,000	ΣM_{LoadB}	1,000
Soil weight	M_{Weight}	0,000	ΣM_{Weight}	1,000
Acceleration	M_{Accel}	0,000	ΣM_{Accel}	0,000
Strength reduction factor	M_{sf}	0,000	ΣM_{sf}	1,000
Time	Increment	177,2	End time	300,0
Staged construction				
Active proportion total area	M_{Area}	0,000	ΣM_{Area}	0,9025
Active proportion of stage	M_{Stage}	0,5906	ΣM_{Stage}	1,000
Forces				
F_X	0,000 kN/m			
F_Y	0,000 kN/m			
Consolidation				
Realised $P_{Excess,Max}$	1,439E-6 kN/m ²			

Şekil 4.39: Konsolidasyon Hesabı (Kesit-3Y Su Tankı)



Deformed mesh |u| (scaled up 20,0 times)

Maximum value = 0,08846 m (Element 388 at Node 2547)

Şekil 4.40: Konsolidasyon Hesabı Plaxis Çözümü (Kesit-3Y Su Tankı)

4.8 Betonarme Hesaplar

4.8.1 Kesit- 1y Betonarme Hesabı

Malzeme Özellikleri:

BETON : C 25

ÇELİK : BÇ III (S420)

Düşey Donatı Hesabı:

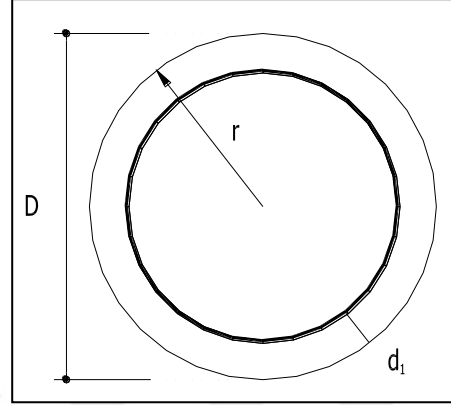
H (Kazık Boyu)= 12,0 m

d' (Pas payı) : 7.5 cm

a (Kazık Aralığı) : 100 cm

D (Çap)= 65.0 cm

d (faydalı yükseklik)=57.5 cm



$$M_{\max} = 127,9 \text{ kNm/m}$$

$$M_d = M_{\max} * a * 1,5$$

$$M_d = 127,9 * 1 * 1,5 = 191,85 \text{ kNm}$$

$$N_{\max} = -161,2 \text{ kNm/m}$$

$$N_d = -161,2 * 1 * 1,5 = -241,8 \text{ kNm}$$

$$m_d = M_d / (0,85 * f_{cd} * A_c * D) = 191,85 / (0,85 * 20000 * \pi / 4 * 0,65^3) = 0,05$$

$$n_d = N_d / (0,85 * f_{cd} * A_c) = -241,8 / (0,85 * 17000 * \pi / 4 * 0,65^2) = -0,05$$

$$\Rightarrow \rho_m = 0,09$$

$$A_s = \rho_m * A_c / (f_{yd} / (0,85 f_{cd}))$$

$$A_s = 0,09 * (\pi * 0,65^2 / 4) / (365000 / (0,85 * 17000)) = 0,0027 \text{ m}^2 = 27 \text{ cm}^2$$

Boy Donatı: 12Φ26 (63,72 cm² > 27 cm²) √

Seçilen Fret: Φ10 / 15

4.8.2 Kesit- 3Y Betonarme Hesabı

Malzeme Özellikleri:

BETON : C 25

ÇELİK : BÇ III (S420)

Düşey Donatı Hesabı:

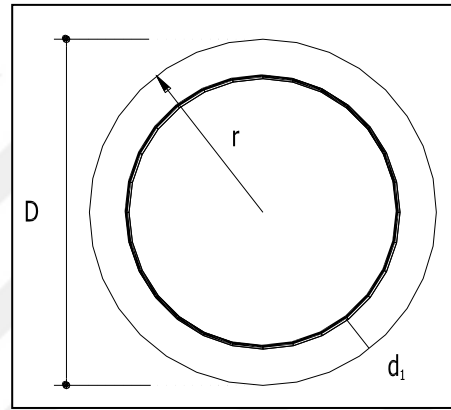
H (Kazık Boyu)= 16,70 m

d' (Pas payı) : 7.5 cm

a (Kazık Aralığı) : 100 cm

D (Çap)= 65.0 cm

d (faydalı yükseklik)=57.5 cm



$$M_{\max} = 359,1 \text{ kNm/m}$$

$$M_d = M_{\max} * a * 1,5$$

$$M_d = 359,1 * 1 * 1,5 = 538,65 \text{ kNm}$$

$$N_{\max} = - 467,1 \text{ kNm/m}$$

$$N_d = -467,1 * 1 * 1,5 = -700,95 \text{ kNm}$$

$$m_d = M_d / (0,85 * f_{cd} * A_c * D) = 538,65 / (0,85 * 20000 * \pi / 4 * 0,65^3) = 0,15$$

$$n_d = N_d / (0,85 * f_{cd} * A_c) = -700,95 / (0,85 * 17000 * \pi/4 * 0,65^2) = -0,14$$

$$\Rightarrow \rho_m = 0,4$$

$$A_s = \rho_m * A_c / (f_{yd} / (0,85 f_{cd}))$$

$$A_s = 0,4 * (\pi * 0,65^2 / 4) / (365000 / (0,85 * 17000)) = 0,0050 \text{ m}^2 = 50 \text{ cm}^2$$

Boy Donatı: 14Φ26 (74,34 cm² > 50 cm²)√

Seçilen Fret: Φ10 / 15

4.8.3 Kuşak Kirişi Betonarme Hesabı

Malzeme :

BETON : C25

ÇELİK : BÇ III (S420)

Ebatlar : 30 × 70 cm

d' (Pas payı) : 5,0 cm

h (kalınlık) = 30cm

d (faydalı yükseklik) = 25 cm

a (Ankraj Yatay Aralığı) = 1,5 m

Boyuna Donatı Hesabı:

Max. Ankraj yükü (F_a): 305 kN

Ankraj Açısı = 20°

$$q_d = F_a * \cos 20^\circ / a = 305 * \cos 20^\circ / 1,5 = 191,07 \text{ kN/m}$$

$$M_{\max} = q * l^2 / 12 = 191,07 * 1,5^2 / 12 = 35,83 \text{ kNm}$$

$$M_d = M_{\max} * 1,5 = 53,74 \text{ KNm}$$

$$m_d = M_d / (0,85 * f_{cd} * b * d^2) = 53,74 / (0,85 * 17000 * 0,7 * 0,3^2) = 0,059 \Rightarrow \rho_m = 0,07$$

$$A_s = \rho_m * b * d / (f_{yd} / (0,85 f_{cd})) = 0,07 * 0,7 * 0,3 / 25,3 = 0,00058 \text{ m}^2 = 5,80 \text{ cm}^2$$

Boy Donatı: 10Φ26 (18,84 cm² > 5,80 cm²)

Etriye Hesabı:

$$V_{\max} = q_d * 1,5 = 286,61 \text{ kN}$$

Beton kesitinin kesme kuvvetlerine direnci

$$V_{cr} = 0,65 * f_{ctd} * A_c * (1 + \gamma * N_d / A_c) \quad (\gamma = 0,07 \quad \text{Eksenel Basınç})$$

$$N_d = 0 \quad (\gamma = -0,3 \quad \text{Eksenel Çekme})$$

$$V_{cr} = 0,65 * 1150 * 0,3 * 0,7 = 159,98 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,80 V_{cr} = 0,80 * 159,98 = 125,58 \text{ kN}$$

Seçilen Etriye: Φ10 / 15

$$V_{ws} = A_{sw} * d * f_{ywd} / s$$

$$V_{ws} = 4 * 0,79 / 10000 * 0,25 * 365000 / 0,12 = 240 \text{ kN}$$

$$V_d' = V_{ws} + V_c = 240 + 125,58 = 365,58 \text{ kN}$$

$$V_d' = 365,58 \text{ kN} > V_d = 286,61 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Seçilen Donatı:

Boy Donatı: 10Φ26

Etriye: Φ10/15

5 DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Vadistanbul 3. Etap Projesi kapsamında uygulanacak iksa çalışması 2 bölge olacak şekilde projelendirilmiştir. Bu hesap kapsamında 3 bodrum katlı 1. bölge ve 2 bodrum katlı 2. bölge hesap koşulları açıklanmıştır, İksa sistemi geoteknik hesapları için idealize zemin profili sahada yapılan sondajlara bağlı olarak 1 adet zemin türünden oluşan alüvyon tabakası olarak modellenmiştir, 1. Bölgede kazı kotu +0,05 m olup bu bölge için 3 farklı kesit (Kesit 2B2, 3D, 3Y) hazırlanmış ve Plaxis sonlu elemanlar programında modellenerek analiz yapılmıştır, 2. Bölgede kazı kotu +4,70 m olup bu bölge için 3 farklı kesit (Kesit 1Y, 1D, 2B1) hazırlanmış ve Plaxis sonlu elemanlar programında modellenerek analiz yapılmıştır. Hesaplarda kullanılan zemin parametrelerini (birim hacim ağırlığı, içsel sürtünme açısı, toprak basıncı katsayısı vb.) kesit geometrilerini (iksa alt ve üst kotları, ankraj yatay ve dikey aralıkları vb.) ve kesit tesirlerini (dikey taşıyıcı elemanlara gelen moment ve kesme kuvveti değerleri, ankrajlara gelen yükler vb.) gösteren statik hesaplar yapılmıştır Fore kazık ve kuşak kirişi betonarme hesabı 4.8 betonarme hasablarında verilmiştir. Başlık ve kuşak kirişi ebatları birlikte değerlendirilmiştir ve dizaynı kuşak kirişi hesabına göre yapılmıştır. İksa imalatlarından önce imalat yapılacak parsel çevresinde yer alan altyapı şebekeleri (elektrik, su, kanalizasyon, doğalgaz vb. şebekeler) kontrol edilmeli ve imalatlara engel olan herhangi bir durum olmadığından emin olunmalıdır.

Temelde imal edilen fore kazıklar üzerinde yirmi bir adet aksel statik basınç yükleme deneyi gerçekleştirilmiştir. Deneylerde maksimum olarak proje yükünün %150' sine kadar yükleme yapılmıştır. Yapılan Deneylerde deplasmanların çok yüksek mertebelerde olmadığı görülmüş, kazıkların tasarım yüklerini emniyetli bir şekilde taşıdığı belirlenmiştir. Deney boyunca deney kazıklarında herhangi bir problem görülmemiştir.

Proje kapsamında; Ø100 çapta imal edilmiş toplam 2000 adet kazık üzerinde kazık bütünlük deneyleri gerçekleştirilmiştir. Süreksizliğe etki eden etmenler olarak; Kuyu tabanındaki yıkıntı malzemesinin, tremi borusu yardımıyla betonlama esnasında dışarı çıkartılamaması, Muhafaza borusunun boyu, kuyu içindeki yıkıntı kademesini geçememesi, Forajı tamamlanan kuyunun, beton dökümü sırasında sevkiyatın gecikmesinden kaynaklanan soğuk derz oluşumu, Beton dökümü sırasında beton sınıfının değiştirilmesi, Litolojik zeminden dolayı muhafaza borusu çevresine yapışan malzemelerin varlığı, muhafaza çekilirken oluşan boşluklarının, beton ile doldurulup, olağan çaptan fazla kazık oluşturulması, Kazıkların ilk metrajlarında meydana gelen aşırı sökümler ve boşlukların beton ile doldurulması, Kazık imalatı sırasında kuyu içerisine, Demir

donatı kafesi ve beton dışında kuyu içerisine düşürülen yabancı parçalar, Kazık başının temizliğinin yetersiz kalması, (serbest malzeme, kırıntı, toz, çatlak, su) Ölçüm öncesinde kazık donatının aşağıda kalması sebebi ile demir ekleme & beton dökümü Kazık başlarına grout malzemesi ile izolasyon yapılması Kazık başının su altında olması & dalga boyunu etkileyecek nem oranının yüksek olması gibi durumların Kazık bütünlük deney sonuçlarına doğrudan etkisi olduğu bilinmektedir. İntegrity test Kayıtlarında görülen küçük sapmaların nedeni de bu tür etkilerden kaynaklanmaktadır. İmal edilen kazıklar hedeflenen boylardadır ve herhangi bir süreksizliğe rastlanmamıştır.



Ekler

Ek: Saha Resimleri



Resim 1: İksa Kazık İmalatının Tamamlanmasının Ardından Kazık Etrafının Açılması ve Kırım Yapılması



Resim 2:Başlık Kirişi Donatı İmalatı ve Kalıp İmalatı



Resim 3: Kazık Arası Geçirimsizlik Jeti Pimaşlarının Başlık Kirişindeki Yeri



Resim 4: Kazık Arası Geçirimsizlik Jet Uygulaması



Resim 5: Kazık Arası Geçirimsizlik Jet Uygulaması



Resim 6: Kazık Arası Geçirimsizlik Jet Uygulaması



Resim 7: 1. Kademe Ankraj İmalatı



Resim 8: 1. Kademe Kuşak Kirişi ve Ankraj Germelerinin Tamamlaması



Resim 9: Başlık Kirişi İmalatı



Resim 10: Başlık kirişi kalıp



Resim 11:Kuşak Kirişi Tamamlanan 1. Kademe Ankrajların Germe İşlemleri



Resim 12: İnklinometre Delgi İmalatları



Resim 13: 1.Kademe Ankaraj Kuşak Kirişi Tesviyesi ve Donatı İmalatı



Resim 14: 2. Kademe Ankraj İmalatı ve Delgi Platformunun Oluşturulması



Resim 15: Jet grout Enjeksiyonu Çimento Siloları ve Enjeksiyon Santrali



Resim 16: İnklinometre Delgi İmalatları



Resim 17: 2. Kademe Ankraj Yeri Açılması



Resim 18: Hafriyat Alınması



Resim 19: Topuk Jeti İmalatı



Resim 20: 3. Kademe Ankraj İmalatı



Resim 21: 2. Kademe Kuşak Kirişi



Resim 24: Kademe Açılması



Resim 25: Geçirimsizlik Jeti Uygulaması



Resim 26: Geçirimsizlik Jeti Uygulaması



Resim 27: Temel Altı Kazıklarının Grout Dökümü İçin Hazırlanması



Resim 28: 3 Kademe Ankraj Kuşağının Açıldığı ve İlave Yapılan Ankraj Kusakları



Resim 29: Vibrasyon Çekici



Resim 30: K 78 nolu Podium Kazığı Eksenel Statik Basınç Yükleme Deney Düzeneği



Resim 31: K 78 nolu Podium Kazığı Eksenel Statik Basınç Yükleme Deney Düzeneği



Resim 32 : Temel Altı Kazık İmalatları



Resim 33 : Temel Altı Kazık İmalatları



Resim 34: Grobeton Dökümü ve Kazık Başlıklarının Grout İmalatı İçin Hazırlanması



Resim 35: Temel Altı Kazık İmalatı Vibro ile Boru Çakılması



Resim 36: Temel Altı Kazık İmatlarında Kullanılacak Demir Donatının Hazırlanması



Resim 37: Temel Altı Kazıkların Blok Temeline Teslimi



Resim 37: İnklinometre Verilerinin Analiz Edilmesi Sonucu Yapılan dolgu



Resim 38 : İlave Ankraj Kuşağı



Resim 39 Temel Altı Kazık İmalatları



Resim 40 : Eksenel Statik Basınç Yükleme Deney Düzeneği



Resim 41: İnklinometre Verilerinin Analiz Edilmesi Sonucu Yapılan dolgu



Resim 42 : Temel Altı Kazık İmalatları



Resim 43 : Temel Altı Kazık İmalatları



Resim 44 : Temel Kazı Kotuna Kadar İndirilen Baca İmalatı



Resim 45 : Temel Altı Kazık İmalatları



Resim 46 : Temel Altı Kazık İmalatları



Resim 47 : Temel Altı Kazık İmalatları



Resim 48 : Temel Altı Kazık İmalatları Gro Beton



Resim 49 : Temel Altı Kazık İmalatları Kazık Teslimi



Resim 50 : Temel Altı Kazık İmalatları



Resim 51 : Temel Altı Kazık İmalatları Tremie Borusu İle Beton Dökümü



Resim 52 : Temel Altı Kazık İmalatları



Resim 53 :Temel Altı Kazık İmalatları

Kaynaklar

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1997) Deprem Yönetmeliği Değişiklikleri İle Birlikte (1998), Türkiye Hazır Beton Birliği (1999), İstanbul.

Bell, F.G. (1993). “Engineering Treatment of Soils”, E&FN Spon.

Bell, F.G. (2006) Mühendislik Jeolojisi ve İnşaat, British Geological Survey,

BRAJA M. DAS (1992) Soil Mechanics Laboratory Manual, , Engineering Press.

BROWN R.W., McGRAW – HILL(1996) Practical Foundation Engineering , New York.

DAY R.W., McGRAW HILL (1999) Geotechnical And Foundation Engineering Design And Construction , New York.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007

Geoforum, Dynamic Compaction, (b.t). 4 Mart 2009,

<http://kshitija.files.wordpress.com/2006/09/dynamiccomp.jpg>

HAAS, W., 1968 b, Trilobitenaus dem Silur und Devon von Bithynien: Paleont. Abh., A 130, 68-207, Stuttgart.

IMPE, V. (1989). “Soil Improvement Techniques and Their Evolution”, Balkema.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yönetim Ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem Ve Zemin İnceleme Müdürlüğü “İstanbul İl Alanının Genel Jeoloji Özellikleri – İstanbul – 2 Ekim 2005

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi Ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem Ve Zemin İnceleme Müdürlüğü Yönetici Özeti - Anadolu Yakası Mikrobölgeleme Rapor Ve Haritalarının Yapılması – Kasım 2009

Keller Ground Engineering Web Sitesi, (b.t). 4 Mart 2009,

<http://keller-ge.co.uk/images/cms/DynamicCompB.jpg>

MTA Genel Müdürlüğü Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası

MOSELEY, M.P. (1992). “Ground Improvement”, Macmillan Publishers New Zealand Ltd..

ÖNALAN, M., 1982. Pendik bölgesi ve Adaların Jeolojisi ve Sedimanter özellikleri: İ.Ü. Yerbilimleri Fakültesi (Doçentlik tezi)

ÖZAYDIN K (1999) Zemin Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.

ÖZAYDIN K. (2005) ,Zemin Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul

ÖZGÜL, N., 2010, Paleozoic Stratigraphy of the İstanbul Region: Turkish Journal of Earth Sciences, TÜBİTAK özel yayını

ÖZÜDOĞRU K., TAN O., AKSOY İ.H., (1996).Çözümlü Problemlerle Zemin Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.

SAĞLAMER, A İTÜ zemin iyileştirme yöntemleri ders notları
<https://yadi.sk/d/2mLuzIKYLggFd>

SAYAR, C., 1979 b, İstanbul Boğazı ve çevresinde Ordovisiyen - Siluriyen sınırı: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 22, 161-167.

TS 500 (2000) , Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

ULUSAY R. (2001) Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, JMO Yayınları.

UZUNER B. (1992) Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği A. Teknik Yayınevi, İmo Trabzon Şubesi, Ankara.

Vadistanbul Zemin Etüt Raporu, 2015 İstanbul

WELSH,J.P.,1986 Construction considerations for ground modification projects. Proceedings conference on Deep Foundations, Beijing ,Deep Foundation İnstitute , Englewood Cliffs,NJ.

YILDIRIM S (2002) Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, Şekercioğlu E. ,Ankara

YILDIRIM M. GÖKAŞAN E.(2007) Mühendisler İçin Jeoloji Bilgileri, YTÜ.,

YILMAZ, İ., 1977, Sancaktepe Granitinin Kocaeli Yarımadası, mutlak yaşı ve jenezi: TJK Bült., 20, 17-20

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gökçer ÖZEN
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa / 08.11.1991
Adres : Gaziosmanpaşa/İstanbul
E-Posta : Gokcer.ozen@outlook.com
Telefon : 0535 819 24 83
Lisans : Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği (2014)



Mesleki Deneyimler;

2015/7-

VADİSTANBUL Projesi Artış , İinvest Adi Ortaklığı, İstanbul

İksa kazığı, Ankraj, Jet grout (topuk jeti, kazık arası jeti, geçirimsizlik perdesi) Temel altı kazığı İnklinometre okumalarının analizi ve değerlendirilmesi sondaj çalışmaları zemin etüd parametrelerinin analizi , havuz ve göletlerin konsolidasyon delgisi kontak beton imalatları ve Alt yapı kazı, yol işleri ve alt yapı çalışmaları, donatılı zemin duvarı (Toprakarme) imalatları kazı dolgu sıkıştırma modüler blok kazık önü prekast çalışmalarında zemin iyileştirme şefi olarak görev aldım.

2014/ -2015/7

TURAP ZEMİN

TEM 34 Projesi, Ak Yapı, Eşbah,Gev Yapı, Topteks Ortak girişimi, İstanbul
Kademeli İksa Çalışmaları Şantiye Şefliği

ZNC İNŞAAT OTEL Projesi, İstanbul

Ankraj, Mini kazık, Temel altı kazığı, İksa ve Alt yapı çalışmaları üzerinde ofis ve sahada Jeoloji Mühendisi olarak görev aldım.

ENESLER İNŞAAT OTEL Projesi, İstanbul

Ankraj, Mini kazık, Temel altı kazığı, iksa ve Alt Yapı çalışmaları

AXIS İSTANBUL OFİS & AVM Projesi, Sur Yapı, İstanbul, İksa çalışmaları

YÜKSEK HIZLI TREN Projesi Sivas- Erzincan Ayağı (Proje Ödevi) Saha çalışmaları (Sivas –Erzican)