İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DERİN KAZILAR VE DERİN KAZI UYGULAMASINA BİR ÖRNEK: HILTON GARDEN INN SÜTLÜCE DERİN TEMEL KAZISI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Habip Koçak KÖSE

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği

EYLÜL 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DERİN KAZILAR VE DERİN KAZI UYGULAMASINA BİR ÖRNEK: HILTON GARDEN INN SÜTLÜCE DERİN TEMEL KAZISI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Habip Koçak KÖSE
(501091320)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Eylül 2011
Tezin Savunulduğu Tarih : 12 Eylül 2011

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet SAĞLAMER (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mete İNCECİK (İTÜ)
Doç. Dr. Mehmet BERİLGEN (YTÜ)

EYLÜL 2011

ÖNSÖZ

Yaptığım çalışmalar boyunca benden değerli yardımını ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım, değerli hocam, Sayın Prof. Dr. Ahmet SAĞLAMER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Lisans eğitimim sırasında engin bilgilerini paylaşan ve Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği üzerine yüksek lisans yapmama teşvik eden, beni yönlendiren değerli hocam Selçuk Üniversitesi Rektör Danışmanı Yar. Doç. Dr Mustafa YILDIZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında her türlü desteği sağlayan başta Sayın İnş. Müh. Habil KIYMET'e ve bu çalışma kapsamında vaka analizi olarak incelenen iksa yapısı ile ilgili bilgileri paylaşan Temelkom Zemin Yapıları İnş. San. Tic. Ltd. Şti ve Enar Mühendislik Mimarlık ve Danışmanlık Ltd. Şti yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın gerçekleşmesi esnasında hiçbir zaman manevi desteklerini esirgemeyen eşim Emine Köse'ye, annem Nafiye Köse'ye, babam Adnan Köse'ye ve ablam Fulya Köse'ye ve dostlarıma teşekkür ederim.

Eylül 2011

Habip Koçak KÖSE

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ... **iii**
İÇİNDEKİLER ... **v**
KISALTMALAR ... **vii**
ÇİZELGE LİSTESİ ... **ix**
ŞEKİL LİSTESİ ... **xi**
SEMBOL LİSTESİ ... **xv**
ÖZET ... **xvii**
SUMMARY ... **xix**
1. GİRİŞ ... **1**
2. DERİN KAZILARA ETKİYEN YANAL TOPRAK BASINÇLARI ... **3**
2.1 Coulomb Kama Teorisi ... 6
2.2 Rankine Teorisi ... 7
2.3 Rankine Teorisi ile Coulomb Teorisinin Karşılaştırılması ... 10
2.4 Derin Kazı İksa Sistemlerine Etkiyen Toprak Basınçları ... 10
3. DERİN KAZI DESTEKLEME SİSTEMLERİ ... **13**
3.1 Düşey Destek Elemanları ... 13
3.1.1 Betonarme keson kuyu ... 13
3.1.2 Fore kazık ... 19
3.1.3 Mini kazık ... 24
3.1.4 Püskürtme beton ... 27
3.1.5 Diyafram duvar: ... 31
3.2 Yatay Destek Elemanları ... 35
3.2.1 Ankrajlar ... 35
3.2.1.1 Ankrajların tasarımı 43
3.2.1.2 Ankrajların yenilme şekilleri 46
3.2.2 Zemin çivileri ... 47
4. HILTON GARDEN INN OTELİ DERİN TEMEL KAZISI ... **53**
4.1 Arazi Çalışmaları ... 54
4.1.1 Yeraltı ve yerüstü suları ... 55
4.1.2 İdealize zemin profili ... 55
4.2 Hilton Garden Inn Temel Kazısı Çukuru ... 56
4.3 Proje revizyonları ve kazının tamamlanması ... 66
5. SONUÇLAR ... **81**
KAYNAKLAR ... **85**
EKLER ... **87**
EK A : Bölgesel Jeoloji Haritası ... 89
EK B : Sondaj Logları ... 91
EK C : Litolojik Kesitler ... 105
EK D : İnklinometre Okumaları ... 109
ÖZGEÇMİŞ ... **117**

KISALTMALAR

BS **:** İngiliz Standartı
F_S **:** Güvenlik Katsayısı
RQD **:** Kaya Kalitesi Değeri
TCR **:** Toplam Karot Yüzdesi
SPT **:** Standart Penetrasyon Deneyi
TS **:** Türk Standartları

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Zemin cinslerine göre K_o değerleri. 6
Çizelge 4.1 : Yeraltı suyu bilgileri (Geos, 2008). 55
Çizelge 4.2 : Zemin tabakasına ait mühendislik parametreleri (Özalp, 2009). 56
Çizelge 4.3 : Analiz sonuçları (Enar, 2009). 65
Çizelge 4.4 : Deplasman ve cephe yüksekliklerinin karşılaştırılması. 80

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Duvar yerdeğiştirmesi–Toprak basıncı ilişkisi. 4
Şekil 2.2 : Aktif ve pasif denge durumları. 5
Şekil 2.3 : Kohezyonsuz zeminlerde aktif basınç için Coulomb kaması. 7
Şekil 2.4 : Kohezyonsuz zeminlerde aktif ve pasif rankine durumunda oluşan yanal toprak basınçları. 8
Şekil 2.5 : Kohezyonlu zeminlerde Rankine teorisine göre aktif ve pasif toprak basınçları. 9
Şekil 2.6 : Tabakalı zemin olması durumunda yanal toprak basınçları. 9
Şekil 2.7 : Yeraltı suyu olması durumunda yanal toprak basınçları. 10
Şekil 2.8 : Terzaghi – Peck tarafından önerilen toprak basıncı dağılımları. 11
Şekil 2.9 : Tschebotarioff tarafından önerilen toprak basıncı dağılımı. 11
Şekil 3.1 : Betonarme keson kuyu. 13
Şekil 3.2 : Keson kuyu kazısı. 15
Şekil 3.3 : Keson kuyu donatı montajı. 16
Şekil 3.4 : Keson kuyu kalıp yerleşimi. 17
Şekil 3.5 : Keson kuyu beton dökümü. 18
Şekil 3.6 : Derin kuyu imalat sonrası görünümü. 19
Şekil 3.7 : Fore kazık şekilleri. 20
Şekil 3.8 : Fore kazık makinaları. 21
Şekil 3.9 : Fore kazık donatı kafesi hazırlanması ve kuyuya indirilmesi. 23
Şekil 3.10 : Fore kazık beton dökümü. 23
Şekil 3.11 : Mini kazık delgisi. 24
Şekil 3.12 : Mini kazık donatı kafesi hazırlanması. 25
Şekil 3.13 : Mini kazık imalatında kullanılacak kırmataş. 26
Şekil 3.14 : Kırmataş-enjeksiyon methodu. 26
Şekil 3.15 : Püskürtme beton uygulaması. 29
Şekil 3.16 : Kuru püskürtme beton agrega granülometrisi. 30
Şekil 3.17 : Yaş püskürtme beton agrega granülometrisi. 30
Şekil 3.18 : Diyafram duvar makinası. 31
Şekil 3.19 : Klavuz duvar imalatı. 32
Şekil 3.20 : a)Kazı aşaması, b)Uç tüplerin yerleştirilmesi, c)Donatı kafesinin yerleştirilemesi, d)Beton dökümü. 34
Şekil 3.21 : Diyafram duvar imalat süreci. 34
Şekil 3.22 : Ankraj tendonları. 35
Şekil 3.23 : Ankraj plakası ve kafası. 36
Şekil 3.24 : Ankraj delgisi. 37
Şekil 3.25 : Serbest bölgenin kılıflanması. 38
Şekil 3.26 : Serbest bölge ile kök bölgesi arasındaki izolasyon. 38
Şekil 3.27 : Kuyu içerisine ankraj halatı yerleştirilmesi. 39
Şekil 3.28 : Enjeksiyolama işleminin yapılması. 40

Şekil 3.29 : Enjeksiyonun hazırlanması. 40
Şekil 3.30 : Ankraj germesi. 42
Şekil 3.31 : Ankraj kök boyu seçimi kriteri. 43
Şekil 3.32 : Granüler zeminlerde ankraj son taşıma gücünün zemin türü, sıkılık ve kök boyu ile değişimi (NAVFAC 1988) 45
Şekil 3.33 : Ankrajlı perdelerdeki göçme biçimleri (FHWA IF-99-015, 1999). 46
Şekil 3.34 : Zemin çivisi delgisi. 48
Şekil 3.35 : Zemin çivisine enjeksiyon yapılması. 48
Şekil 3.36 : Zemin çivili duvar imalatının değişik aşamalarına ait fotoğraflar (Engin,2008). 51
Şekil 3.37 : Zemin çivili duvar imalat sonrası görünümü. 51
Şekil 4.1 : Hilton Garden Inn projesi. 53
Şekil 4.2 : Sondaj vaziyet planı. 54
Şekil 4.3 : Mevcut zemin çivili duvar. 57
Şekil 4.4 : Kesit 3 (Enar, 2009). 59
Şekil 4.5 : Kesit 5- Geçici (Enar, 2009). 60
Şekil 4.6 : Kesit 5 Kalıcı (Enar, 2009). 61
Şekil 4.7 : Kesit 3' (Enar, 2009). 62
Şekil 4.8 : Kesit 7 (Enar, 2009). 63
Şekil 4.9 : Kesit 8 (Enar, 2009). 63
Şekil 4.10 : Kesit 1 (Enar, 2009). 64
Şekil 4.11 : Kesit 3 Plaxis sonuçları (Enar, 2009). 66
Şekil 4.12 : Kuyu kazılarında karşılaşılan sert zemin örnekleri. 67
Şekil 4.13 : Aç kapa perde imalatı. 67
Şekil 4.14 : İnklinometre 3 grafiği. 68
Şekil 4.15 : Revize kesit 5 geçici durum. 69
Şekil 4.16 : Revize kesit 5 kalıcı durum. 70
Şekil 4.17 : Yeni kuyu perde duvar imalatı. 71
Şekil 4.18 : İnklinometre 2, 3 ve 4'ün plan üzerindeki yeri. 72
Şekil 4.19 : İnklinometre 2 ve inklinometre 4 okumaları. 73
Şekil 4.20 : K36 kuyu konumu. 74
Şekil 4.21 : +29.0m kotuna geri dolgu yapılması. 75
Şekil 4.22 : İlave ankrajlar. 76
Şekil 4.23 : Üst yapı çalışmaları. 77
Şekil 4.24 : İnklinometre kuyularının konumları. 78
Şekil 4.25 : Yeni inklinometre kuyu konumları. 79
Şekil 4.26 : Deplasman ve cephe yükseklikleri oranı. 80
Şekil A.1 : Bölgesel jeoloji haritası. 90
Şekil B.1 : 1 nolu kuyuya ait sondaj logu-1. Kısım. 92
Şekil B.2 : 1 nolu kuyuya ait sondaj logu-2. Kısım. 93
Şekil B.3 : 2 nolu kuyuya ait sondaj logu-1. Kısım. 94
Şekil B.4 : 2 nolu kuyuya ait sondaj logu-2. Kısım. 95
Şekil B.5 : 3 nolu kuyuya ait sondaj logu-1. Kısım. 96
Şekil B.6 : 3 nolu kuyuya ait sondaj logu-2. Kısım. 97
Şekil B.7 : 4 nolu kuyuya ait sondaj logu-1. Kısım. 98
Şekil B.8 : 4 nolu kuyuya ait sondaj logu-2. Kısım. 99
Şekil B.9 : 5 nolu kuyuya ait sondaj logu-1. Kısım. 100
Şekil B.10 : 5 nolu kuyuya ait sondaj logu-2. Kısım. 101
Şekil B.11 : 6 nolu kuyuya ait sondaj logu-1. Kısım. 102
Şekil B.12 : 6 nolu kuyuya ait sondaj logu-2. Kısım. 103

Şekil C.1 : Kesit 1-1 106
Şekil C.2 : Kesit 2- 2. 107
Şekil D.1 : 1 nolu inklinometre tesisinden alınan okumalar..... 110
Şekil D.2 : 2 nolu inklinometre tesisinden alınan okumalar..... 111
Şekil D.3 : 3 nolu inklinometre tesisinden alınan okumalar..... 112
Şekil D.4 : 4 nolu inklinometre tesisinden alınan okumalar..... 113
Şekil D.5 : 6 nolu inklinometre tesisinden alınan okumalar..... 114
Şekil D.6 : 119 nolu inklinometre tesisinden alınan okumalar..... 115

SEMBOL LİSTESİ

$\mathbf{P_p}$	**:** Pasif toprak basıncı
$\mathbf{P_a}$	**:** Aktif toprak basıncı
$\mathbf{P_0}$	**:** Sukunetteki toprak basıncı
$\mathbf{K_p}$	**:** Pasif toprak basıncı katsayısı
$\mathbf{K_a}$	**:** Aktif toprak basıncı katsayısı
$\mathbf{K_0}$	**:** Sukunetteki toprak basıncı katsayısı
$\boldsymbol{\gamma}$	**:** Doğal birim hakim ağırlık
$\boldsymbol{\sigma}$	**:** Normal gerilme
$\boldsymbol{\phi}$	**:** Kayma mukavemeti açısı
$\boldsymbol{\nu}$	**:** Poisson oranı
c	**:** Kohezyon
τ	**:** Kayma gerilmesi
AKO	**:** Aşırı konsolidasyon oranı
z	**:** Derinlik
$\mathbf{k_w}$	**:** Permeabilite katsayısı
$\mathbf{c_u}$	**:** Drenajsız kayma mukavemeti
$\boldsymbol{\delta}$	**:** Zemin ile duvar sırtı arasındaki sürtünme açısı
$\boldsymbol{\beta}$	**:** Zemin yüzeyinin yatayla yaptığı açı
$\boldsymbol{\alpha}$	**:** Duvarın yatayla yaptığı açı
E	**:** Elastisite modülü
$\mathbf{L_e}$	**:** Enjeksiyonsuz çivi uzunluğu
$\mathbf{k_h}$	**:** Yatay yatak katsayısı
$\mathbf{k_v}$	**:** Düşey yatak katsayısı
$\mathbf{L_{kök}}$	**:** Ankraj kök boyu

DERİN KAZILAR VE DERİN KAZI UYGULAMASINA BİR ÖRNEK: HILTON GARDEN INN SÜTLÜCE DERİN TEMEL KAZISI

ÖZET

Teknolojik gelişmeler ve giderek büyüyen metropollerde yaşama zorunluluğu insanoğlunu sürekli yerin daha derinlerinde çalışmaya itmiştir. Geoteknik mühendisliğinde önemli problemlerden biri derin kazıların yapılmasında karşımıza çıkmaktadır. Bu tez kapsamında derin kazılar üzerinde durulmuş ve bir vaka analizi ile örneklendirilmiştir.

Bir yapı çukurunun iksa sistemi projelendirmeden önce çok detaylı bir geoteknik araştırma yapılması şarttır. Bu araştırmalar ışığında idealize zemin profili belirlenmeli ve hesaplamalarda idealize zemin profilinin mühendislik parametreleri kullanılmalıdır.

Tez kapsamında toprak basınçları üzerine yoğunlaşılıp, derin kazılara etkiyen toprak basınçları incelenmiştir. Ardından gelen yükleri taşıyacak destek elemanları üzerinde durulmuş ve düşey ve yatay destek elemanları anlatılmıştır. Bunlar içerisinde kuyu ve ankrajlar tezin devamında yer alan derin temel kazısının örneğinin destek elemanları olduğu için daha detaylı incelenmiştir.

Vaka analizi olarak Hiton Garden Inn Sütlüce Oteli'nin derin temel kazısı incelenmiştir. Otelin yapılacağı sahada yüzeyde kalınlığı 2.20m ile 7.00m arasında değişen dolgu, dolgu tabakasının altında ise tamamen ayrışmış, çok parçalı kumtaşı tabakası yer almaktadır. Kazı derinliği. 8m ila 35m arasında değişmektedir. İksa sisteminin düşey yapısal elemanlarının öncelikle tüm sahada D=80cm çapında fore kazıklardan oluşması amaçlanmıştır; ancak sahanın mevcut durumu ile iksa sistemi üst kotları dikkate alındığında bahse konu cephelerde kazık imalatının yapılabilmesi için büyük oranda platform dolgusu yapılması zorunluluğundan kuyu perde ve öngermeli ankrajlı bir sistem ile, kuyu perde imalatları sırasında açığa çıkan kazı malzemesi kullanılarak bir platform teşkil edilerek fore kazıklı ankrajlı bir sistem yapılmıştır.

Kazı esnasında oluşan deplasmanlar, kazı çukuru civarında mühendislik mimarlık hizmeti almamış yapılara etki etmiş ve bu nedenle proje revizelerine gidilerek çeşitli önlemler alınmıştır. Bütün bu incelemeler sonuç kısmında değerlendirilmiş ve tez çalışması noktalanmıştır.

DEEP EXCAVATIONS AND A CASE STUDY OF DEEP EXCAVATIONS : DEEP EXCAVATIONS OF HILTON GARDEN INN SUTLUCE

SUMMARY

Technological development and necessity of living in constantly growing metropolitan areas forced people to work deeper. One of the most important problems in geotechnical engineering is encountered during deep excavations. This thesis emphasizes on the deep excavations and is illustrated with a case study.

Detailed geotechnical investigation is to be carried out prior to prepare project of deep excavation support system. Idealized soil profile should be determined in light of research and engineering parameters of the idealized soil profile are used in the calculations. This thesis focuses on earth pressures and earth pressures acting on deep excavations were investigated. Then the load support elements, and the vertical and horizontal support elements are explained. Anchors and diaphragm wall are examined in more detail as they are the support system of deep excavation in the case study.

On the surface of the hotel's field, thickness ranging from 2.20 to 7.00 fill, under the fill layer completely decomposed, fragmented a layer of sandstone is exist. The depth of the excavation varies between 8m to 35m.

Retaining vertical structural elements of the system firstly was aimed D = 80cm diameter bored piles, but with the current state of site and upper levels of retaining system, high volume of fill required to prepare a working platform for the piles. It was build systems with prestressed anchor diaphragm wall and prestressed anchor and bored pile which was built platform using the material of excavation of the diaphragm wall.

During the excavation of the displacements, some buildings have been effected which does not have planning permission, therefore various measures have been taken with the revision of the project. All these investigations were evaluated at the conclusion and thesis is finalized.

1. GİRİŞ

Günümüzde sanayi ve ticaretin belli bölgelerde yoğunlaşmasıyla bu bölgelerde nüfusun hızla artması kaçınılmaz olmuş ve özellikle büyük şehirlerde yeni inşaatların yapılabileceği arazilerin yetersiz kalmasına ve ekonomik değerlerinin artmasına sebep olmuştur. Nüfusun giderek artması buna karşın kullanım alanının sabit kalması sonucu mevcut arazilerin daha verimli kullanılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda yapı yükseklikleri artmış, yeraltında birden fazla bodrum kata sahip binalar, metro istasyonları, yer altı depoları, otoyollar, inşa edilmeye başlanmıştır. Derin temel kazılarını ve yer altı yapılarını herhangi bir destekleme sistemi olmaksızın yapabilmek mümkün olamayacağı için derin kazı destekleme sistemleri (iksayı) kaçınılmaz hale gelmiştir.

İksa sistemini hangi zemin cinsinde yaptığımız çok önemlidir. Bunun yanı sıra tasarımı yapacak mühendis için tasarımın güvenliği kadar maliyeti de büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle çalışılan zemine ve projeye en uygun iksa sistemini seçmek gerekmektedir.

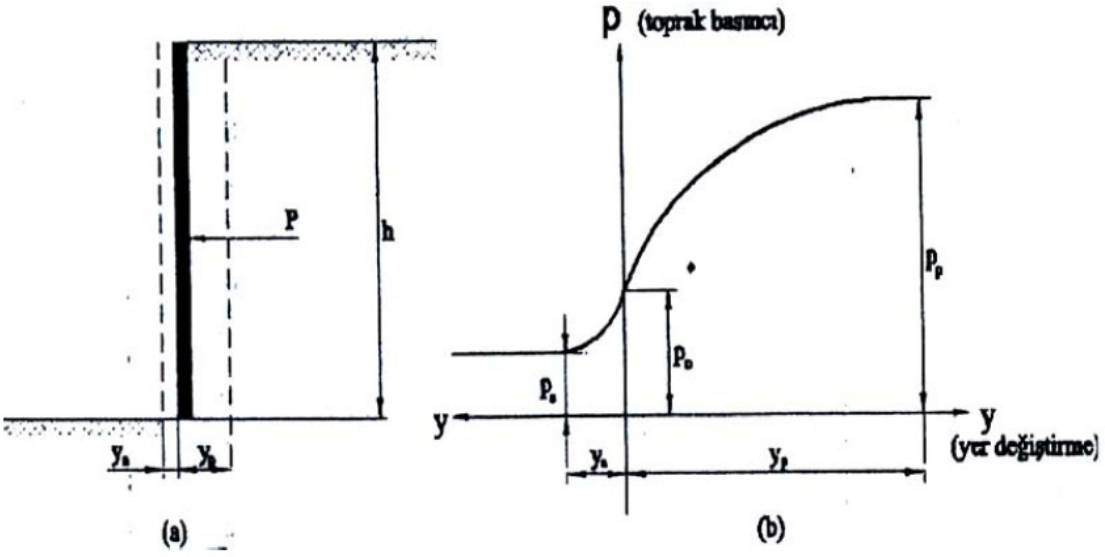
İksa yapılarının projelendirilmesinde öncelikle iksa sistemine etkiyen yüklerin karşılanması ve stabilitenin sağlanması için uygun destek sistemlerinin belirlenmesi ve boyutlandırılması gerekmektedir. Seçilen bu destek elemanları kazı sahasının çevresinde bulunan bina, yol ve mevcut tesislerde oluşabilecek hasar riskini ve zemin deplasmanlarını kabul edilebilir sınırlar içinde tutmalıdır. Bu sistemin sağlanabilmesi için detaylı bir geoteknik araştırma ve zemin etütü yapılarak zemin özelliklerinin çok iyi belirlenmesi gerekmektedir.

2. DERİN KAZILARA ETKİYEN YANAL TOPRAK BASINÇLARI

Geoteknik mühendisliğinde yanal zemin hareketi sıkça karşılaşılan bir problemdir. Dayanma yapılarının tasarımı için bu yapılara etkiyecek olan yanal zemin basıncını bilmemiz gerekmektedir. Destekleme sisteminin arkasındaki toprak kütlesinin yanal hareketini sınırlarken, herhangi bir derinlikte sisteme etkiyen basınca "yanal toprak basıncı" denir.

İstinat yapılarına etkiyen toprak basınçlarının hesaplanmasında, plastisite teorisinden hareket eden Rankine Teorisi, Coulomb tarafından kurulan ve sonraları geliştirilen Kama Teorisi kullanılmaktadır. Ayrıca ilave yüklerden doğan yanal basınçların hesaplanmasında, elastisite teorisinden istifade ile elde olunan formüller de mevcuttur. Rankine ve Kama teorileri zemin kütlesi içinde kırılma yüzeyleri oluşuncaya kadar, zeminin yatay yönde genişlemesi veya sıkışması esasına dayanır. Arkasında zemin tutan bir perde (istinat yapısı arka yüzü) topraktan ileriye yeter miktarda hareket ederse aktif toprak basıncı, perde toprağa doğru yeter miktarda hareket ederse, pasif toprak basıncı doğar. Perdenin hareket etmemesi halinde doğacak basınca, sükunetteki toprak basıncı adı verilir.

Aktif toprak basıncı, minimum bir değer olup, destekleme sisteminin duvarının arkasında yer alan dolgu zemininden kazı içine doğru hareketi ile doğan kırılma anında meydana gelir. Pasif toprak basıncı maksimum bir değer olup, zeminin kabarması sureti ile kırılmanın meydana gelmesinden önce duvarın maruz kaldığı basınçtır. Sükunutteki toprak basıncı, duvar hareketsiz olarak durduğunda meydana geleceğinden aktif toprak basıncından daha büyüktür. Destekleme sisteminin duvarın hareketine göre oluşan yanal toprak basıncı değişimleri Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



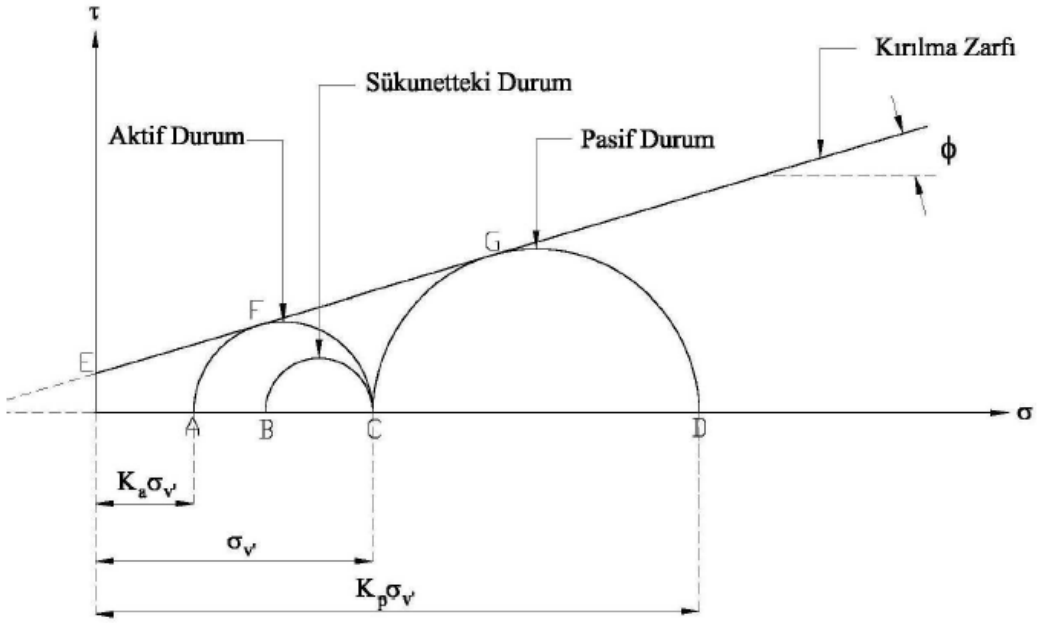
Şekil 2.1 : Duvar yerdeğiştirmesi–Toprak basıncı ilişkisi.

Toprak basınçları zemindeki gerilmelerden ve yer değisimlerden meydana gelmektedir. Yanal toprak basıncı hesabında kullanılan plastik sınır metodu Şekil 2.2'de verilen Mohr Dairesi ile ifade edilebilir. Kayma düzleminde, zemin kütlesinin her bölgesinde plastik sınır koşulunu sağlanamaması ve kırılma çizgisinin kesin olarak elde edilebilmesi zor olduğundan, toprak basınçların değeri kesin tespit edilemeyebilir. Çizgisel ve bölgesel kırılmaların oluşması için rölatif yer değiştirmelerin az olması durumunda, plastik sınır durumu oluşmaz. Şekil 2.2'de görünen kırılma sınırına gelene kadar toprak basıncı, sistemin elastik ve plastik yer değiştirmeleri incelenerek bulanabilir. Yine de kayma sınırının analizi, zemin parametreleri elde etmede uygun ve ideal yaklaşım sağlamaktadır.

C noktasını kesen ve kayma düzlemine teğet bir daire görülmektedir. Bu iki dairede plastik denge halindedir. AC dairesi aşırı konsolidasyon oranına göre sükunet K_o durumundadır. Plastik denge durumuna göre AC aktif toprak basıncını göstermektedir.

Normal gerilme ve kayma gerilme ilişkisinin doğrusal değiştiği varsayılarak aşağıdaki bağıntı yazılabilmektedir. Burada c terimi görünür kohezyon, ϕ terimi zeminin kayma mukavemeti açısı, σ terimi normal gerilme ve τ ifadesi ise kayma gerilmesi olarak tanımlanmaktadır.

$$\sigma = c + \tan \phi \qquad \textbf{(2.1)}$$



Şekil 2.2 : Aktif ve pasif denge durumları.

Dayanma perdesinin hiç hareket etmediği varsayımında toprak basıncı P_o ile gösterilir ve sükunetteki toprak basıncı adını alır. Bu durumda bir düşey duvara z derinliğinde etkiyen po değeri

$$P_o=\gamma . h. K_o \qquad \textbf{(2.2)}$$

olarak ifade edilir. İdeal ortamlarda, K_o sükunetteki toprak basıncı katsayısı

$$K_o=\nu/(1-\nu) \qquad \textbf{(2.3)}$$

ile ifade edilir. Burada ν, Poisson oranı'dır.

Granüler zeminlerde,

$$Ko=1-\sin\phi \qquad \textbf{(2.4)}$$

bağıntısından hesaplanabilir. Burada, ϕ kayma mukavemeti açısı olmak üzere K_o değerinin aşırı konsolide killerde aşırı konsolidasyon oranına (AKO) ve gerilme tarihçesine bağlı olarak

$$Ko = (1-\sin\phi)\ \sqrt{AKO} \qquad \textbf{(2.5)}$$

şeklinde verilmektedir. Aşırı konsolide killerde K_o değerinin 1 üzerine çıkabildiği ölçülmüştür .

Çizelge 2.1' de zemin cinslerine göre kabul edilebilecek K_o değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Zemin cinslerine göre K_o değerleri.

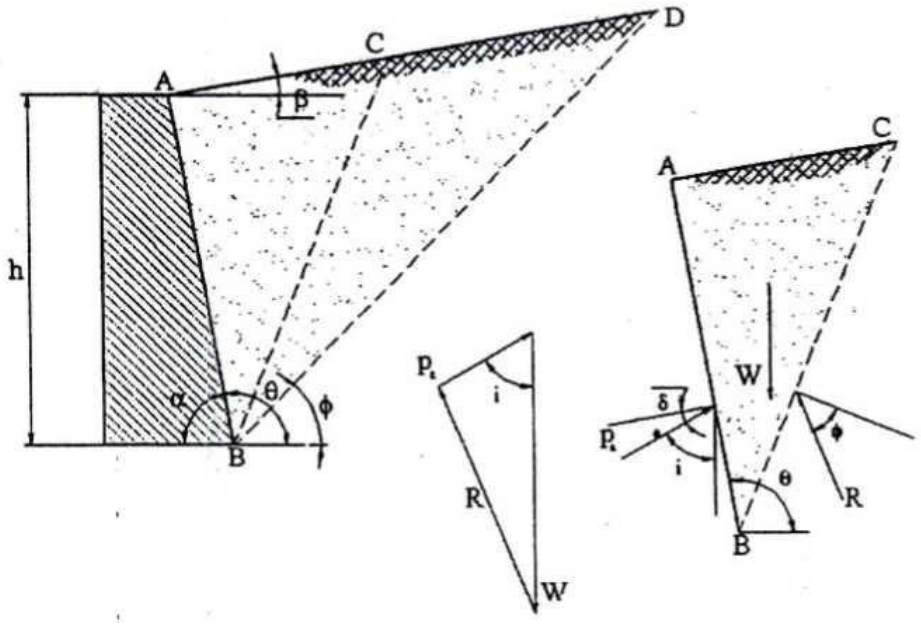
Zemin Cinsi	K_o
Gevşek Kum	0.4
Sıkı Kum	0.6
Yumuşak Kil	0.6
Sert Kil	0.5

2.1 Coulomb Kama Teorisi

Coulomb (1776), duvar öne doğru veya arkaya doğru hareket ederken, duvar arkasında oluşan ve kayan zemin kitlesinin dengesini dikkate almıştır. Kohezyonsuz zeminlerde, duvar arkasından kayan kitle üçgen biçimlidir. Coulomb aşağıdaki kabulleri yapmıştır;

- Zemin izotrop ve homojendir.
- Kayma yüzeyi bir düzlemdir.
- Duvar ile zemin arasında sürtünme vardır.
- Sürtünme kuvvetleri kayma yüzeyi boyunca üniform olarak dağılmıştır.
- Kayma kaması rijit bir kütledir.

Coulomb Kama Teorisinin en önemli kabulü, duvar arkası pürüzlü olup, zeminle duvar arkasında sürtünme vardır. Coulomb tarafından arkasında yatay olmayan zemin taşıyan eğik bir sürtünmeli perdeye gelen yanal basınçları kohezyonsuz zeminlerde c=0 ve ($\neq 90°$, $\neq 0°$, $\neq 0°$) koşulları için verilmiştir. Şekil 2.3'te BC düzlemi duvarın küçük bir yer değiştirme yapması durumunda oluşacak kayma yüzeyini, yatayla açısını kapayan BD düzlemi duvar olmaması durumunda sonuç kayma yüzeyini göstermektedir. Zemin danesel, kuru kum olarak düşünülmüştür. Bu durumda ABC kamasının W ağırlığı duvara gelen P_a itkisi ve BC düzemi üzerindeki R tepkisi ile dengededir. R reaksiyonu BC düzlemi normali ile açısını, P_a da duvar sırtının normali ile açısını kapar. Zemin ile duvar sırtı arasındaki sürtünme açısı, kayma dayanımı açısından büyük olamaz. BC kayma düzleminin yeri analitik olarak belirlenebilir.



Şekil 2.3 : Kohezyonsuz zeminlerde aktif basınç için Coulomb kaması.

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha+\phi)}{\sin^2\alpha\sin(\alpha-\delta)\left[1-\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\beta)}{\sin(\alpha-\delta)\sin(\phi+\beta)}}\right]^2} \quad \textbf{(2.6)}$$

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H K_a \quad \textbf{(2.7)}$$

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha-\phi)}{\sin^2\alpha\sin(\alpha-\delta)\left[1-\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\beta)}{\sin(\alpha-\delta)\sin(\phi+\beta)}}\right]^2} \quad \textbf{(2.8)}$$

$$P_p = \frac{1}{2}\gamma H K_p \quad \textbf{(2.9)}$$

2.2 Rankine Teorisi

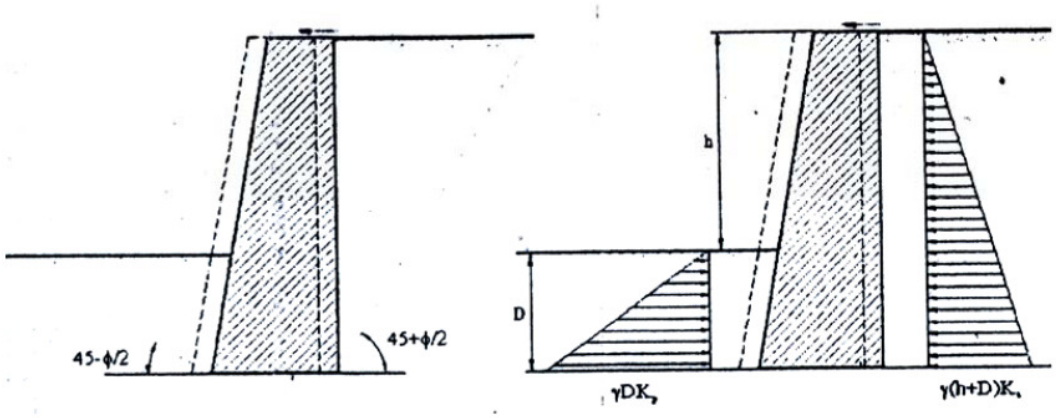
Rankine, problemi incelerken z derinliğindeki bir zemin elemanının dengesini göz önüne almıştır. Duvar dışa doğru ötelenir veya alt nokta etrafında öne doğru dönerse, zemin elementinde düşey gerilmeler değişmezken yanal gerilmeler giderek azalır. İncelenen noktadaki düşey gerilmeye göre giderek azalan yanal gerilmeler en az değere düştüğünde zeminde göçme oluşur. Ulaşılan bu değere aktif zemin itkisi adı

verilmektedir (σ_a). Duvar arkasında göçmeye ulaşıldığında düşey gerilme büyük asal gerilme, aktif gerilme ise küçük asal gerilme değerindedir. Asal gerilmeler arasındaki oran Mohr Dairesi yardımıyla belirlenir.

$$K_a = tg^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \qquad \textbf{(2.10)}$$

$$K_p = tg^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \qquad \textbf{(2.11)}$$

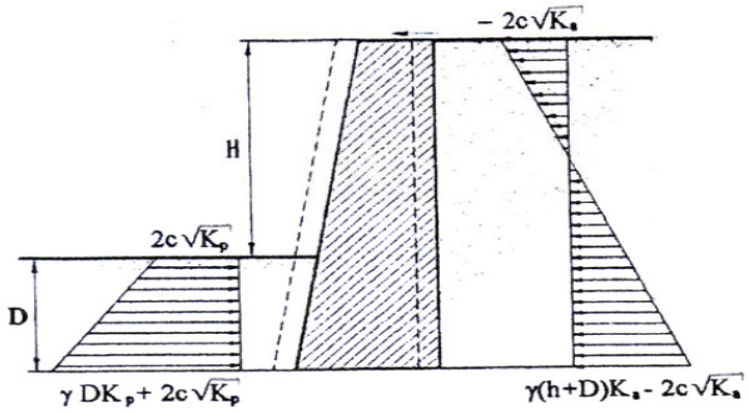
Arkasında zemin tutan bir perde düşey (α=90), arkasındaki zemin yatay (β=0º) ve duvar/zemin arasındaki sürtünme açısı sıfır (δ=0º) ise herhangi bir z derinliğindeki noktaya etkiyen aktif toprak basıncı kohezyonsuz zeminlerde (2.12) bağıntısından (Şekil 2.4), kohezyonlu zeminlerde (2.13) bağıntısından elde edilir (Şekil 2.5).



Şekil 2.4 : Kohezyonsuz zeminlerde aktif ve pasif rankine durumunda oluşan yanal toprak basınçları.

$$P_a = \gamma . z . K_a \qquad \textbf{(2.12)}$$

$$P_a = \gamma . z . Kp - 2.c . \sqrt{Ka} \qquad \textbf{(2.13)}$$



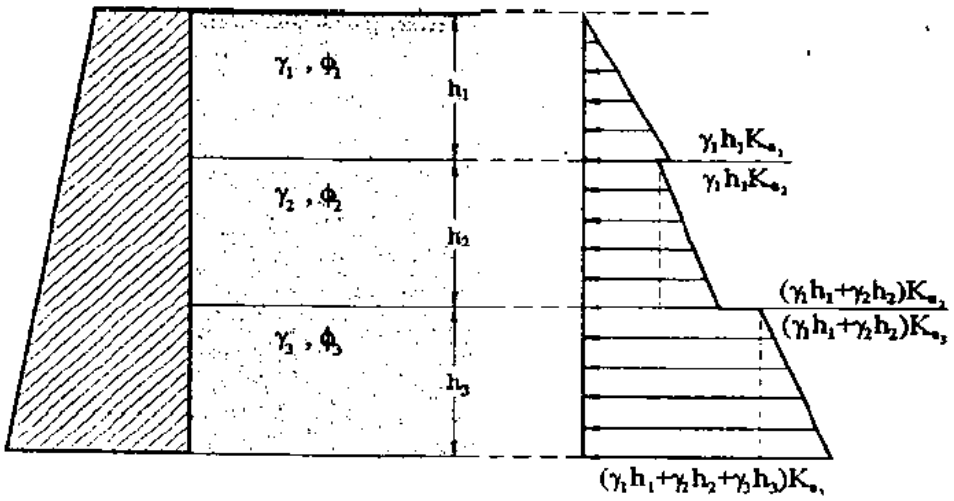
Şekil 2.5 : Kohezyonlu zeminlerde Rankine teorisine göre aktif ve pasif toprak basınçları.

Aktif itkinin doğabilmesi için duvarın gevşek kumda 0.002H, sıkı kumda 0.0005H, yumuşak kilde 0.02H ve katı kilde 0.01H kadar dışa doğru hareket etmesi gerekmektedir. Pasif toprak basıncının değeri ise kohezyonsuz zeminler için (2.14) ve kohezyonlu zeminler için (2.15) bağıntısından hesaplanır (Şekil 2.4).

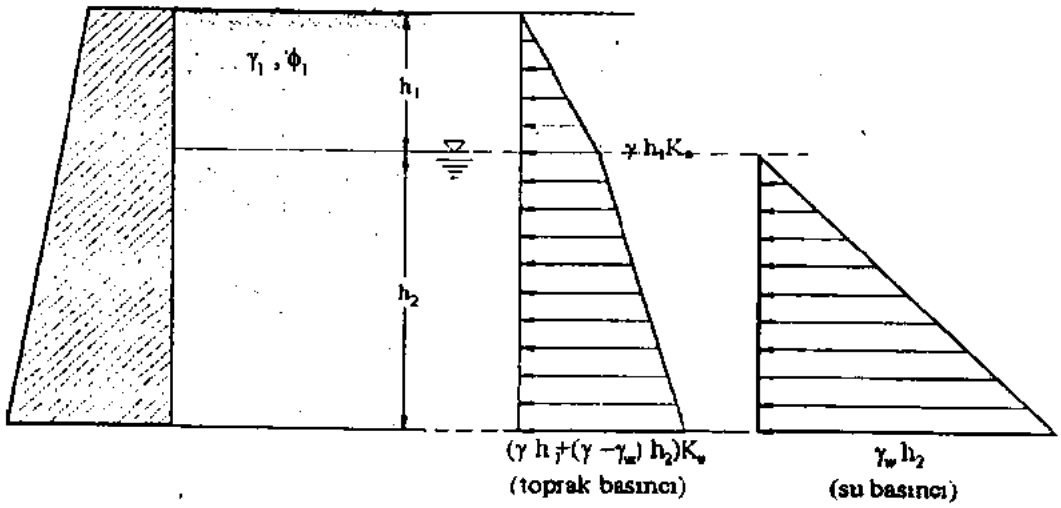
$$P_p=\gamma.\ z.\ K_p \qquad \textbf{(2.14)}$$

$$P_p=\gamma.\ z.\ Kp + 2.c.\ \sqrt{Kp} \qquad \textbf{(2.15)}$$

Zeminin tabakalı olması durumunda toprak basınçları, her bir tabakaya ait zemin özellikleri γ, ϕ, c ve z koordinatları dikkate alınarak hesaplanır. Su olması durumunda ise su altındaki birim hacim ağırlıklar kullanılmalı ve toplam yanal basınçlar hesaplanırken su basıncı da dikkate alınmalıdır (Şekil 2.6 ve Şekil 2.7).



Şekil 2.6 : Tabakalı zemin olması durumunda yanal toprak basınçları.



Şekil 2.7 : Yeraltı suyu olması durumunda yanal toprak basınçları.

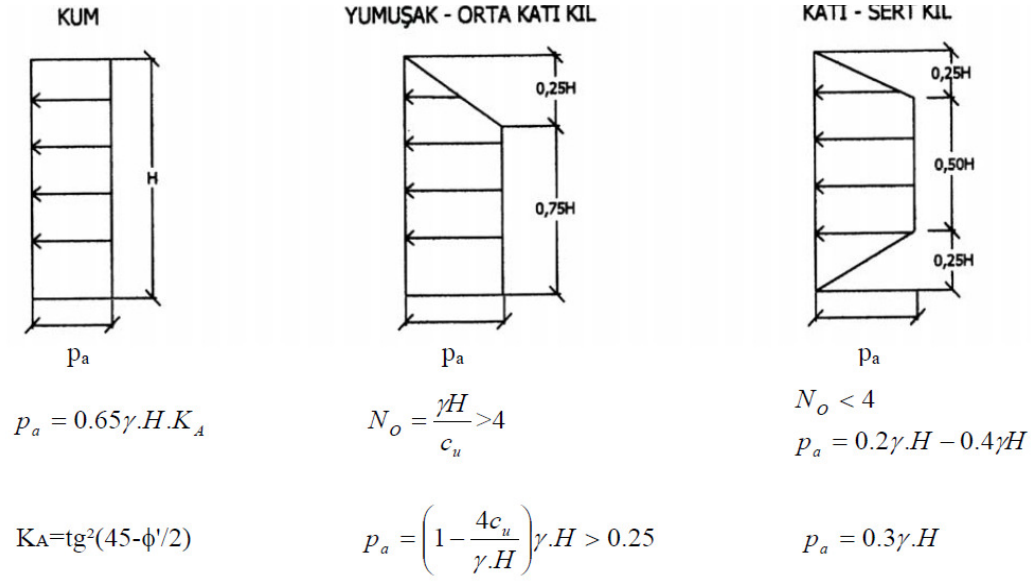
2.3 Rankine Teorisi ile Coulomb Teorisinin Karşılaştırılması

Rankine Teorisi, duvar arkası ile zemin arasındaki sürtünme açısını sıfır (sürtünmesiz duvar arkası) kabul ederken; Coulomb Teorisi, sürtünme açısını (δ) dikkate almaktadır. Rankine Teorisi; tabakalı zemin, kohezyonlu zemin, yer altı suyu. vb. durumlarına daha kolay uygulanmaktadır. Rankine Teorisi, yanal zemin basınç dağılışını verirken, Coulomb Teorisi bileşke kuvveti vermektedir.

2.4 Derin Kazı İksa Sistemlerine Etkiyen Toprak Basınçları

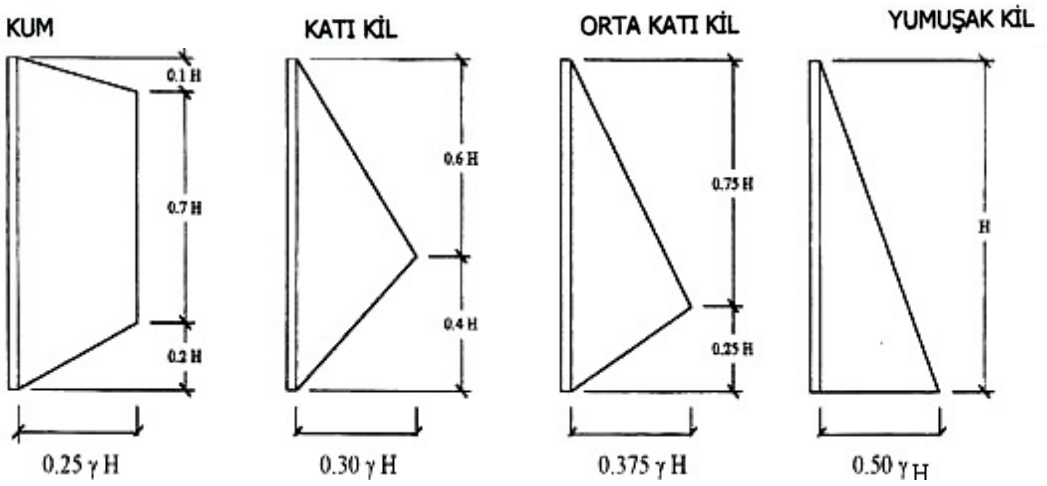
Duvar arkasında oluşacak toplam yatay basınç dağılımın belirlenmesinde, sürsarj yükleri, yeraltı suyunun durumu, sırt dolgusunun imalatı sırasında sıkıştırma sonucu oluşan basıncın saptanması gerekmektedir. İksa sistemleri kalıcı sistem olarak tasarladığında, iksa sisteminin deprem yüklerini de karşılaması gerekmektedir.

Şekil 2.8'de Terzaghi ve Peck (1967) tarafından önerilen basitleştirilmiş toprak basıncı dağılımları gösterilmişitir.



Şekil 2.8 : Terzaghi – Peck tarafından önerilen toprak basıncı dağılımları.

Tschebotarioff (1973) tarafından önerilen toprak basıncı dağılımları ise Şekil 2.9'da verilmektedir.



Şekil 2.9 : Tschebotarioff tarafından önerilen toprak basıncı dağılımı.

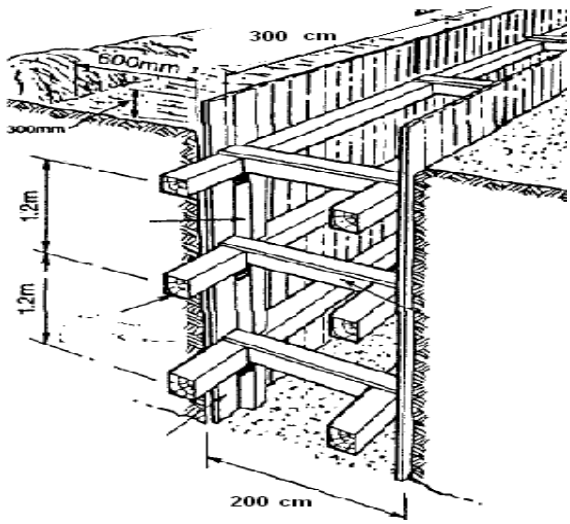
3. DERİN KAZI DESTEKLEME SİSTEMLERİ

3.1 Düşey Destek Elemanları

3.1.1 Betonarme keson kuyu

İnsan gücü ile kazısı gerçekleştirilen zemin içerisinde tek taraflı kalıp kurularak imalatı tamamamlanan betonarme perde olarak kullanılan düşey elemana kuyu perde denir. Derin kazılarda destekleme elemanı olarak kullanılan kuyular, işçilerin elle zemini kazarak (komprosör destekli tabancalar yardımı ile, kazma kürek kullanılarak) basit bir vinç yardımı ile hafriyatı yüzeye çıkarmaları ve bu şekilde projede öngörülen derinliğe kadar inilmesi, akabinde projesine uygun donatının montajı ve betonlanması şeklinde uygulanır.

Yeraltı suyunun aşırı olmadığı, "çok sert" ve "sert" zemin koşulları olmaması şartları ile 20-30m derinliğe kadar yatay anolar halinde imalat gerçekleştirilir. Çok farklı geometrilerde betonarme imalatlara imkan veren bu yöntem özellikle dar alan ve yer kayıplarının minimumda tutulması gerekliliği olan durumlarda tercih edilen bir derin kazı destek sistemidir. Derin kazı sonunda kuyu perde yüzeyi küçük detay düzetmeleriyle bina izolasyonuna elverişli bir betonarme yüzey sunabilmektedir. Şekil 3.1'de betonarme kuyunun kesidi gösterilmektedir.



Şekil 3.1 : Betonarme keson kuyu.

Kuyu kazıları yapılacak istinat duvarının amacı ve yerine getireceği görevler konsol boyu, zemin cinsi ve arkasında bulunan zemin üzerindeki dinamik yükler, sabit yüklere bağlı olarak yapılan hesaplamalar sonucunda genel olarak 3m x 2.50m, 3m x 2.00m, 3m x 1.75m, 3m x 1.50m plan ebatlarında boyutlandırılarak kazılır. Kazı emniyetinin max. olarak istenildiği, kazı arkasında bulunan yapılarda çatlamalar, oturmalar, betonarme perdede deplasman istenmediği durumlarda 2m x 2m, 2m x 1.50m ebatlarında da yapılabilmektedir.

Kazıya başlanılmadan önce projesinde görülen ölçülerde (plan boyutları) sahaya aplike edilir. Haritacı marifeti ile aplikasyonu tamamlanmış olan kuyunun, zemin üst kotu seviyesinde ahşap destek elemanları kullanılarak kasası oluşturulur. Bu aşamada zemin kazısına başlanacak olup, kazı şakülünde olacak şekilde derinleştirilmelidir. Derinleşme sağlanırken, zeminin yapısına (dolgu, zayıf birimler, kaya, vb.) bağlı olarak 20mm kalınlığında tahtalar kullanılarak zeminin dökülmeleri önlenmeli ve bu tahtaların sıklığı yine zemin yapısına bağlı olarak belirlenmelidir.

Yumuşak toprak kazısı el ile yapılır, sert kaya kazısı ise havalı kırıcılar ile yapılır. Kazı, kuyu ağızında kurulu olan vinç (gırgır vinç) yardımı ile yüzeye çıkartılır ve kuyu çevresinden uzaklaştırılır. Kuyu kazısı, projede öngörülen derinliğe gelindiğinde tamamlanmış olacaktır. Kazı sırasında karşılaşılabilecek yeraltı suyu pompalar vasıtası ile kuyudan uzaklaştırılmalıdır. Dökülmeye meyilli, kum, çakıl, çamur malzeme ile karşılaşılması durumunda, ahşap destek elemanları ve taşıyıcı ahşap destekler sıklaştırılmalı, gerekli görüldüğü takdirde çok zayıf zemin tabakalarında çimento enjeksiyonu yapılarak zemin iyileştirilmesi sağlanmalıdır. Şekil 3.2'de kuyu kazısı gösterilmektedir.

Kazı işlerinde yağış sırasında çalışılmamalıdır. Yağış durmasından ve güvenlik tedbirleri alındıktan sonra çalışılmalı, su içinde çalışmak gerekiyorsa çizme kullanılmalı, kazıdan çıkan toprak, kazı kenarından en az üç metre ileri atılmalıdır. Kova kancasına takılacak çelik halat en az üç adet U klemensi ile bağlanmalı, kancanın kovadan kurtulmaması için, mandal, kilitli mandal veya bağlama gibi uygun bir tertibat kullanılmalıdır. Vincin kolonu, sağa sola yalpa yapmayacak şekilde tespit edilmelidir. Kovanın içine konacak her türlü malzemenin yüksekliği kova üst düzeyini aşmamalı; kalas, uzun tahta, demir ve benzeri malzeme veya eşya gırgır vince uygun ve emniyetli şekilde bağlandıktan sonra taşınmalıdır. Hareket sırasında kovanın alabora olmaması için kova sapı kenarındaki kilitli mandal mutlaka

kullanılmalıdır. Gırgır vincin hareket kolu ve el ile tutulan diğer kısımlardaki elektrik akımını zararsız hale getiren yalıtkan haldeki malzeme sökülmemeli ve bu malzeme üzerine tel sarılmamalıdır. Gırgır vinci yer değiştirmelerde ve devamlı kullanırken en az haftada bir kez kontrol edilmelidir.



Şekil 3.2 : Keson kuyu kazısı.

Kuyu çerçevesinin belli bir mesafeden yakınına ağır iş makinesi yanaşmaması için engel ve uyarıcı levha konulamalı, uyarıcı nitelikteki tüm levhaların gözle görülür olması gerekmektedir. Kuyu içerisinde çalışan olduğunu gösterir bir uyarıcı bayrak ve /veya levha konulmalıdır.

Kazısı tamamlanmış, zemin çeperlerinde reglajı yapılmış zemin yüzeylerine, projede öngörülmüş olan donatının montajı yapılmalıdır. Demirlerin kalıp yüzüne olan mesafesi; bloklar, askılar ve benzeri pas payı elemanları ile korunmalıdır. Demirin kalıba temasını önlemek ve demir sıralarını birbirinden ayırmak amacıyla çakıl tanesi, kırmataş, tuğla parçası, madeni boru parçası ve ahşap blok gibi malzemeler kullanılmamalıdır. Demirler projelerde gösterildiği şekilde düzenli aralıklarla yerleştirilmelidir

Komşu iki demir arasındaki serbest açıklık; kullanılan en büyük çaptaki demir çapından veya beton karışımına giren çakılın en büyük boyutundan küçük olmamalıdır. Demir; yerine yerleştirildikten, bağlandıktan sonra kalıp kurulmasına başlanır. Şekil 3.3'te kuyu donatı montajı gösterilmektedir.



Şekil 3.3 : Keson kuyu donatı montajı.

Uygun özellikte (kalınlık, ebat) playwood malzeme kullanılarak yeterli destekleme tamamlandıktan sonra beton dökülmelidir. Bütün kalıplar, iskeleler ve takviyeler güvenli ve taşıma gücü yeterli olmalıdır. Kalıp ve iskeleler TS 647 "Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları" standardında belirtilen esaslara uygun olarak hazırlanmalı, birleştirilmeli, kurulmalı ve fazla deformasyon ve oturma yapmayacak şekilde düzenlenmelidir.

Kalıp tahtaları (panelleri), beton sıkıştırılırken çimento şerbetinin akmasına engel olacak şekilde yapılmalı, vibratör etkilerine karşı yeteri kadar dayanımda olmalıdır. Kalıp tahtaları birleşme yerlerinde aralık kalmayacak şekilde imal edilmiş olmalı ve

muhafaza edilmelidir. Kalıplar kullanıldıkları süre içinde etkiyen bütün kuvvetleri güvenilir bir şekilde zemine aktarmalıdır.

Beton dökülmeden önce, kalıp içerisinde kalıp, yonga, serbest zemin/kaya parçaları vb yabancı maddelerden, buzdan temizlenmiş olmalıdır. Kalıp içinde geçici olarak konulmuş, gergi, destek ve kuşak varsa, dökülen beton seviyesi geçici olarak konulan gergi, destek ve kuşak vb seviyesine ulaştığında bunlar sökülerek kaldırılmalı, beton içerisinde bırakılmamalıdır. Beton kalıpları, beton dökümünden önce ısıtılmış veya yağlanmış olmalıdır. Beton dökülürken çakılın ayrılmaması ve betonarme demirlerinin oynamaması gerekir. Beton prize başladıktan sonra kalıp katiyen sarsılmamalı ve betondan uzayıp çıkan demirlere bir kuvvet aktarılmamalıdır. Şekil 3.4'te kalıp yerleşimi sonrası bir görüntü gösterilmektedir.



Şekil 3.4 : Keson kuyu kalıp yerleşimi.

Şekiln 3.5'de gösterildiği gibi beton mümkün olduğunca yerleştirileceği yere veya yakın bir bölgesine dökülmelidir. Betonu belirli bir bölgeye yığıp, kürekle yerine yerleştirmeden kaçınılmalıdır. Beton homojen tabakalar halinde yerleştirilmelidir. Yerleştirme esnasında büyük yığınların ve eğimli tabakaların oluşturulmasına engel olunmalıdır. Betonun yerleştirme ve sıkıştırma hızları uyum içinde olmalıdır. Gecikme ve duraklamalar önlenmeli, bunun sonucu oluşabilecek soğuk derzlere izin verilmemelidir.

Beton taşınmasında kullanılacak transmikserler betonu homojen halde teslim etmeye (boşaltmaya) uygun donanımlı olmalıdır. Taşıma sırasında, transmikserin betonyeri taşıma deverinde (yaklaşık 1-4 devir/dakika) çevirmelidir. Hazır betonun taşıma süresi; priz geciktirici kimyasal katkılar kullanılmamış ve çimentonun ilk priz süresi 2 saati geçmiş ise, en çok 2 saat ya da toplam 300 devirdir. Bunların hangisi küçük ise o taşıma süresi olarak kabul edilecektir.

Kalıba dökülen betonu, kalıbın her tarafına yaymak, donatıları iyice sarmasını sağlamak ve hava boşluklarını dışarıya çıkararak doluluğu arttırmak için vibratörle sıkıştırmak gerekmektedir. Her türlü beton sınıfında (kendinden yerleşen beton hariç), yerleştirme aşamasında, vibratör kullanmak şarttır.



Şekil 3.5 : Keson kuyu beton dökümü.

Beton dökümü tamamlanmış olan kuyuların kalıpları yaklaşık 24 saat sonra sökülmeli, daha sonra kuyu kazı boşlukları mümkün olduğu kadar kendinden yerleşebilir ve kuyunun elastik deformasyonunu engelleyecek özellikte olan malzemeyle doldurulmalıdır.

Kuyu kazıları 3 kuyu atlanarak yapılmalıdır. Bu kuyuların betonlaması ve geri dolgusu tamamlandıktan sonra orta kuyunun imalatına başlanılmalıdır. Orta kuyu imalatı ve geri dolgusu tamamlandıktan sonra da geri kalan iki adet kuyunun imalatı

yapılmalıdır. Kazı sırasında şakül kontrolü yapılarak kuyu derinleştirilmelidir. Şekil 3.6'da imalatı tamamlanmış kuyu perde duvarlar gösterilmektedir.



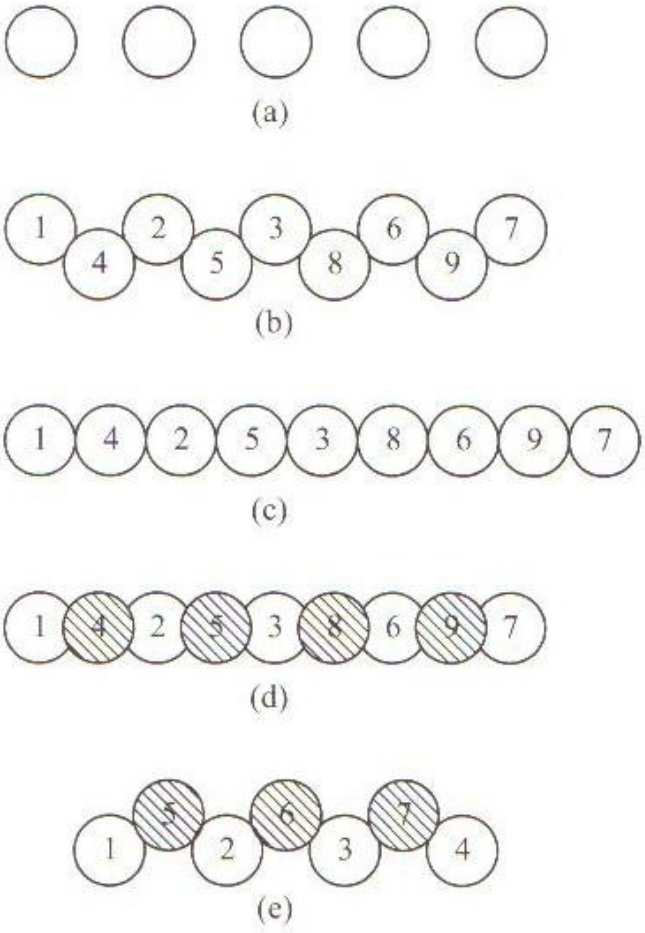
Şekil 3.6 : Derin kuyu imalat sonrası görünümü.

3.1.2 Fore kazık

Etkileri aktarmak için zemine yerleştirilen narin yapı elemanına kazık denir. Fore kazık ise, belirli bir çapta ve derinlikte açılan kuyuların önce donatı kafesi yerleştirilip betonlanmasıyla veya donatı yerleştirilmeksizin betonlanmasıyla elde edilen iksa sistemi düşey elemanına denir.

Proje, zemin ve yer altı suyu şarlarına göre; Şekil 3.7'de gösterildiği gibi aralıklı, teğet ve kesişen formlarda imal edilebilirler. Kesişen kazıklar; yer altı su seviyesinin altında yapılan kazılarda sızdırmazlık perdesi teşkili için tercih edilir; teğet kazıklar, su probleminin olmadığı fakat kazık arasından malzeme boşalması riski olan zeminlerde; aralıklı kazıklar ise, malzeme boşalma riski ve su problemi olmayan, kendini tutabilen zeminlerde uygulanabilir.

.



Şekil 3.7 : Fore kazık şekilleri.

İksa sistemlerinde kullanılan fore kazıklar, eğilme momenti ve kesme kuvveti tesirlerine göre boyutlandırılırlar. Hesaplamalarda bulunan boyuna donatı oranı, minumum boyuna donatı oranının üzerinde olmalıdır. İksa kazıklarında minumum boyuna donatı oranı için %1 değeri önerilmektedir (Celep ve Kumbasar, 2005). Hesaplana eğilme momentlerini; geçici sistemler için 1.3, kalıcı sistemler için ise, 1.5 güvenlik çarpanı ile büyüterek boyutlandırma yapılması tavsiye edilmektedir.

Betonarme geniş çaplı kazıkların foraj işlemi, Şekil 3.8'de gösterildiği gibi yüksek tork kapasitesine sahip kendi boru sürebilen, hidrolik delgi makineleri ile yapılır. Foraj sırasında karşılaşılaşılacak ve delgi güçlüğü yaşanacak sert tabakaların geçilmesinde uygun makine ve ekipman kullanılmalıdır.



Şekil 3.8 : Fore kazık makinaları.

Kazık kuyusunun açılmasında zemin özelliklerine ve zeminin kendini tutabilme yeteneğine göre geçici koruma boruları kullanılabilir. Özellikle yeraltı suyunda akıntı bulunuyorsa veya artezyen yapıyorsa, betondaki çimento şerbetinin sürüklenmesi ve agregadan ayrılma tehlikesi olduğunda, kazığın taşıyıcı olmayan zemin katmanları arasında bulunan kısmında, betonun zemin içine doğru yayılarak kazık gövdesinde şişkinlik meydana gelmesi durumunda, kazıkların yumuşak ve çökme tehlikesi olan zemin katmanlarının içinde bulunduğu durumlarda mutlak suretle kullanılmalıdır.

Kazık kuyusuna indirilecek veya ucu açık olarak zemine çakılacak çelik muhafaza borularının malzeme mukavemet sınıfı veya et kalınlığı, dış ve iç çapları gerek

çakma ve gerekse çekme işlemleri sırasında gereken performansı gösterecek evsafta olmalıdır. (Eğilme, ezilme ya da akma gibi sorunlara mahal vermeyecek kalite ve mukavemet sınıfında olmalıdır). Kazık uzunluğu nedeniyle çelik muhafaza borularında ek yapılması gerekiyorsa ek yerlerinde su sızdırmaya karşı uygun önlemler alınmalıdır. Ayrıca ek yerleri çakım ve çekim sırasında zarar görerek kazığın şakülünden sapmasına izin vermeyecek kalite ve evsafta olmalıdır. Delme işlemi, yer altı su seviyesinin üstünde bile olsa, çelik boruların zemine inişi, boru içi malzemenin dışarı çıkarılmasından önde gitmeli ve boru alt ucu her zaman delme kotu altında bulunmalıdır.

Delgi işlemi tamamlandıktan sonra foraj dibi temizlenmeli ve boyu kontrol edilten sonra, donatı kafesi bir an önce foraj kuyusuna indirilmelidir. Donatı kafesi hazırlanmasında ve kuyuya indirilirken şu hususlara dikkat edilmelidir; demirler kazık lokasyonlarına yakın bölgede gerekli şablonlar kullanılarak, kaldırma esnasında dağılmaması için iç halkaları ile kafes haline getirilmelidir, donatı kafesinin kirlenmemesi için donatı montaj sahası ve foraj sahası temiz tutulmalıdır, 12 m'yi geçen kafeslerin eklenmesi için bağ teli kullanılmalı, donatı kafesinin çok ağır ve uzun olması halinde bağlantı kaynakla veya gerekirse klemens gibi bağlantı elemanıyla yapılmalıdır, hazırlanan donatı kafesi beton pas payı takozları ile teçhiz edilip, servis vinci kullanılarak, kafesin dağılmaması için doğru yerinden yavaşca kaldırılıp taşınmalı ve kuyulara indirilmelidir, merkezleyici ile olası sapmalar engellenmelidir. Şekil 3.9'da fore kazık donatı kafesi hazırlanması ve kuyuya indirilmesi gösterilmektedir.

Donatı kafesinin kuyulara indirilmesini takiben tremie borusu kuyu içine indirilmelidir. Betonlama, tremie borusu yardımıyla (max. 250 mm çaplı) yapılarak betonun segregasyonu önlenmelidir. Kullanılacak tremie borusunun çeperi temiz, eğilme ve burkulmalara dayanabilecek mukavemette olmalı, ek yerleri su sızdırmaz olmalı ve kalın dişli manşonlar kullanılmalıdır.

Betonlama başlamadan önce tremie borusu 1 m kadar kuyu tabanından yukarı çekilmelidir. Tremie ile çalışmada betonun yüksek slamplı olması (katkılı betonda 16-18 cm değerine sahip) ve prize başlama süresi ise minimum 3 saat olmalıdır.



Şekil 3.9 : Fore kazık donatı kafesi hazırlanması ve kuyuya indirilmesi.

Betonlama, beton pompası veya doğrudan boşaltma ile sürekli bir şekilde yapılmalı, döküm hızı en az 15 m^3/saat olacak şekilde deliğe doldurulmalıdır. Daha düşük hızlarda dökülen beton boruda birikinti yapacağından beton hızının sabit tutulmasına özen gösterilmelidir. Beton miktarı sürekli kayıt altında tutulmalı ve deliğin hacminden az olmamalı ve yeraltı suyunun betonla karışmasını önlemek için tremi borusu sürekli ve en az 3 m beton içinde kalmalıdır.

Kazık toplam boyunun en az üçte biri betonlanmadan çelik muhafaza borularının çekilmesine başlanmamalıdır. Beton kuyu içinde yükseldikçe, tremi borusu parça parça kısaltılmalı ve betonlama işlemi kuyu ağzından temiz beton gelene dek devam ettirilmelidir. Şekil 3.10'da fore kazık beton dökümü gösterilmektedir.



Şekil 3.10 : Fore kazık beton dökümü.

3.1.3 Mini kazık

Fore kazıklara göre çapları daha düşük (ϕ25- ϕ30cm), yapım ve çalışma prensibi fore kazıklara benzerlik gösteren düşey elemana mini kazık denir. Mini kazıklar, mıcır + enjeksiyon ile imal edilebileceği gibi, hazır beton kullanılarak da imal edilebilir.

Kazıkların delme işlemi, yüksek tork kapasitesine sahip kendi, teleskobik kuleli hidrolik delgi makineleri ile yapılır. Delmeye, gerekli proje derinliğine ulaşıncaya dek, devam edilir. Kuyunun etkin bir şekilde ilerleyebilmesi için delik dibinde biriken kesilmiş malzemenin devamlı olarak dışarı atılarak deliğin temiz tutulması esastır. Bu iş için hava, su veya köpük kullanılır. Delik delme sırasında yetersiz temizlik yapılması bit sıkışmasına, tijlern ek yerinden koparak tüm takımın delik içinde kalmasına sebep olur. Delikler hava kompresörü ile temizlenmeli ve içerisinde ilerlenen birimlerde göçme meydana gelmesi durumunda muhafaza borusu kullanılarak kuyuların göçmesi engellenmelidir.

Delgi düşeyliği ilk iki tijde ölçülmeli, kazık boyunca düşeyden sapma miktarının kazık toplam boyunun %2 sinden fazla olmasına izin verilmemelidir. Delgi işlemi esnasında gerekmedikçe su kullanılmamalıdır. Şekil 3.11'de mini kazık delgisi gösterilmektedir.



Şekil 3.11 : Mini kazık delgisi.

Mini kazık delgisine başlamadan, mini kazığa ait donatı kafesi hazırlanmış olmalıdır. Donatı kafesi projesinde belirtilen çap ve adette, uygun nitelikli nervürlü donatı çeliği ile hazırlanmalıdır. Donatı kafesinin kirlenmemesi için donatı montaj sahası ve delgi sahası temiz tutulmalıdır. 12m'yi geçen kafeslerin eklenmesi için bağ teli

kullanılmalı, donatı kafesinin çok ağır ve uzun olması halinde bağlantı gerekirse klemens gibi bağlantı elemanıyla yapılmalıdır. Hazırlanan donatı kafesi beton pas payı takozları ile teçhiz edilip, servis vinci kullanılarak, kafesin dağılmaması için doğru yerinden yavaşça kaldırılıp taşınacak ve kuyulara indirilmelidir. Şekil 3.12'de mini kazık donatı kafesi hazırlanması gösterilmektedir.



Şekil 3.12 : Mini kazık donatı kafesi hazırlanması.

Delme işlemi biter bitmez donatı kafesi kuyuya yerleştirilerek, en geç aynı gün içinde beton dökümüne geçilmelidir. Kuyu başına gelen beton yüksek slamplı olmalı (katkılı betonda 16-18 cm değerine sahip) ve prize başlama süresi minimum 3 saat olmalıdır. Betonlama, beton pompası veya doğrudan boşaltma ile sürekli bir şekilde yapılmalıdır. Döküm hızı en az 15 m^3/saat olacak şekilde deliğe doldurulmalıdır. Beton kuyu içinde yükseldikçe, vibrasyon uygulanmalı ve betonlama işlemi kuyu ağzından temiz beton gelene dek devam ettirilmelidir.

Kazıklar için betonlama şartları oluşturulamıyorsa (derin kuyu, yer altı suyu durumu ve kuyu içi yıkıntı olması vb) Şekil 3.14'te gösterildiği gibi kazık imalatı enjeksiyon uygulaması ile yapılabilir. Bu durumda imalatta çimento, kırmataş ve temiz su kullanılır.

Enjeksiyon yapımında kullanılacak makine ve ekipmanlar, basınçlı enjeksiyon pompası, mikser, dinlendirici ve enjeksiyon hortumlarından ibarettir. 20/4-6 PE hortum, projeye uygun olarak hazırlanan donatı kafesi boyunca donatı dibine ulaşacak şekilde bağlanmalıdır. PE hortuma kuyu dibi civarında 50cm ara ile 3-5 adet delik açılarak geçici olarak bant ile kapatılmalıdır. Delme işlemi biter bitmez

kısa sürede donatı kafesi kuyuya yerleştirilmeli ve kuyu, ağzına kadar Şekil 3.13'te gösterildiği gibi 1 ve 2 nolu kırmataş veya sadece 2 nolu kırmataş ile doldurulmalıdır. Enjeksiyon istasyonunda hazır olan karışım, donatıya bağlı PE hortum vasıtası ile kesintisiz olarak kuyuya verilir. Enjeksiyon alışı kuyu ağzından temiz enjeksiyon karışımı gelene kadar sürdürülmelidir.



Şekil 3.13 : Mini kazık imalatında kullanılacak kırmataş.



Şekil 3.14 : Kırmataş-enjeksiyon methodu.

Verilen enjeksiyonun ağırlıkça su/çimento oranı 0.50 olmalı, enjeksiyondan alınan 100 mm'lik küp numunelerin 28 günlük basınç dayanımı minimum 40 MPa olmalıdır. Enjeksiyon içerisindeki sülfat oranı çimentonun %4'ünü ve enjeksiyon içerisindeki klorit miktarı %0.1'i geçmemelidir. Katkı maddeleri sadece işlenebilirliliği veya duraylılığı iyileştirmek, terlemeyi veya büzülmeyi azaltmak veya priz hızını arttırmak için kullanılır. Kimyasal katkı maddeleri, enjeksiyon şerbetinin kendisine zarar verebilecek herhangi bir madde ihtiva etmemelidir. Katkı maddeleri; kütlesinin %1'inden daha fazla klorik, sülfat veya nitrat ihtiva etmemelidir.

3.1.4 Püskürtme beton

Püskürtme beton, yoğun ve homojen bir kütle oluşturmak üzere uygulanacağı yere kapalı bir hortum veya tüple iletilip, bir püskürtme ucu (nozul) aracılığıyla yüzey üzerine yüksek hızda püskürtülen çimento-su-agrega veya çimento-su-agrega-kimyasal ve mineral katkı karışımıdır. Püskürtme betonu "kuru sistem" veya "yaş sistem ile uygulanabilir.

Kuru sistem; kum, çakıl karışımı agrega ve çimentonun yada kum, çakıl karışımı agrega, çimento ve mineral katkıların (uçucu kül, silis dumanı vb.) ağırlık ölçekli bir plentte oluşturulan karışımına püskürtme işleminin yapılacağı yerde priz hızlandırıcı kimyasal toz katkının ilave edilip basınçlı hava ve hortum yardımıyla püskürtme ucuna (nozula) iletilip, bu noktada karma suyunun verildiği yada püskürtme ucuna basınçla iletilen "kuru karışıma" karma suyuna homojen olarak katılmış sıvı tip priz hızlandırıcı katkının püskürtme ucunda verilerek püskürtme işleminin yapıldığı sistemdir.

Yaş sistem; kum çakıl karışımı agrega ve suyun ya da kum, çakıl karışımı agrega, çimento, su, kimyasal ve mineral katkıların ağırlık ölçekli bir tesisde oluşturulan karışımının uygun bir donanım ve hortum yardımıyla püskürtme ucuna nakledilip bu noktada priz hızlandırıcı katkı ilave edilerek püskürtme işleminin basınçlı hava ile yapıldığı sistemdir.

Püskürtme beton bünyesine giren tüm malzemelerin her biri kum, çakıl, çimento, su, kimyasal ve mineral katkılar belirtilen tüm fiziksel ve mekanik özellikler yönünden püskürtme betonda kullanılabilecek niteliklere sahip olmalıdır.

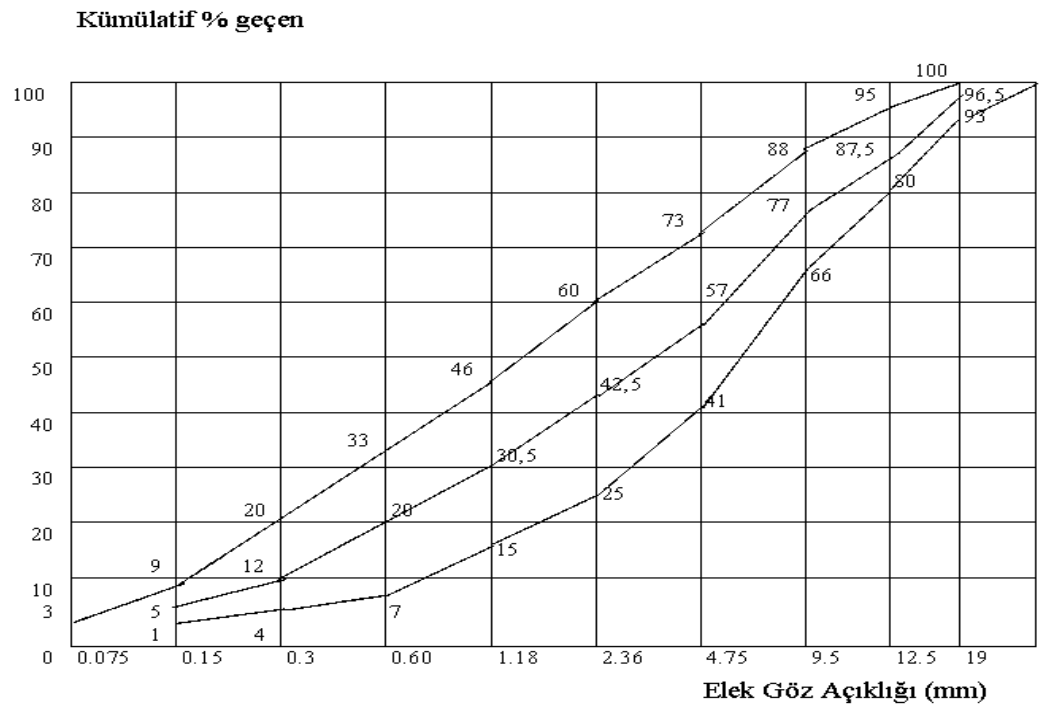
Kullanılacak çimento TS EN 197-1 standardına uygun özellikte olmalıdır. Çimento tipi ve miktarı, beton için öngörülen tüm karakteristik ve performans özelliklerini sağlamalı ve beton üretim teknolojisi şantiye uygulama koşulları ile uyumlu olacak şekilde, şantiyede yapılacak ön deneme karışımları ve uygulamaları ile belirlenmelidir.

Çimento tipi ne olursa olsun, özel uygulamalar dışında çimento miktarı; kullanılan agreganın maksimum dane boyutu durabilite ve minimum çimento dozajı nedenleriyle, kuru sistemde 350 kg/m^3'ten, yaş sistemde ise 400 kg/ m^3'ten az olmamalıdır. Bununla birlikte, dayanım ve durabilitenin sağlanması esastır. Çimento miktarı, kuru ve yaş sistemde 500 kg/m^3'ü aşmamalıdır. Püskürtme betonda aranan özelliklerin 500 kg/m^3 ile sağlanamaması halinde, çimento tipinin değiştirilmesi düşünülmelidir. Çimento ilk priz ve son priz süreleri mutlaka tayin edilmeli ve çimentonun su ile karşılaştığı andan, betonun püskürtülüp yerine yerleştirme ve yüzey bitirme işlemleri tamamlanıncaya kadar geçen süre; çimentonun ilk priz süresini kesinlikle aşmamalıdır. Çimentonun ilk priz süresi tamamlandığında hala yerine püskürtülüp yerleştirilmemiş beton varsa, bu beton kesinlikle kullandırılmamalıdır. Şekil 3.15'te püskürtme beton uygulaması gösterilmektedir.

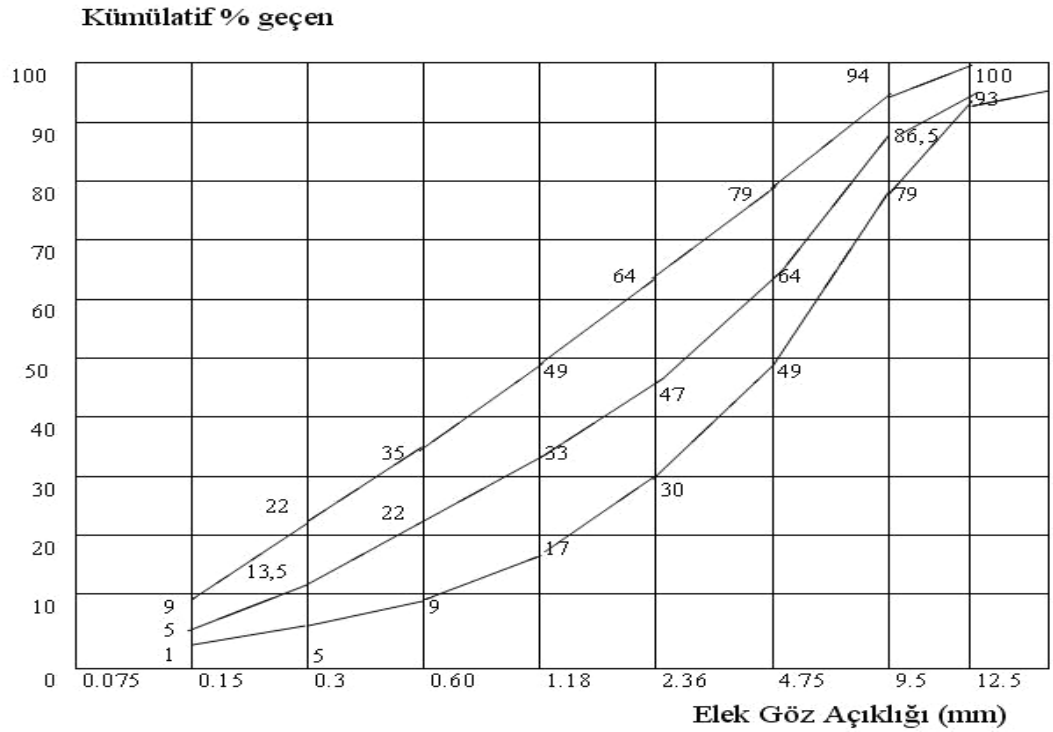
Püskürtme beton hazırlanmasında kullanılan agrega TS 706 EN 12620 "Beton Agregaları" 'nda verilen agrega özellikleri ile ilgili şartları sağlamalıdır. Agrega temiz, sağlam ve dayanıklı olmalı ve bünyesinde zararlı miktarlarda toz, çamur, kil veya organik orijinli yabancı maddeler içermemelidir. Püskürtme beton uygulamasında 16mm'den büyük dane büyüklüğüne sahip agrega kullanılmamalıdır. En büyük agrega dane büyüklüğü, dağıtım hortum çapının 1/3'den büyük olmamalıdır. Kuru karışım püskürtme beton metodunda kullanılacak kum kütlece %3 ile %6 arasında bir rutubete sahip olmalıdır. Yaş sistemde ise agrega rutubetleri, beton plentinde beton bileşenleri karıştırılmadan önce mutlaka belirlenmelidir. Püskürtme betonda kullanılacak agregaların granülometrisi Şekil 3.16'da ve Şekil 3.17'de gösterilmektedir.



Şekil 3.15 : Püskürtme beton uygulaması.



Şekil 3.16 : Kuru püskürtme beton agrega granülometrisi.



Şekil 3.17 : Yaş püskürtme beton agrega granülometrisi.

Püskürtme beton hazırlanmasında kullanılan ideal karma suyu içme suyudur. Karma suyu sıcaklığının püskürtme beton sıcaklığını etkileyeceği gözardı edilmemelidir. Püskürtme beton uygulamalarında kullanılacak su TS 1247'deki beton karma suyu özelliğinde olmalıdır.

Püskürtme betonun özelliklerini istenilen yönde değiştirmek amacıyla ve yerleştirme güçlüklerinin ortaya çıktığı durumlarda beton katkı maddeleri kullanılmalıdır. Beton katkı maddeleri TS EN 934-2'ye ve TS EN 934-4'ye ve ilgili diğer standartlara uygun olmalıdır.

Püskürtme betonda kullanılan kimyasal katkıların klorür içeriği % 0.1'den az olmalıdır. Katkıların sağlık, güvenlik ve çevre etkilerine, kullanım ve depolama özelliklerine özel bir itina gösterilmeli kullanım dozajı, uyumluluk özellikleri, taze ve sertleşmiş beton özelliklerine etkileri, daha önceki kullanımlarına ilişkin data, referanslar ve ayrıntılı güvenlik bilgileri dökümante edilerek, kullanımına buna göre karar verilmelidir.

3.1.5 Diyafram duvar

Diyafram duvar, su seviyesi yüksek, kendini tutamayan zeminlerde derin kazıların yapılabilmesi için geçirimsiz betonarme perde oluşturmaya denir. Şekil 3.18'de gösterilen, 600-1000 mm kalınlığında foraj yapabilen ve projesinde gösterilen derinliğe inebilen hidrolik kazıcı makine (trench cutter) kullanılarak yapılır. Beton dökmede ve malzeme taşınmasında paletli servis vinci ve 600-1000 mm çapında projede öngörülen derinliğe kadar indirilebilecek stop-end boruları kullanılır.



Şekil 3.18 : Diyafram duvar makinası.

Sahanın uygun olan kısmında bentonit tesisi kurularak, bu tesiste, kazıya yetecek kadar bentonit saklayacak sayıda tank ve ara bağlantıları, bentonit çamuru yapacak mikser ve kazıdan geri alınacak bentonitin elenmesi için elek bulundurulmalıdır.

Diyafram duvar imalatları anolar halinde dökülerek çepeçevre imalat bitirilir. Kazının yatay ve düşey yönde sapmasız bir şekilde yapılmasına imkan sağlanması ve kazıcı ekipmana kılavuzluk etmesi amacıyla Şekil 3.19'da gösterildiği gibi kılavuz duvar yapılır. Kazı çukurunda bentonit seviye değişimleri ve kazıcı kepçenin hareketi nedeniyle oluşması muhtemel yıkıntı ve çökmelere karşı koruyucu olarak imal edilir.

Kılavuz duvar cepheleri daima dik ve pürüzsüz olmalıdır. Diyafram duvar imalatı kılavuz duvar içinde yapılır. Kılavuz duvar aşağıda belirtilen yararları sağlamaktadır:

- Diyafram duvarın aplikasyonunun ve inşa hizasının tam düzgünlüğü,
- Referans noktalarının ve kotlarının hassas kontrolü,
- Bentonit için başlangıç rezervuarı,
- Stop-end boruları ve demir donatı için destek vazifesi,
- Göçmelere karşı çalışma platformunun kıyısında bir destek vazifesi.



Şekil 3.19 : Klavuz duvar imalatı.

Kılavuz duvarların kazısı mevcut bir back-hoe ile yapılır ve hizalaması diyafram duvar ile bire bir çakışacak, kepçenin içinden çalışabilmesi için perde kalınlığından en az 5 cm geniş yapılmalı, en az 1 m derinliğinde olacak şekilde imal edilmelidir.

Kazı yatayda 2.5-5 m'lik anolar halinde yapılabilir. Gerekli işaretlemeler yapıldıktan, bentonit çamuru kılavuz duvarların arasına doldurulduktan sonra diyafram duvar kazısı başlanır. Bentonit bulamacı kazı esnasında hendeğin düşey kalmasını, yıkıntı yapmamasını sağlayacaktır. Bentonitin çukura dolum hızı ve miktarı kazı ile bire bir uyumlu olarak devam etmelidir. Kılavuz duvar kotunun altına düşürülmemelidir. Kazı esnasında kovanın dikliğini muhafaza edip etmediği kontrol edilmeli, sert zeminlere rastlandığında tırpan kullanılmalıdır.

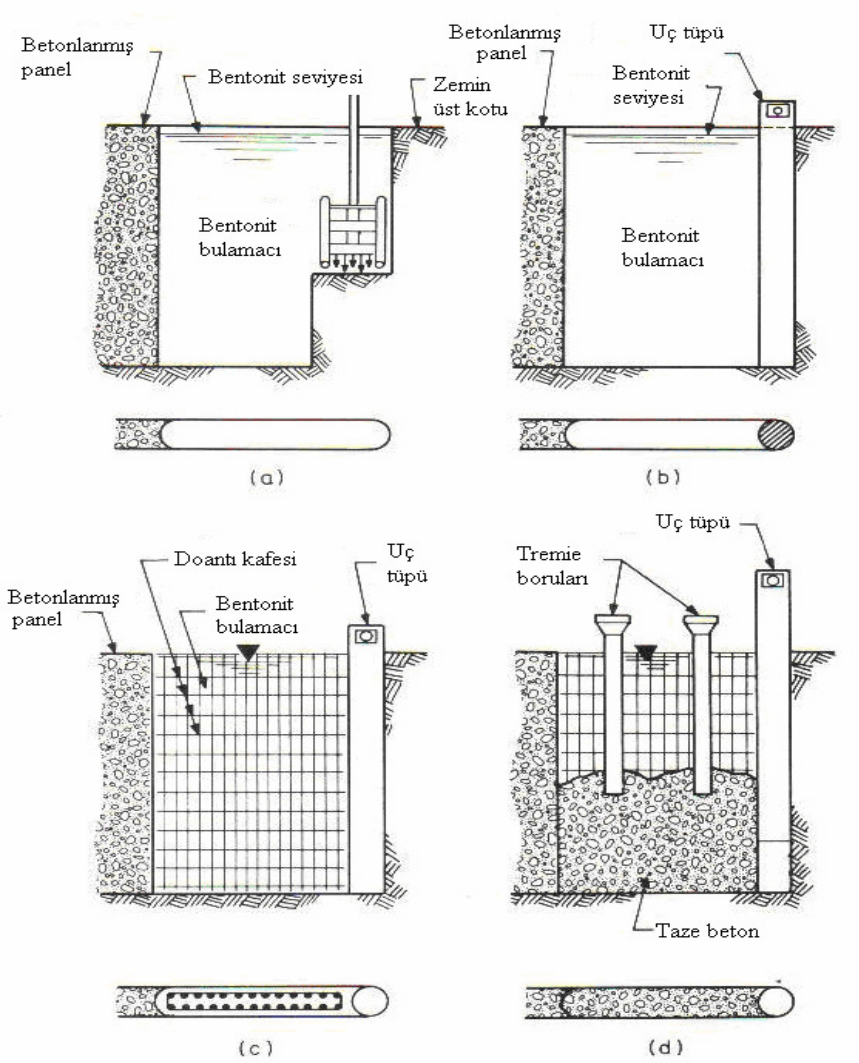
Projesine göre kazısı yapılmış diyafram duvar çukuruna 2.50 m olan her paneline, daha önceden sahada hazırlanmış kafes sistemdeki demir donatı servis vinci

yardımıyla kuyuya indirilir ve askılı kancalar vasıtasıyla askıya alınır. Beton dökümü sırasında kullanılacak olan tremi borusunun serbest hareketine mani olmamak için kafesin üstünde yeterli büyüklükte çalışma boşlukları bırakılmalıdır.

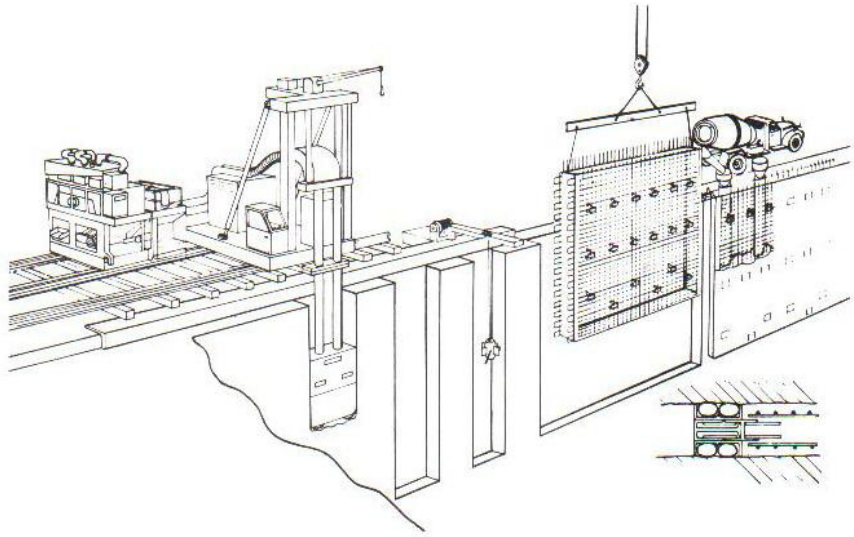
Diyafram duvar perdede, anolar arasındaki rijitliği sağlamak ve su sızdırmazlık boyunu arttırmak için boru şeklindeki stop-end boruları tabana kadar eklenerek indirilir. Betonlamadan sonra, beton prize geçtikçe özel pompalarla yukarı çekilir.

Diyafram duvar beton döküm işlemi, bentonit test sonuçlarının olumlu çıkmasından sonra tremi boruları kullanılarak yapılır ve bu borular 25 ile 35 cm arasında değişen çapları şaftın genişliğine, uzunlukları ise şaft derinliğine göre ayarlanır. Tremi boruları aşağıya indirilip şaft dibi bulunduktan sonra 30-40 cm arasında bir mesafe yukarı çekilir ve bu pozisyonda betonlama başlanır. Tremi borusu 2 m betonun içinde kalacak şeklide betona devam edilir. Her 2.5 m'lik anoda 1 adet tremi olmalıdır. Beton her tremi borusundan eşit olarak dökülmeli ve kesinti yapılmamalıdır.

Diyafram duvar imalatı safhalarıyla birlikte Şekil 3.20'de ve Şekil 3.21'de gösterilmektedir.



Şekil 3.20 : a)Kazı aşaması, b)Uç tüplerin yerleştirilmesi, c)Donatı kafesinin yerleştirilemesi, d)Beton dökümü.



Şekil 3.21 : Diyafram duvar imalat süreci.

3.2 Yatay Destek Elemanları

3.2.1 Ankrajlar

Uygulanan çekme yükünü, aktif kamanın arkasında yer alan ve yük taşıyan zemin / kaya tabakasına aktaran yapı elemanıdır. Ankrajlar kalıcı veya geçici olarak imal edilebilirler.

Kalıcı ankrajların servis ömürleri, korozyon önleyici tedbirler alınarak ve özel malzemeler kullanılarak 100 yıla kadar çıkabilir. Geçici öngermeli ankraj ise genellikle 2 yıldan az olan bir süre hizmet verecek ankrajdır.

Genel olarak akraj imalatında; tendon, enjeksiyon, ankraj plakası, ankraj kafası, kama ve plastik boru gibi malzemeler kullanılır.

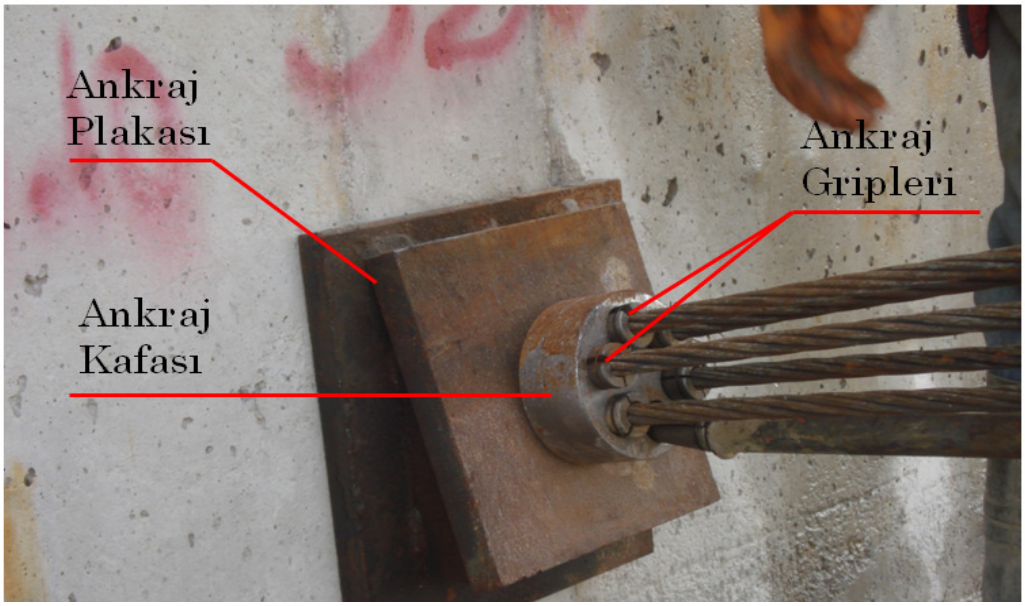
Tendon, projesinde belirtilen çapa uygun nervürlü çelik veya çelik halatlardan tek veya demet şeklinde oluşturulacak kısımdır. Tendonlarda ASTM A779'da belirlenen koşulları sağlanmalıdır. Tendonlarda üretici firma sertifikası olan gevşemesi düşük süper tendon kullanılabilir. Şekil 3.22'de ankraj tendonları gösterilmektedir.



Şekil 3.22 : Ankraj tendonları.

Öngermeli ankraj kafa bölgesinde kullanılacak plaka kare şeklindedir. Ankraj plakası öngermeli ankrajın karakteristik yük kapasitesini taşıyabilecek ve bu yük altında ezilerek/eğilerek deforme olmayacak nitelikte seçilmelidir. Ankraj plakası TS 648'de (AASHTO M 183 ve M222) istenen niteliklere uygun olmalıdır.

Ankraj başlığı, tendonun gerdirilmesinde, kanıt yükü ve kilit yükünün ayarlanmasına ve istendiğinde gerilme yükünün kaldırılmasına ve tekrar gerilme yükü uygulanmasına müsaade eder, çekme çubuğunun karakteristik yük kapasitesini taşır. Ankraj başlığı iksa sisteminin ömrü boyunca meydana gelebilecek şekil değiştirmelere uyum sağlayabilmelidir. Öngermeli ankrajlarla desteklenecek iksa sisteminde kullanılacak ankraj kafaları silindir şeklinde olmalı ve kesinlikle ankraj kafasına herhangi bir açı verilmemelidir. Ankrajların eğiminin ankraj kafasındaki yansıması betonarme perdede eğik kafa rezervasyonu bırakılması veya eğik ankraj plakası kullanılması ile sağlanır. Şekil 3.23'te ankraj plakası ve kafası gösterilmektedir.



Şekil 3.23 : Ankraj plakası ve kafası.

Merkezleyici, tendonların gerekli minimum enjeksiyon kalınlığı (10 mm) ile sarılmasını sağlar, paslanmaz malzemeden yapılmış, enjeksiyon akımını engellemeyecek ve ankraj deliğinde ankrajın aderans kapasitesini azaltmayacak şekilde aralıklı olarak yerleştirilir. Merkezleyiciler arasındaki mesafe 2.50m'den fazla olmamalıdır.

Ayırıcılar, tendonlar arasında 6mm–13mm arasında değişen biri aralık olmasını sağlayan, paslanmaz malzemeden yapılmış, enjeksiyon akımını engellemeyn ve sondaj deliğinde ankrajın aderans kapasitesini azaltmayacak nitelikte olmalıdır. Ayırıcıların da aralıkları merkezleyicilerde olduğu gibi 2.50m'yi geçmemelidir. Ayrıca, kök bölgesinin başından ve sonundan 0.50m mesafede ilk ve son ayırıcılar kullanılacaktır.

Ankraj delgileri; projesinde belirtilen çapta, uzunlukta, paternde ve açıda olacak şekilde delinmelidir. Delgi sırasında eğimden sapma toleransı ± 3°'dir. Cephede, imal edilecek ankrajın konumu her yönde 75 mm'lik bir sapma tolerans limitleri içerisinde kabul edilebilir. Bu sapma limiti tüm cephede kümülatif olarak düşünülmemelidir. Delgi yöntemi, delgi sırasında çevre zeminde minimum örselenmeye sebep olabilecek ve ankraj taşıma kapasitesini azaltmayacak, delgi kuyusunda çökmeyi engelleyecek şekilde seçilmelidir. Şekil 3.24'te ankraj delgisi gösterilmektedir.



Şekil 3.24 : Ankraj delgisi.

Delikler hava kompresörü ile temizlenir ve gerektiğinde yeniden delgi işlemi yapılır. Ankraj delgisi sırasında, içerisinde ilerlenen birimlerde göçme meydana gelmesi durumunda muhafaza borusu kullanılarak kuyuların göçmesi engellenmelidir.

Ankraj halatları, delgi öncesinde projede öngörülen boyda hazırlanmalıdır. Ankraj halatlarında kullanılacak tendon sayısı, halatın serbest boyu, kök boyu projede belirtilen şekilde olmalıdır. Ankraj serbest boyu ile kök boyu arasındaki izolasyon detayı projede verilen şekilde uygulanmalıdır.

Ankraj halatlarının servis süreleri boyunca korozyondan korunmaları için, serbest bölgeleri yaşlanmaya dirençli olan ve serbest klorür üretmeyen Şekil 3.25'de gösterildiği gibi HDPE kılıfa alınmalıdır. Plastik kaplama ilgili ürün standartlarına uygun olmalı ve özellikle depolama, taşıma ve tesis sırasında zarar görmemelidir. Kılıfların halat kök bölgeleri ile birleşim noktasında Şekil 3.26'da gösterildiği gibi

conta veya zift vasıtası ile su ve enjeksiyon girişini önleyecek şekilde tam sızdırmaz yalıtım teşkil edilmelidir. Ankraj halatlarının serbest boyunun kılıflanmasında kullanılacak HDPE borunun et kalınlığı minimum 1mm (TS EN 1537) olmalıdır.



Şekil 3.25 : Serbest bölgenin kılıflanması.



Şekil 3.26 : Serbest bölge ile kök bölgesi arasındaki izolasyon.

Ankraj delgisinin tamamlanmasını takiben ankraj kuyusu temizlenmelidir. Kuyunun temizlenmesinin akabinde, dökülme ve zemin boşalması meydana gelmeyecek zaman sürecinde (en fazla 8 saat içerisinde) ankraj halatı kuyu içerisine yerleştirilir ve kuyu içerisi enjeksiyonla doldurulur. Halatların yerleştirilmesi sırasında projesinde belirtilen boyda ankraj halatı sorunsuzca kuyu içerisine sürülebiliyorsa

kuyu içerisinde göçük oluşmamış kabul edilir; halatların bir kısmının dışarıda kalması veya zorlanarak ilerlenmesi durumunda, halat dışarı çıkartılarak kuyu tekrar temizlenmelidir. İkinci kuyu temizlenmesi sonrasında da ankraj halatının yerleştirilmesinde zorluk yaşanıyorsa delgi tekrarlanmalıdır. Tendonların delgi içerisine yerleştirilmesi sırasında, tendonun bir kısmı dışarıda kalır ise tendon tamamen dışarı çıkartılarak delgi tekrarlanmalıdır. Şekil 3.27'de kuyu içerisine ankraj halatı yerleştirilmesi gösterilmektedir.



Şekil 3.27 : Kuyu içerisine ankraj halatı yerleştirilmesi.

Ankraj halatının kuyuya yerleştirilmesininden sonra enjeksiyon ankraj halatına tesis edilir ve enjeksiyon hortumları yardımıyla delgi tabanından başlayarak yapılır. Bu sayede kuyu içerisinde su ve hava kalması önlenir. Enjeksiyon miktarı ve basıncı sürekli olarak kontrol edilip kayıt altında tutulmalıdır. Her 40 m³ enjeksiyon için bir setten az olmayacak şekilde TS EN 445 standardına uygun test numunesi alınmalı ve basınç dayanımı testi yapılmalıdır. Enjeksiyon işleminin gecikmesi halinde, tendon dışarı çıkartılmalı, delik tekrardan temizlenmeli ve takiben enjeksiyona başlanmalıdır. Şekil 3.28'de enjeksiyonlama işlemi gösterilmektedir.



Şekil 3.28 : Enjeksiyolama işleminin yapılması.

Enjeksiyonda kullanılan çimento TS EN 206-1'e uygun olmalıdır. Çimento tipi öngermeli halatlar ile uyumlu olmalıdır. Çimento tipinin seçiminde çevrede bilinen karbonik asit veya sülfatlar gibi malzemelerin varlığı göz önüne alınmalıdır. Risk olması durumunda sülfata dayanıklı çimento kullanılmalıdır. Hazırlanacak enjeksiyon harcı EN 445, EN 446 ve EN 447'ye uygun olmalıdır.Ağırlıkça su/çimento oranı 0,40 ila 0,60 arasında değişebilir ve bu oran kaya ve kohezyonlu zeminlerde mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Şekil 3.29'da ankraj imalatında kullanılan enjeksiyonun hazırlanması gösterilmektedir.



Şekil 3.29 : Enjeksiyonun hazırlanması.

Enjeksiyondan alınan 100 mm'lik küp numunelerin 28 günlük basınç dayanımı minimum 40 Mpa olmalıdır (BS8081:1989). Öngerme sırasında enjeksiyon basınç dayanımı minimum 21 Mpa olmalıdır. Enjeksiyon içerisindeki sülfat oranı çimentonun %4'ünü enjeksiyon içerisindeki klorit miktarı %0.1'i geçmemelidir. Büyük çaplı sondaj deliklerinin doldurulmasında ve gerekli görülen yerlerde sondaj deliğinde zemine doğru enjeksiyon kaybını azaltmak amacıyla enjeksiyonda nötr dolgular (kum) kullanılabilir.

Katkı maddeleri sadece işlenebilirliliği veya duraylılığı iyileştirmek, terlemeyi veya büzülmeyi azaltmak veya priz hızını arttırmak için kullanılmalıdır. Kimyasal katkı maddeleri, enjeksiyon şerbetinin kendisi veya ön germeli çeliğe zarar verebilecek herhangi bir madde ihtiva etmemelidir. Katkı maddeleri; kütlesinin % 0.1'inden daha fazla klorit, sülfat veya nitrat ihtiva etmemelidir. Enjeksiyon katkısının hazırlanmasında temiz su kullanılmalı ve su içerisinde gerek karışımda kullanılan çimentoya gerekse tendonlara zarar verebilecek maddeler bulunmamalıdır.

İmal edilen ankrajların etrafındaki enjeksiyon 21 MPa dayanıma ulaştıktan sonra, projesinde hesap edilmiş olan servis yüküne gerilir. Germe esnasında uygulanan yük, tendonların karakteristik çekme dayanımın %80'ini aşmamalıdır. Germe işlemi sırasında kullanılacak germe krikosunun ve üzerindeki manometrenin kalibrasyonu 6 aydan fazla olmayan aralıklarla düzenli olarak kalibre edilmelidir. Germe işlemi, ankraj kafasına ekipmanının yerleştirilmesini, belirlenen tekrarlı yüklerde yüklenmesini, boşaltılmasını ve ekipmanın sökülmesini içerir. Yükleme ve boşaltma aşamaları testler ile belirlenmelidir. Ankrajlar, germe esnasında hidrolik kriko kafasından ankraj kafasına ve tendonlarına yük aktarımında meydana gelebilecek kayıplar göz önünde bulundurularak servis yükünün %15 fazlasına yüklenip kilitlenmelidir. Şekil 3.30'da ankraj germe işlemi gösterilmektedir.





Şekil 3.30 : Ankraj germesi.

Ankrajların kabulüne veya reddine uygunluk (performans) deneyi ve kanıt deneyi sonucunda karar verilir. Uygunluk deneyinde; ispat yükünde ankraj taşıma yeteneği, ispat yüküne kadar ankraj sistemindeki sünme ve tendon serbest boyu onaylanmalıdır. Çalışan ankrajlar gibi eşdeğer uygulama şartları altında inşa edilen ankrajların en az üç tanesinde uygunluk deneyleri yapılmalıdır. Kanıt deneyinde; kanıt yükünde ankrajın kapasitesi, servis sınır şartında sünme veya yük kaybı karakteristikleri ve tendon serbest boyu onaylanmalıdır. Ankraj kapasitesi kontrolü her ankrajda yapılmalı, her ankraj bir kabul deneyine tâbi tutulmalıdır. Tüm deney prosedürleri TS EN 1537 standartlarında belirtilen esaslara uygun olmalıdır.

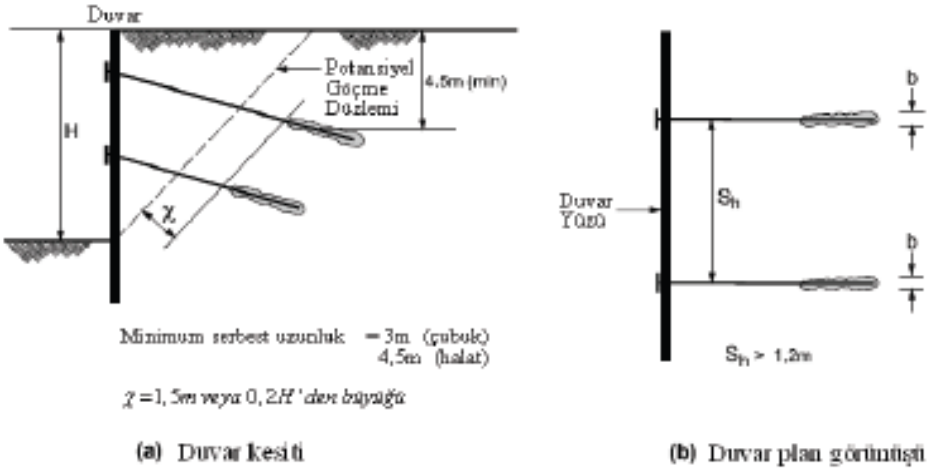
Bir ankrajın kabul edilebilmesi için uygunluk deneyi veya kanıt deneyinde maksimum test yükü altında 10 dakika beklenmesi halinde; birinci ve onuncu dakikalarda alınan okumalar arasındaki farkın 1mm az olması, maksimum test yükünde tespit edilen toplam elastik uzamanın, ankraj serbest bölgesinin için kabul

edilen teorik elastik uzamanın %80'inden fazla olması gerekmektedir. Bir ankrajın kabul edilebilmesi için uygunluk deneyi veya kanıt deneyinde maksimum test yükü altında 60 dakika beklenmesi halinde; maksimum test yükü altında ankrajda gözlenecek sünme miktarının 2mm'den az olması, maksimum test yükünde tespit edilen toplam elastik uzamanın, ankraj serbest bölgesinin için kabul edilen teorik elastik uzamanın %80'inden fazla olması gerekmektedir.

3.2.1.1 Ankrajların tasarımı

Ankraj projelerini hazırlama ve uygulama aşamalarında, temel zemini özelliklerinin ve davranışının ayrıntılı olarak saptanması gereklidir. Projelendirme, zemin özellikleri bilinerek ve doğru zemin parametreleri kullanılarak yapılmalıdır.

Çok sıralı ankrajlı yapıların tasarımında; zemin için jeolojik ve geoteknik verilere göre en kritik kesit seçilir ve ankrajın serbest boyu seçilirken; kökün, duraylılık analizlerine göre (dairesel veya düzlemsel) bulunacak kayma yüzeyinin dışında olması sağlanmalı, kök, Şekil 3.31'de gösterildiği gibi rankine aktif yüzeyinden 0.2H kadar uzakta ve ona paralel bir yüzeyin dışında kalmalı ve duvar yüzünden köke kadar ankraj eğik serbest boyu minimum 4.5m olmalıdır.



Şekil 3.31 : Ankraj kök boyu seçimi kriteri.

Ankraj tesis edildiği ortama bağlı olarak zeminlerde maksimum 12.0m, kayaçlarda ise 7.5m kök boyu gözönüne alınarak ankrajların maksimum taşıma kapasiteleri belirlenmelidir. Ankraj taşıma kapasitelerinin proje aşamasında belirlenmesinde çeşitli abak, tablo ve zemin parametrelerine bağlı eşitliklerden faydalanılmaktadır. Her şekilde belirlenirse belirlensin tasarımın güvenliği açısından özellikle o zeminde ilk defa ankraj imal edecek ise iş başlamadan kök bölgesinde mobilize olacak

emniyetli çevre sürtünmesinin belirlenmesi gerekmektedir. Öngörülen ankraj kapasiteleri ankrajların düşey ve yatay aralıklarının belirlenmesinde önem kazanmaktadır.

Duvara etkiyen zemin itkileri belirlenmeli ve duvarın arkasındaki zemin yüzünün eğimini de göz önüne alan zemin itki katsayısı eşiğinde duvara etkiyen itkiler bulunmalıdır. Yapım yöntemine ve duvarda izin verilebilecek harekete göre bu itki katsayısı aktif yanal toprak basıncı katsayısı Ka ile sükunetteki yanal toprak basıncı katsayısı K_0 arasında değişecektir. Duvardan, kazı derinliğinin iki katı kadarlık uzaklıkta yapı veya yer altı servis yapıları bulunmaması ve kötü zemin koşullarında destek sağlanmadığı sürece öncelikle aktif toprak basıncı katsayısı göz önüne alınmalıdır.

Zemin ankrajlarının maksimum taşıma gücü hesaplarında, ankrajın çevre yüzeyi boyunca taşiyabileceği yük miktarı zeminin göçtüğü yük olarak kabul edilir. Bu nedenle göçme biçimi incelenmeli ve duraylılık analizinde bu biçimi etkiyen kuvvetler göz önüne alınmalıdır.

Ankraj taşıma gücü hesapla da bulunabilir ancak birçok parametresi bulunduğu için, bu rakamın gerçekçi olması beklenemez. En doğru ve kesin taşıma gücü bulma yönteminin doğrudan doğruya yerinde ankraj yükleme deneyi yapılmasıdır.

Granüler (kohezyonsuz) zeminlerde ankraj taşıma gücü

Ankrajın son yük taşıma gücü,

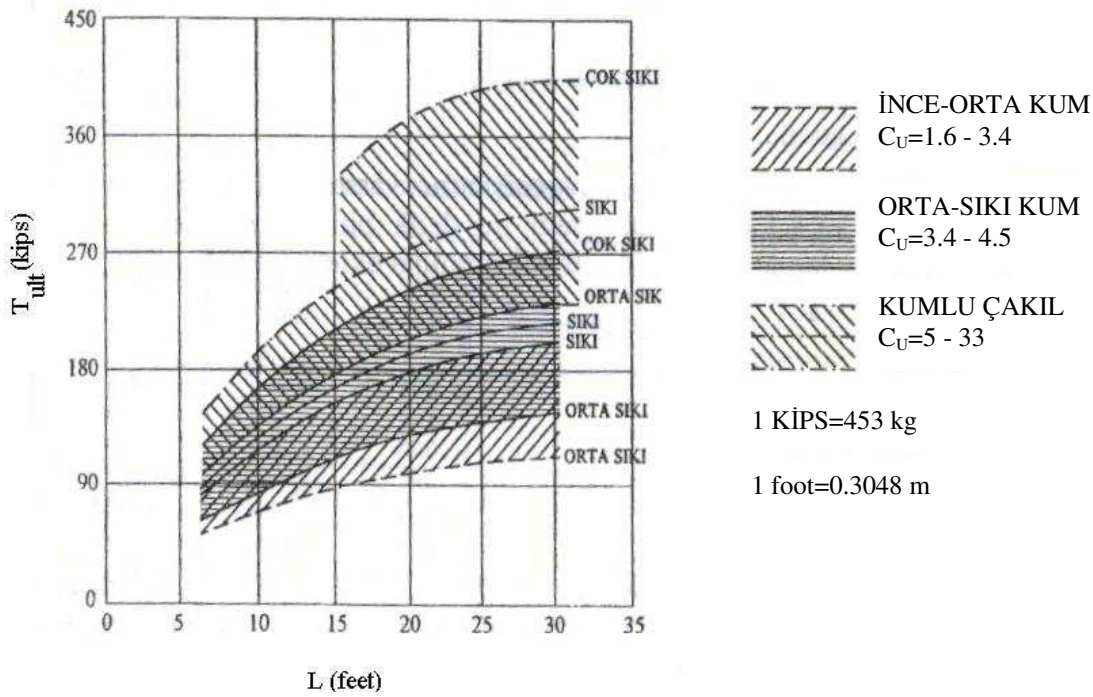
$$T_u = L.n.tg\ \phi \qquad \textbf{(3.1)}$$

bağıntısından ile elde edilir.

n; delme tekniğine, ankraj çapına, enjeksiyon basıncına (30 kN/m^2–1000 kN/m^2), zeminin arazideki gerilmelerine, ankrajın yüzeyden olan derinliğine ve genişleyen kısmın karakteristiklerine bağlı olan bir katsayı olup kum ve çakıl zeminler (permeabilite katsayısı, $k_w > 10^{-4}$ m/s olan zeminler) için 400-600 kN/m arasında değişirken, ince kumlardan orta kumlara kadar (permeabilite katsayısı, $k_w = 10^{-4}$ m/s olan zeminler) n değeri 130–165 kN/m arasında değişmektedir .

Yapılan kapsamlı deney çalışmaları sonucunda, yük taşıma gücünün, göreceli sıklığa, zeminin dayanımına, sabit ankraj uzunluğuna ve birazda olsa ankraj çapına

bağlı olduğu görülmüştür. Bu da taşıma gücü denetiminde önemli etkenlerden birinin zemin kabarması olduğunu kanıtlamaktadır. Şekil 3.32'de granüler zeminlerde ankraj son taşıma gücünün zemin türü, sıkılık ve kök boyu ile değişimi gösterilmektedir.



Şekil 3.32 : Granüler zeminlerde ankraj son taşıma gücünün zemin türü, sıkılık ve kök boyu ile değişimi (NAVFAC 1988)

Kohezyonlu zeminlerde ankraj taşıma gücü

Drenajsız kayma mukavemetinin kullanımı temeline dayalıdır. Maksimum yük taşıma kapasitesi;

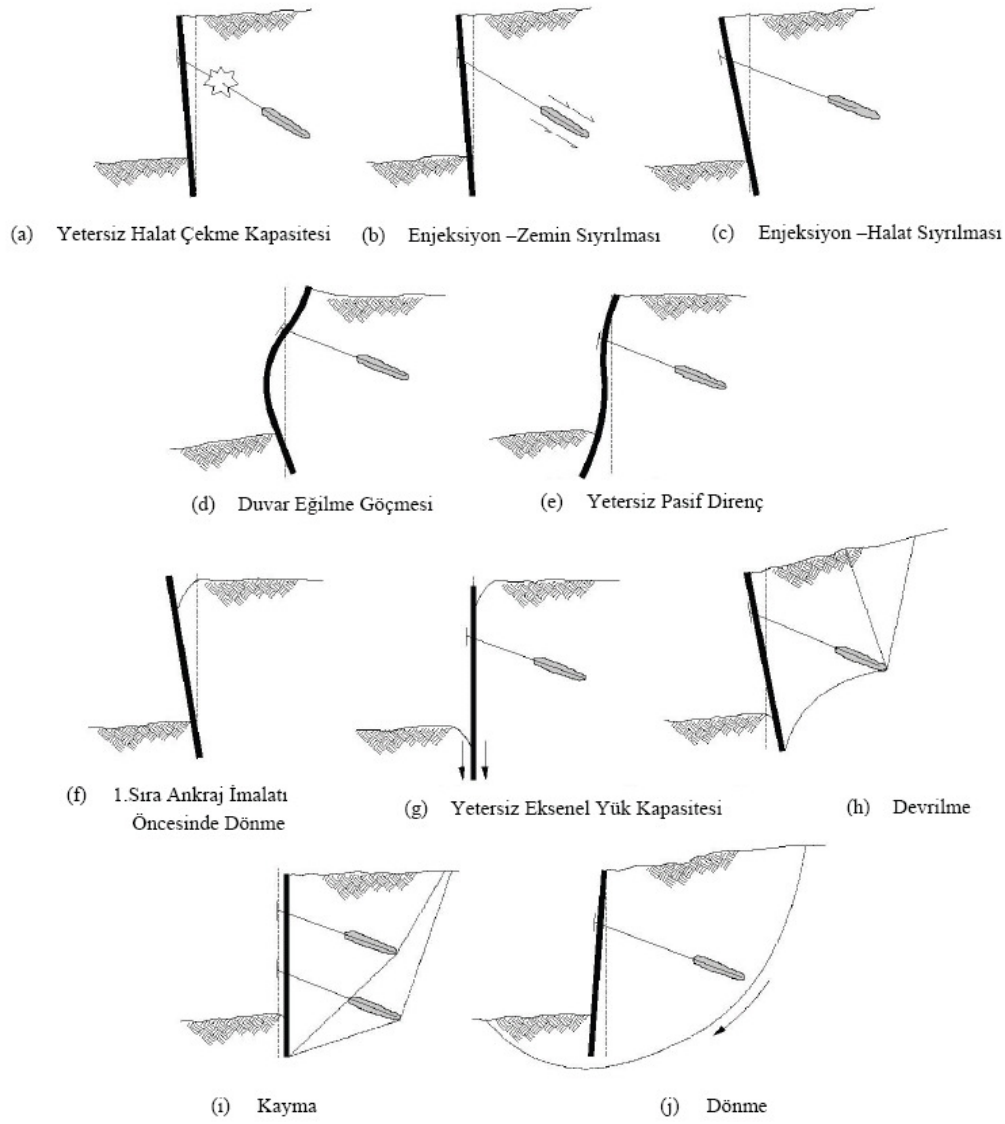
$$T_f = \pi.D.L\ .c_u \qquad \textbf{(3.2)}$$

bağıntısından hesaplanır. Burada D ankraj kök çapı, L ankraj kök uzunluğu, c_u drenajsız kayma mukavemetidir.

Kohezyonlu zeminlerde önemli bir konu da delme, genişletme ve enjeksiyon işlemlerinin süresidir. Bu süre zemin üzerinde suyun yumuşatma etkisinden etkilenmeyecek kadar kısa olmalıdır. Gecikmeler ankraj taşıma kapasitesinin düşmesine ve büyük öngerme kayıplarına neden olmaktadır.

3.2.1.2 Ankrajların yenilme şekilleri

Şekil 3.33'te verilen duraylılık problemlerinin en önde geleni ankrajda mobilize olan yüklerin ankraj kopma kapasitesini aşarak duvarın göçmesidir. Bu durum daha çok kabul edilen toprak basıncının yanlış öngörülmesi ve ankraj halatları için izin verilen kapasitelerin üzerinde servis yükü belirlenmesi nedeniyle oluşmaktadır.



Şekil 3.33 : Ankrajlı perdelerdeki göçme biçimleri (FHWA IF-99-015, 1999).

Ankraj halatının herhangi bir nedenle doğrultusunu kaybetmesi halinde de halatta ikincil gerilmeler oluşmakta ve bu durum çoğu zaman kopmayla sonuçlanmaktadır. İkincil problem ise ankrajın kök bölgesindeki halat, enjeksiyon ve zeminin sıyrılmasıdır. Halat ile enjeksiyonun sıyrılması pratikte enjeksiyonun kalitesizliği veya halat yüzeyinin yağlı, paslı veya yabancı bir madde ile kaplı olması nedeniyle

olmaktadır. Zemin enjeksiyon sıyrılması ise enjeksiyonun genel olarak kötü kalitede olmasından, yapıldığı ortama uygun olmaması veya zeminin son sürtünme direncinin aşılması ile oluşmaktadır. Şekil 3.33 (d)'de iksa düşey elemanının yapısal olarak yetersizliği nedeniyle iksa sisteminde göçme yaşanabilecektir.

Şekil 3.33 (e)'de iksa duvarının gömülü kısmının boyunun ve pasif direncinin yetersizliği nedeniyle oluşan göçme şekli gösterilmiştir. İlk sıra ankrajın konumunun yanlış belirlenmesi halinde iksa sisteminde istenilmeyen düzeyde dönme oluşacaktır. Ankrajların düşey bileşeni ile birlikte kazıkların ağırlığı birleştiğinde iksa sisteminin yetersiz dirence sahip olması halinde sistemde oturma gözlenecektir. Aşırı oturma, ankrajlı sistemin duraylılığını bozarak göçme mekanizmasını başlatacaktır. Özellikle kritik yapılarda, derin kazıların bir kayma dayanımı problemi unutulmadan lokal ve global duraylılık şev duraylılığı analizleri kontrol edilmelidir. Kayma, ötelenme ve devrilmenin oluşması olasıdır.

3.2.2 Zemin çivileri

Zemin çivileri, kazı yüzeylerinin tutulması veya şev stabilitesinin sağlanması amacıyla oluşturulan duvar niteliğindeki yapılarda kullanılırlar. Zemin çivilerine ön germe uygulanmaz, dolayısıyla şev hareketi olmadığı sürece çivilere herhangi bir yük gelmemektedir.

Pasif ankrajlar, polietilen enjeksiyon hortumları ve hava delikleri ile teçhizatlı, zemin çivisi delgisi içerisinde merkezlemeyi sağlayıcı ortalayıcı ile donatılmış, çapı proje yüküne göre belirlenen bir adet STIII (akma değeri, 4200kN/mm² olan) yapı çeliğinden oluşur. Kalıcı pasif ankrajlar korozyona karşı oluklu PVC kanallar ile korunur. Duvarla bağlantıları başlık plakalarıyla sağlanır. Pasif ankraj donatısı, tazyikli çimento enjeksiyonu ile yıkanmış ve temizlenmiş deliklere yerleştirilir. Killi zeminlerde delgi sırasında su kullanılması taşıma gücünde azalmaya yol açabilir, çimento enjeksiyonunun sağlıklı olmasına dikkat edilmelidir. Şekil 3.34'te zemin çivisi delgisi gösterilmektedir.

Zemin çivilerinin nihai taşıma kapasiteleri hesaplanırken ve uygulanırken emniyetli ve efektif sonuçlar alınması için zemin çivilerinin toprak veya kaya ile aderansına, yatak tabanının durumu ve zemin çivisinin çevreleyen toprağın/kayanın niteliklerine, zemin çivisine etkiyen üst tabaka gerilmesine, zemin çivisi ebatlarına, enjeksiyon

basıncı ve enjeksiyon miktarına, zemindeki suyun durumuna ve deşarjına, dikkat edilmelidir.




Şekil 3.34 : Zemin çivisi delgisi.

Zemin çivilerinin zemine bağlanmasında (yapışmasında) en gelişmiş ve en efektif olan metot zemin çivi donatısı çeperine çimento enjeksiyonu püskürtülmesidir. Şekil 3.35'de gösterildiği gibi enjeksiyon, zemin çivisi için korozyona karşı güvenilir bir koruma hem de yeterli derecede bir tutunma mukavemeti sağlayacaktır.



Şekil 3.35 : Zemin çivisine enjeksiyon yapılması.

En temel enjeksiyon malzemeleri PÇ42.5/32.5 portland çimentosu ve sudur. Ancak bazı hallerde katkı malzemeleri kullanılabilir. Enjeksiyon karışımı 1/2 oranında (50 kg. su / 100 kg. çimento) olduğunca yüksek kıvamlı hazırlanmalı ve uygulanmalıdır. Zemin çivisi seti deliğe yerleştirilmeden önce birincil iç enjeksiyonlama yapılacaktır**.** Kalıcı pasif ankraj imalatında bu işlem, setin deliğe yerleştirilmesinden hemen önce

tamamlanmış olmalıdır. İkincil enjeksiyonlama, birincil enjeksiyonun, setin kuyuya yerleştirilmesi sırasında zarar görmeyeceğinden emin olunacak kadar beklendikten sonra yapılmalıdır. İkincil enjeksiyonlamada ilk önce delik içerisi enjeksiyonla tamamen doldurulacak, kuyu içerisinde kalmış döküntü malzemenin delik ağzından dışarı atılması sağlanacaktır.

Zemin çivileri; servis ömürleri boyunca aşırı hareket meydana gelmeden, yeterli güvenlik sayısı ile proje yüklerini taşıyıp taşımadıklarının kontrol edilmesi amacıyla çekme testine tabi tutulmalıdır. Çekme testleri; yapım öncesi doğrulama ve yapım sırasında kanıt amaçlı olarak yapılmalıdır. Doğrulama testleri yapılan zemin çivileri, destekleme elemanı olarak kullanılmamalıdır. Kanıt testleri kalıcı destek elemanı olarak kabul edilir. Kanıt testi yapılan zemin çivisi sayısı; yapılan tüm zemin çivilerinin %5'inden az olmamalıdır. Testler enjeksiyon ve püskürtme beton kaplama yapıldıktan ve en az 3 günlük dayanımlarına ulaştıktan sonra yapılmalıdır. Çekme testi yapılacak zemin çivilerinde enjeksiyon yapılmamış boy, maksimum 1.5m olmalıdır.

Doğrulama testleri, imalat öncesinde veya imalat esnasında, zemin koşulları değiştiğinde, zemin çivili duvar tasarımında öngörülen ve zemin / kaya ile enjeksiyon harcı arasında mobilize olması beklenen maksimum sürtünme direncinin ve sürtünme direnci için öngörülen güvenlik sayısının sağlanıp sağlanmadığını tespit etmek amacıyla yapılır. Doğrulama testinde uygulanacak test yükü, proje adezyon kapasitesine bağlı olarak belirlenir. Bu doğrultuda maksimum test yükü, zemin çivisinin izin verilebilen çekme kapasitesi ile tasarımda öngörülen güvenlik sayısının çarpımıdır. Doğrulama testleri sonrasında zemin çivisinin kapasitesi ve güvenliği yetersiz çıkarsa, zemin çivili duvar tasarımı test sonuçlarına göre yenilenmelidir. Doğrulama testi sırasında, test yüküne, servis yükünün %25'ine karşılık gelen yük adımları ile çıkıllır. Her yük kademesinde zemin çivisinin kafasının hareketi kaydedilir. Yük artırımı yapıldıktan hemen sonra ve hareketin durduğu aşamada olmak üzere iki okuma alınır. Doğrulama testi sonucunda, maksimum test yükü altında zemin çivisinin test için enjeksiyon yapılmayan serbest bölgesinin (UL), teorik olarak test yükü altında yapması gereken uzamanın en az % 80'inini yapmalıdır;

$L < 0.8xLe$, $Le = PxUL/AxE$

Burada:

Le: Enjeksiyonsuz çivi uzunluğunun teorik elastik hareketi

L: Ölçülen hareket (mm)

P: Maksimum test yükü (kN)

UL: Enjeksiyonsuz uzunluk (m)

A: Donatı kesit alanı (m^2)

E: Çelik elastisite modülü (MPa)

Bu koşul, zemin çivisinin enjeksiyonlu bölgesi ile zemin arasındaki yük aktarımının tam olarak gerçekleştiğini kanıtlamaktadır. Doğrulama testinin kabul edilebilir olması için maksimum test yükünde sıyrılma olmamalıdır.

Sünme testi, doğrulama testinin bir parçası olarak yapılır. Sabit test yükü altında, hareketler belli zaman aralıklarında kaydedilir. Test yükünde 1 ve 10 dakika okuma aralığında sünme hareketi 1mm, 6 ve 60 dakika okumalarında, sünme hareketi 2 mm' den az olmadır.

Şekil 3.36'da zemin çivili duvar imalatının değişik aşamalarına ait fotoğraflar ve Şekil 3.37'de imalat sonrası bir görüntü gösterilmektedir.



Şekil 3.36 : Zemin çivili duvar imalatının değişik aşamalarına ait fotoğraflar (Engin,2008).



Şekil 3.37 : Zemin çivili duvar imalat sonrası görünümü.

4. HILTON GARDEN INN OTELİ DERİN TEMEL KAZISI

İstanbul İli, Beyoğlu İlçesi, Sütlüce Mahallesi'nde, Amplio Hotel Investments A.Ş. tarafından Hilton Garden Inn Oteli inşa edilmektedir. İnşaat sahasının Kuzey cephesinde Ak Parti İstanbul İl Başkanlığı, Güney cephesinde hâlihazırda inşa edilmiş olan iki kademeli zemin çivili bir duvar ile desteklenen 4.Bayır Sokak ile Darka Sokak arasında bağlantıyı sağlayan Keser Sokak bulunmaktadır. Hilton Garden Inn inşa sahasının harita üzerindeki yeri Şekil 4.1'de gösterilmektedir.

2 bodrum kat + zemin kat + 1 asma kat ve 10 normal kat olmak üzere toplam 14 katlı olarak inşa edilecek otel binasının temel kazısının derinliği 8.0m ile 35.0m arasında değişmektedir. Çevre yapıların durumu göz önüne alındığında temel kazısının iksa sistemi ile desteklenmesi uygun görülmüştür.

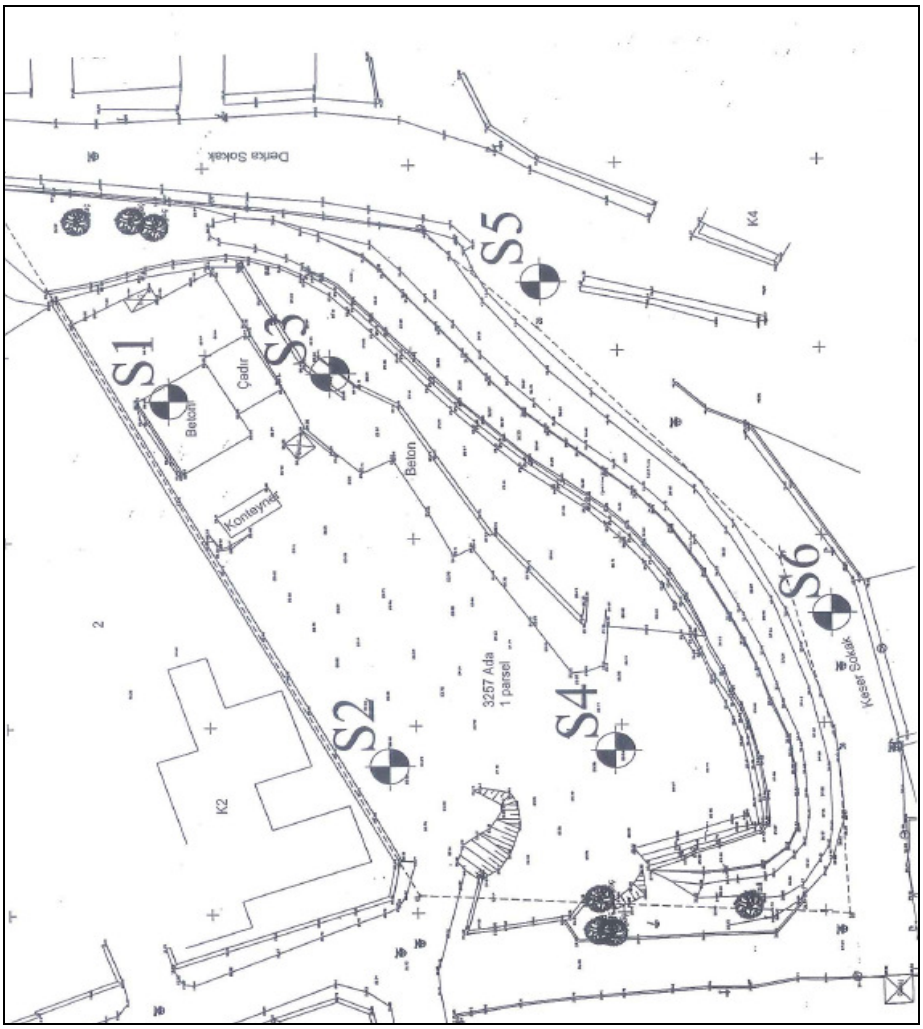


Şekil 4.1 : Hilton Garden Inn projesi.

4.1 Arazi Çalışmaları

Temel kazısının güvenli bir şekilde yapılabilmesi ve kazının geçici olarak desteklenebilmesi için gereken iksa sisteminin projelendirilmesi ve temellerin taşıtılacağı zemin profilinin belirlenmesi amacıyla inceleme alanında Geos Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. Şti tarafından toplam boyu 170m olan 6 adet zemin araştırma sondajı yapılmıştır. Sondaj logları EK A'da verilmiştir.

İnceleme alanında yapılan zemin araştırma sondajlarından; S1, S2, S3 ve S4 numaralı sondajlar otel bloğuna ait temel kazısının yapılacağı platform üzerinde, S5 ve S6 numaralı sondajlar ise inceleme konusu sahanın güney sınırı boyunca uzanan zemin çivili duvar ile desteklenen yol üzerinden yapılmıştır. Sondaj vaziyet planı Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2 : Sondaj vaziyet planı.

Otel bloğu üzerinde yapılan S1, S2, S3 ve S4 sondajlarında; yüzeyde kalınlığı 2.20m ile 7.00m arasında değişen dolgu tabakası ile karşılaşılmıştır. Dolgu tabakasının

altında ise tamamen ayrışmış, çok parçalı kumtaşı tabakası içerisinde ilerlenmiştir. Bu sondajlardan sadece S2 sondajında, 15.00m derinlikten itibaren kumtaşının zayıf-orta zayıf katmanları ile karşılaşılmıştır. Sondajlar sırasında içerisinde ilerlenen tamamen ayrışmış, yer yer killeşmiş kumtaşı tabakasının içerisindeki ezik zonlarda SPT (Standart Penetrasyon Deneyleri) yapılmış olsa dahi, kaydedilen darbe sayılarının N>50 olması, bahse konu killeşmiş ezik zonların kıvamının sert olduğunu ortaya koymaktadır.

Zemin çivili duvarın arkasındaki zemin profilinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan S5 ve S6 sondajlarında, yüzeyde yaklaşık 4.50-5.00m kalınlıkta dolgu tabakası geçildikten sonra, SPT darbe sayıları N>50 olarak kaydedilen tamamen ayrışarak killeşmiş kumtaşı tabakası içerisinde 16.0m derinliğe kadar ilerlenmiştir. Bu tabakanın altında ise zayıf kaya niteliğindeki kumtaşına girilmiş ve sondajlara bu tabaka içerisinde son verilmiştir.

4.1.1 Yeraltı ve yerüstü suları

Sondaj çalışması sırasında sabah-akşam yer altı suyu gözlemleri yapılmış, sondaj kuyularında rastlanan yer altı su seviyeleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : Yeraltı suyu bilgileri (Geos, 2008).

Sondaj No	Yer altı Suyu Derinliği (m)
S1	6.10
S2	4.20
S3	6.45
S4	7.95
S5	-
S6	19.00

4.1.2 İdealize zemin profili

Temel kazısı için projelendirilecek iksa sisteminin tasarımında dikkate alınan zemin profilinin yüzeyinde kalınlığı 2.00m olan dolgu tabakası yer almaktadır. Dolgu tabakasının altında ise tamamen ayrışmış–altere olmuş, çok parçalı kumtaşı tabakası içerisinde ilerlenmiştir. Özellikle Keser Sokak üzerinde yapılan S5 ve S6 numaralı zemin araştırma sondajları bu tabakanın +32.00m kotuna kadar devam ettiğini ortaya koymuştur. Zemin profilinin en altında ise zayıf–orta zayıf kumtaşı tabakasına girilmiştir.

Zemin tabakasına ait belirlenen mühendislik parametreleri Çizelge 4.2'de verilmiştir (Özalp, 2009).

Çizelge 4.2 : Zemin tabakasına ait mühendislik parametreleri (Özalp, 2009).

Zemin Tabakası	Dolgu	Altere Kumtaşı (Killeşmiş)	Kumtaşı
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (γ_n)	18 kN/m^3	21 kN/m^3	21 kN/m^3
İçsel Sürtünme Açısı (Φ)	30º	33º	36º
Kohezyon (c)	1 kPa	5 kPa	10 kPa
Elastisite Modülü (E_s)	5 MPa	100 MPa	150 MPa
Elastisite Modülü ($E_{ur}=3E_s$)	15 MPa	300 MPa	450 MPa

4.2 Hilton Garden Inn Temel Kazısı Çukuru

Hilton Garden Inn Oteli iksa sistemi on farklı hesap kesiti ile modellenmiş ve analiz edilmiştir. İksa kesitlerine ait analizlerde Plaxis 9.01 sonlu elemanlar yazılımından yararlanılmıştır.

Otel yapısının inşa edileceği parselde, saha yüzeyi kotları +30.00m ila +32.00m arasında değişmektedir. Arazinin güney sınırı boyunca uzanan zemin çivili perdenin eteğinde ise topuk görevi gören ve yaklaşık 8.00–10.00m genişliğinde olan bir platform yer almaktadır. Söz konusu platformun yüzey kotları ise +37.00m civarındadır. Platformun arkasında ise zemin çivili duvar yer almakta ve söz konusu duvar, yüzey kotu +45.00m ila +50.00m arasında değişen Keser Sokak ve Darka Sokağın bir kısmını desteklemektedir. Diğer bir deyişle, zemin çivili perde yaklaşık 10.00m–12.00m yüksekliğinde olan bir kazı şevini kalıcı olarak desteklemektedir. İki kademeli olan zemin çivili duvarın palye kotu ortalama +41.00m kotundadır. Mevcut zemin çivili duvar Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.3 : Mevcut zemin çivili duvar.

Yapılan araştırmalarda mevcut zemin çivili duvarın projelerine ulaşılamamıştır. Ancak sahada, çivi aralıklarının ve çaplarının tespit edilmesine yönelik bir çalışma yapılmış ve zemin çivilerinin 2.00m x 2.00m karelaj ile tesis edildiği görülmüştür. Kullanılan çivilerin çapının ϕ32mm olduğu ve çivilerin koruge boru içerisine alınarak korozyona karşı korunduğu görülmüştür.

Kalıcı olarak hizmet vermesi öngörülen iki kademeli zemin çivili duvarın yetkin bir mühendislik hizmeti alarak projelendirildiği kanısına varılmıştır.

İksa sisteminin projelendirilmesinde mimari sınırlar dikkate alınmıştır. Mimari sınırlar uyarınca mevcut zemin çivili duvarın +41.00m'deki palye seviyesinin altında kalan kısmının yeni bir iksa sistemi ile desteklenerek hafredilmesi gereği görülmüştür. Zemin çivili duvarın üst kademesinin ise mevcut hali ile korunmasına karar verilmiştir.

Zemin çivili duvar önünde inşa edilecek olan geçici iksa sisteminin öngermeli ankrajlar ile desteklenmiş fore kazık ve kuyu perdelerden oluşması kararlaştırılmıştır. Söz konusu iksa sisteminin düşey yapısal elemanlarının öncelikle tüm sahada D=80cm çapında fore kazıklardan oluşması amaçlanmıştır. Ancak sahanın mevcut durumu ile iksa sistemi üst kotları dikkate alındığında bütün cephelerde kazık imalatının yapılabilmesi için mevcut zemin çivili duvar önünde büyük oranda platform dolgusu yapılması zorunluluğu açığa çıkmıştır. Bu boyutta bir platform dolgusunun ilave maliyetlere sebep olacağı dikkate alınarak iksa sistemini projelendirilmiştir.

İksa sistemi düşey elemanları olarak D=60 cm, D=80 cm, ve D=100 cm kalınlığında kuyu perdeler ile D=65 cm, D=80 cm çapında fore kazıklar kullanılmıştır.

Kuyu perdeler yatay elemanlarla desteklenmiş olup, fore kazıkların belirli cephelerde yatay elemanlarla desteklenmesine, uygun görülen bölgelerde ise konsol olarak çalışmasına izin verilmiştir. Yatay desteklerin bulunduğu kazıklı ve kuyu perdelerde soket boyları 3.0m olarak seçilmiş, konsol çalışan fore kazıkların soket boyları ise iksa sistemi analizlerinden hareketle belirlenmiştir.

Kuyu perdelerde, öngermeli ankrajların yer aldığı seviyelerde enine donatı oranı arttırılarak, perdenin kuşak kirişi gibi çalışması öngörülmüştür. Fore kazıklı perdelerin bütünlüğünü sağlamak amacıyla D=65cm çaplı kazıklar için 80cm x 80cm, D=80cm çaplı kazıklar için 100cm x 100cm, boyutlarında bir başlık kirişi yapılması uygun görülmüştür.

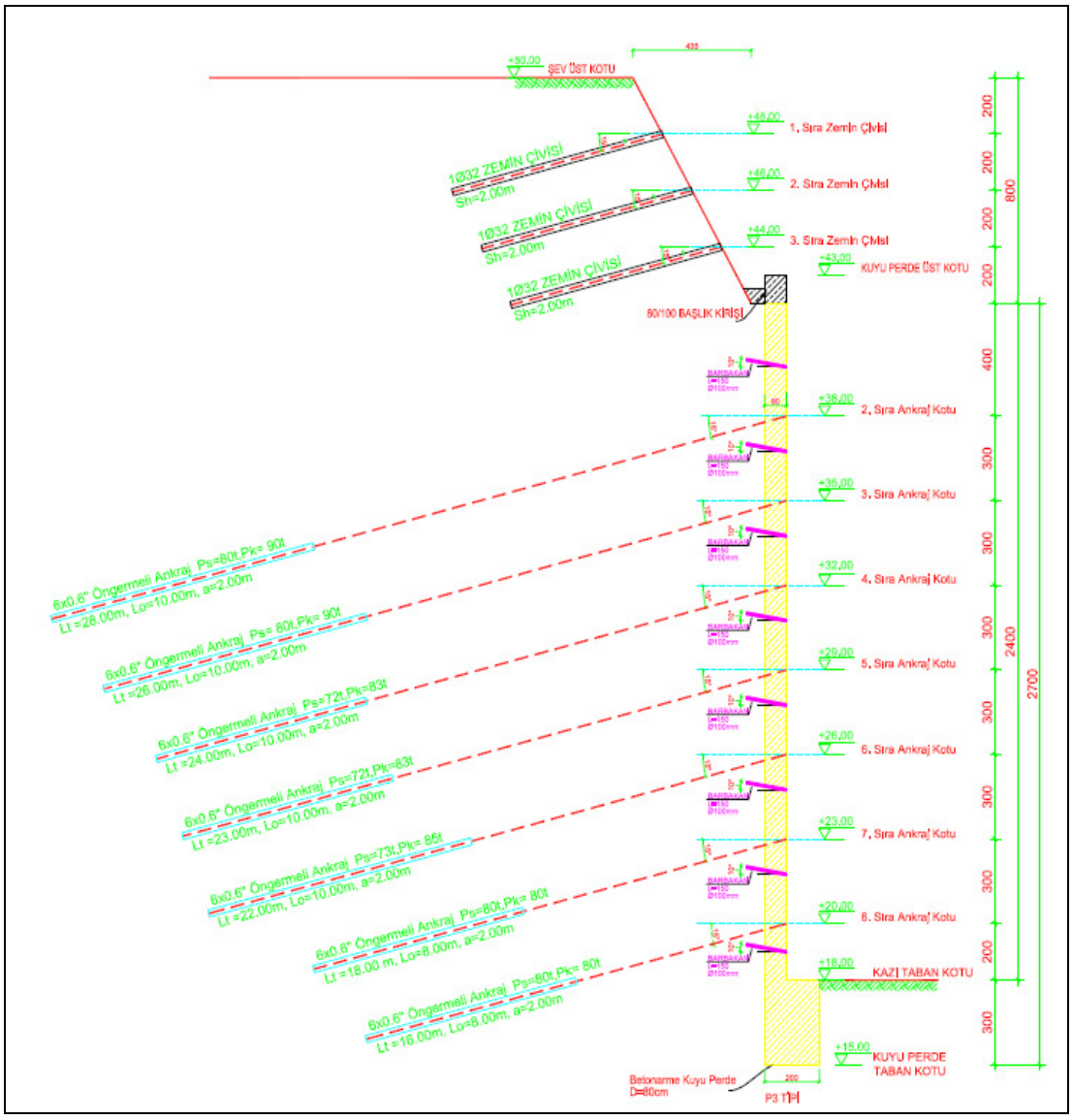
İksa sisteminde inşa edilecek D=65cm ve D=80cm çapındaki fore kazıkların minimum donatı oranı ile donatılmasının yeterli olduğu belirlenmiştir.

Ankrajların tasarım boyları; kök boyu hesabı ve kök boyunun sistemin deplasman yapması durumunda mobilize olması beklenen aktif toprak kamasına olan mesafesi dikkate alınarak belirlenmiştir. ϕ=36º kayma mukavemeti açısı için mobilize olması beklenen aktif kama için hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda, toplam boyu 16m ile 28m arasında değişen 8.0m kök boyuna sahip ankrajların imal edilmesi uygun görülmüştür.

İnceleme alanındaki zemin profilininin, grovak kayasından oluştuğu bilinmektedir. FHWA–IF–99-015 uyarınca, kumtaşı için, enjeksiyon ile kaya birim arasında en elverişsiz durumda alınabilecek adezyon değeri 0.8MPa = 800kPa'dır. Bu değerden yola çıkarak ankraj kök boyunun $L_{kök}$ = 8.0m seçilmesi durumunda, ankrajların taşıyabilmeleri öngörülen maksimum yük, D=125mm=0.125m delgi çapı için aşağıda hesaplanmıştır:

F.S=2 güvenlikle T_{maks}=8.0m*(0.125*3.14*800)/(2)=1250kN=125ton hesaplanıştır. İnceleme alanında imal edilecek öngermeli anrajlar 0.6'çapında tendonlardan teşkil edilecektir. Her bir tendonun izin verilebilir eksenel çekme kuvettinin 15ton olmasından hareketle halat sayıları belirlenmiştir.

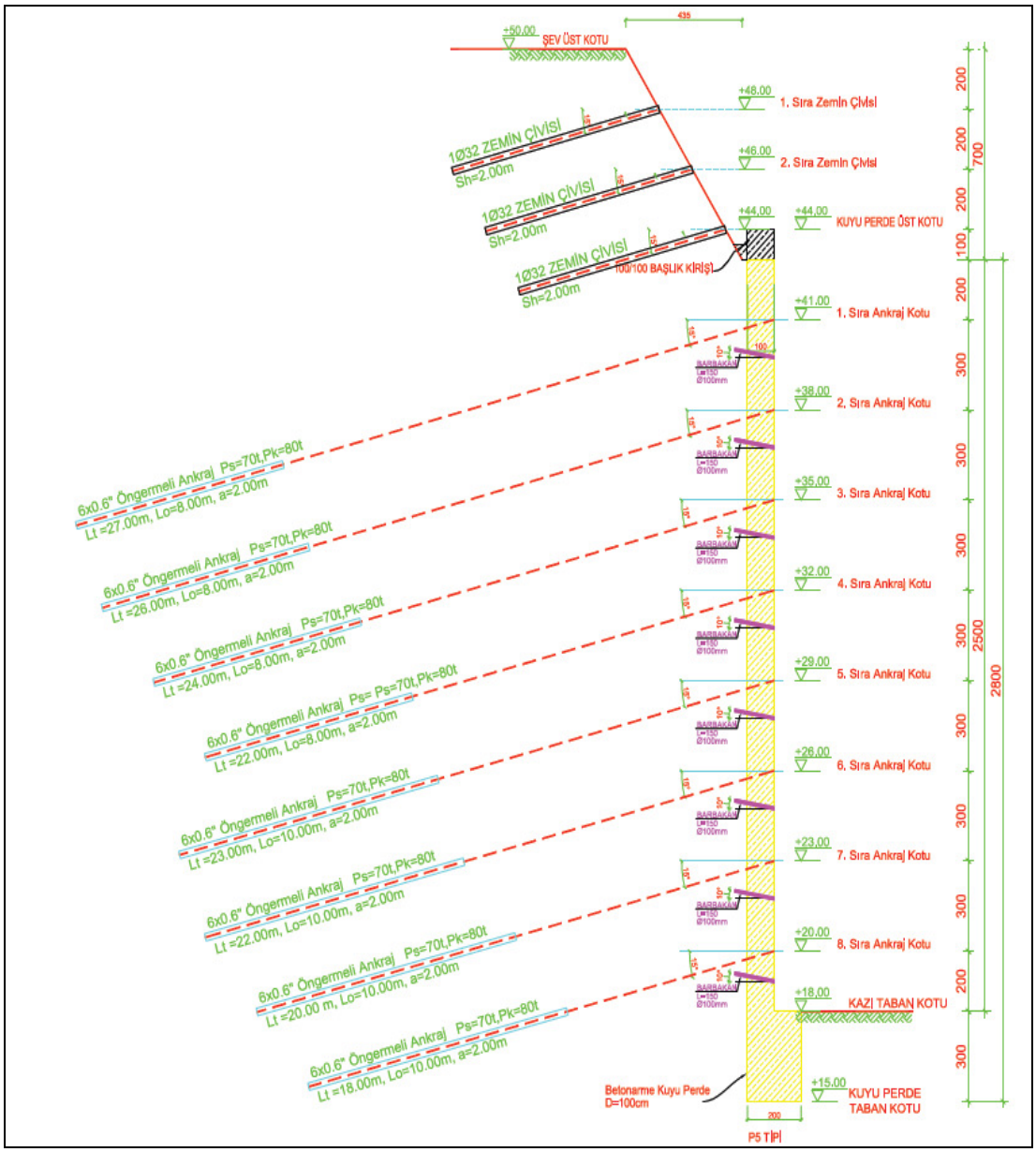
Kazının güneydoğu cephesinde geçici iksa sistemi için mevcut zemin çivili duvar korunarak D=80cm kalınlığında kuyu perdelerle düşey destek elemanı oluşturulmuştur. Şekil 4.4'te gösterilen ve Kesit 3 olarak adlandırılan bu kesitte yatay destekleme sistemi olarak 6 halatlı 8 kademe ankrajlı sistem kullanılmıştır. Ankrajlar arasındaki düşey mesafe 3.00m, yatay mesafe 2.00m olarak belirlenmiştir.



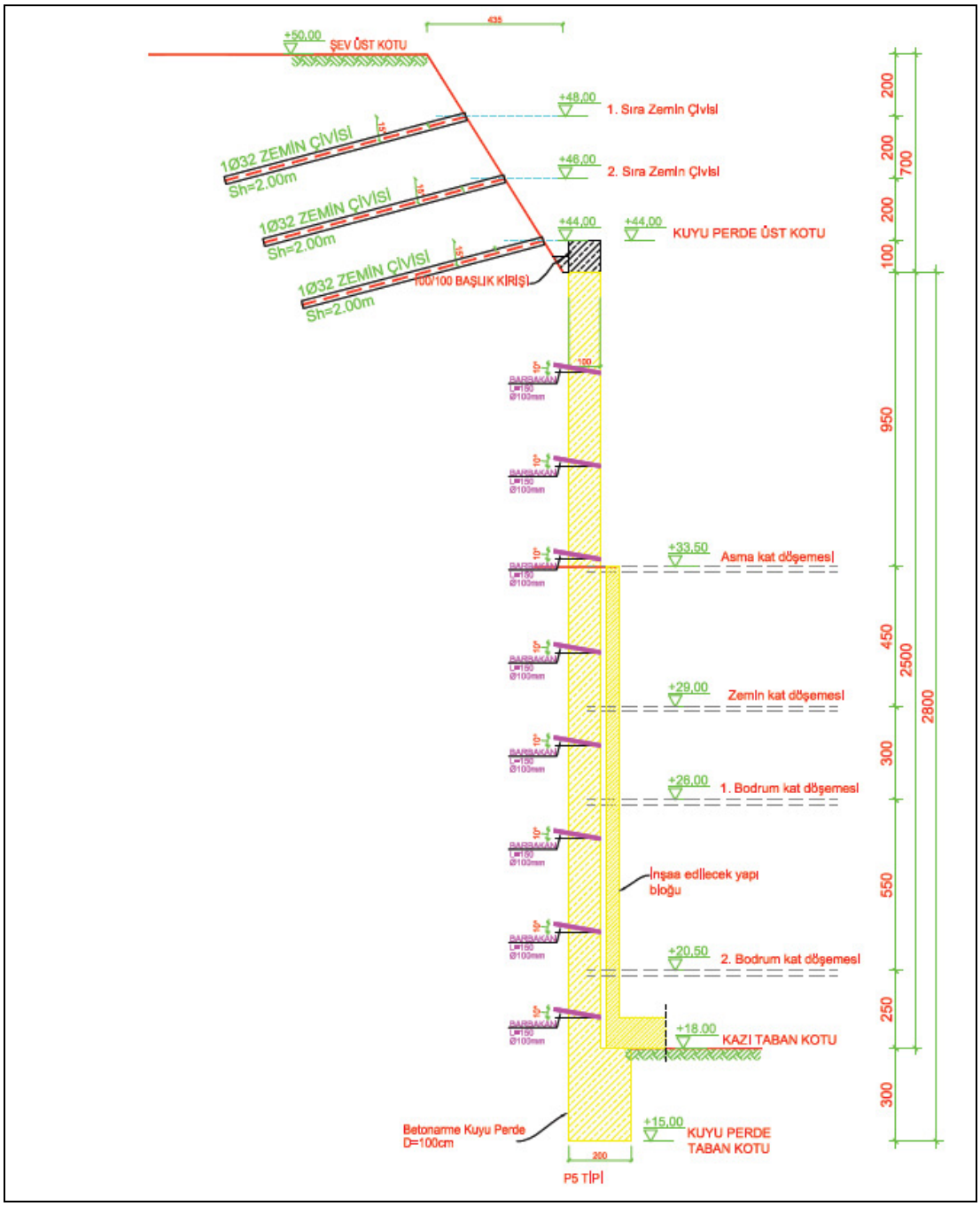
Şekil 4.4 : Kesit 3 (Enar, 2009).

Güneydoğu cephesinde duvar kretinden itibaren +33.50m kotuna kadar olan kısmı bina inşa edildikten sonra kalıcı olarak görev yapacaktır. Şekil 4.5'te gösterilen ve Kesit 5 olarak adlandırılan bu kesitte öngermeli ankrajlar görevlerini tamamladıktan sonra kuyu perdeler konsol çalışacaktır. Bu kesitte kuyu kalınlığı D=100cm olarak seçilmiş ve yatay destekleme sistemi olarak 6 halatlı 8 kademe ankraj sistemi

kullanılmıştır. Ankrajlar arasındaki düşey mesafe 3.00m, yatay mesafe 2.00m olarak belirlenmiştir. Şekil 4.6'da bu kesitin kalıcı durumu gösterilmiştir.

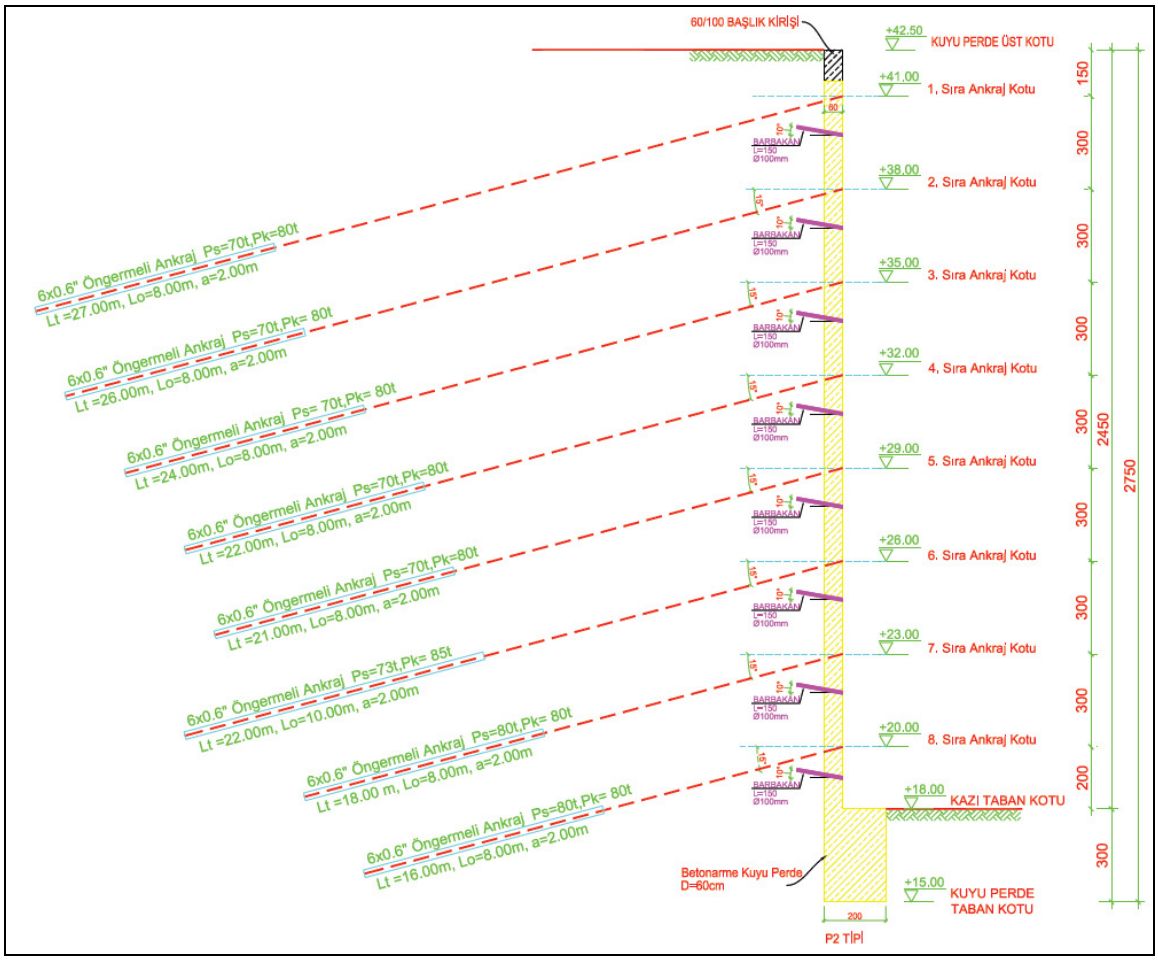


Şekil 4.5 : Kesit 5- Geçici (Enar, 2009).



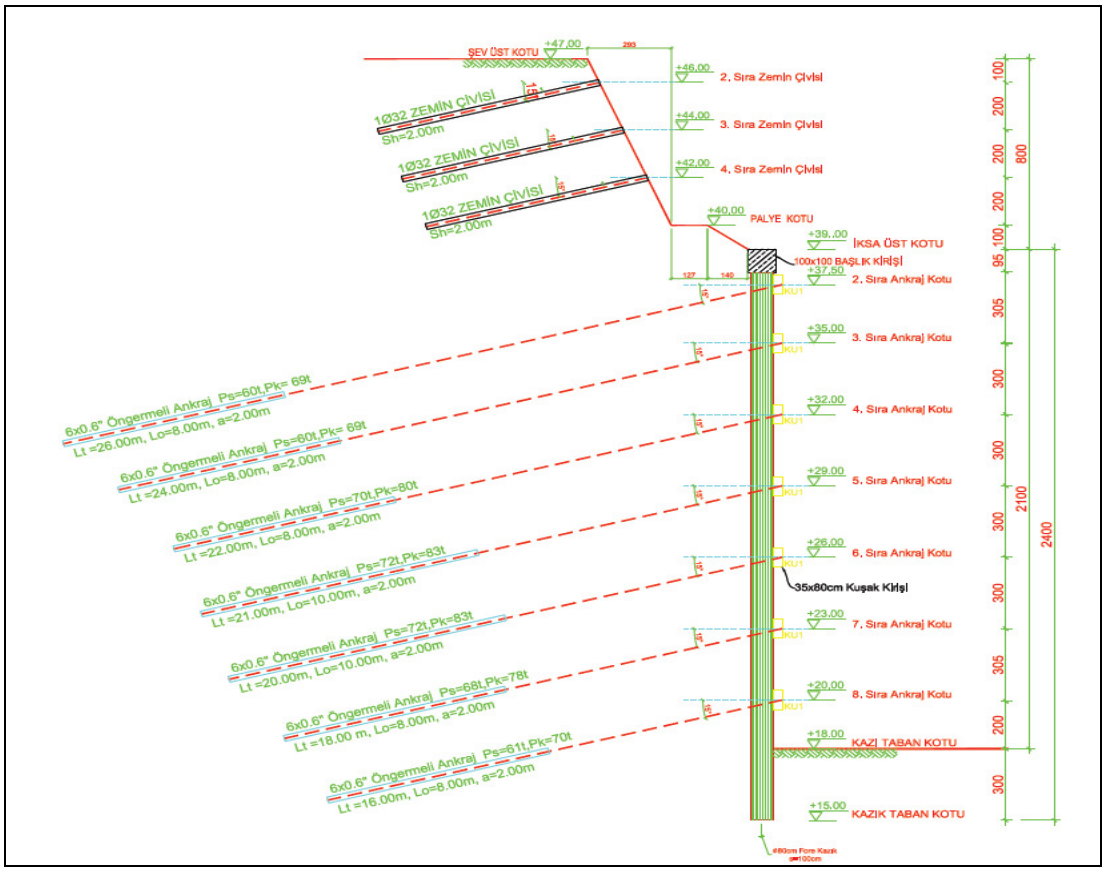
Şekil 4.6 : Kesit 5 Kalıcı (Enar, 2009).

Kazının doğu cephesinde iksa sistemi için D=60cm kalınlığında kuyu perdelerle düşey destek elamanı oluşturulmuştur. Şekil 4.7'de gösterilen ve Kesit 3' olarak adlandırılan bu kesitte yatay destekleme sistemi olarak 6 halatlı 8 kademe ankrajlı sistem kullanılmıştır. Ankrajlar arasındaki düşey mesafe 3.00m, yatay mesafe 2.00m olarak belirlenmiştir.

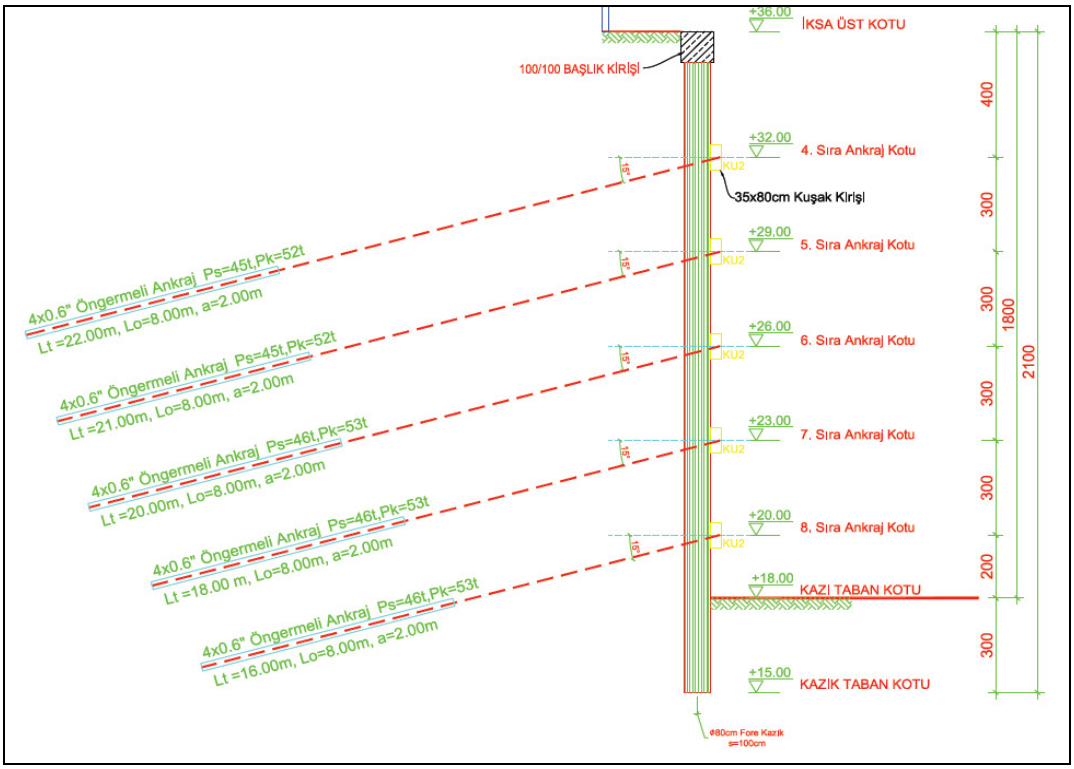


Şekil 4.7 : Kesit 3' (Enar, 2009).

Kazının güneybatı ve batı cephelerinde, diğer cephelerde devam etmekte olan kuyu perde imalatları sırasında açığa çıkan kazı malzemesi ile bir platform teşkil edilmesine ve bu platform üzerinden D=80cm çapında iksa kazıklarının yapılması kararlaştırılmıştır. Güneybatı cephesinde yer alan Şekil 4.8'de gösterilen Kesit 7 olarak adlandırılan kesitte yatay destekleme sistemi olarak 6 halatlı 7 kademe ankrajlı sistem, batı cephesinde yer alan Şekil 4.9'da gösterilen Kesit 8 olarak adlandırılan kesitte yatay destekleme sistemi olarak 4 halatlı 5 kademe ankrajlı sistem kullanılmıştır. Ankrajlar arasındaki düşey mesafe 3.00m, yatay mesafe 2.0m olarak belirlenmiştir.

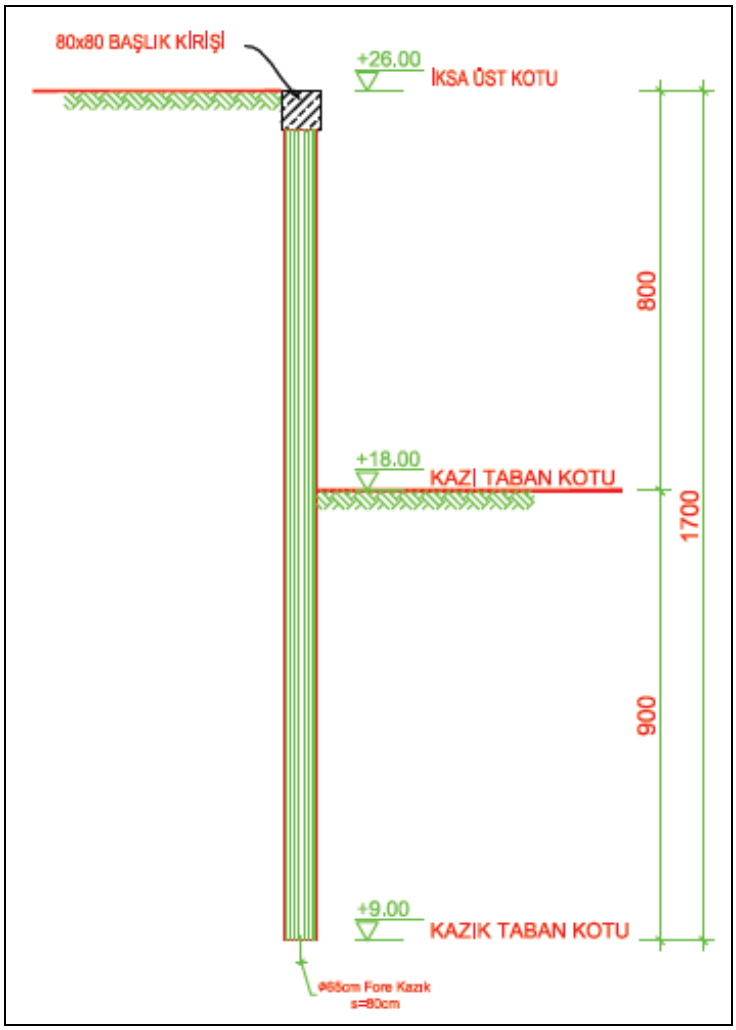


Şekil 4.8 : Kesit 7 (Enar, 2009).



Şekil 4.9 : Kesit 8 (Enar, 2009).

Arazinin Haliç'e bakan kuzey cephesinde Şekil 4.10'da gösterilen Kesit 1 olarak isimlendirilen bu kesitte L=17m, D=65cm fore kazıklardan oluşan konsol bir iksa sistemi inşa edilmesine karar verilmiştir. Söz konusu cephede, komşu arazi 4.5m–5.0m daha düşük yüzey kotuna sahiptir. İnceleme alanında yapılacak temel kazısı ile komşu arazi kotunun 6.0m altına inilecektir. Temel kazısı sırasında iki arsayı birbirinden ayıran tarihi taş duvarın korunması amacıyla fore kazık imalatları, yaklaşık 6.0m boş forajla, mevcut arazi kotundan yapılacaktır. Bu sayede fore kazık makinesinin tarihi taş duvara zarar vermesi önlenmiş olacaktır.



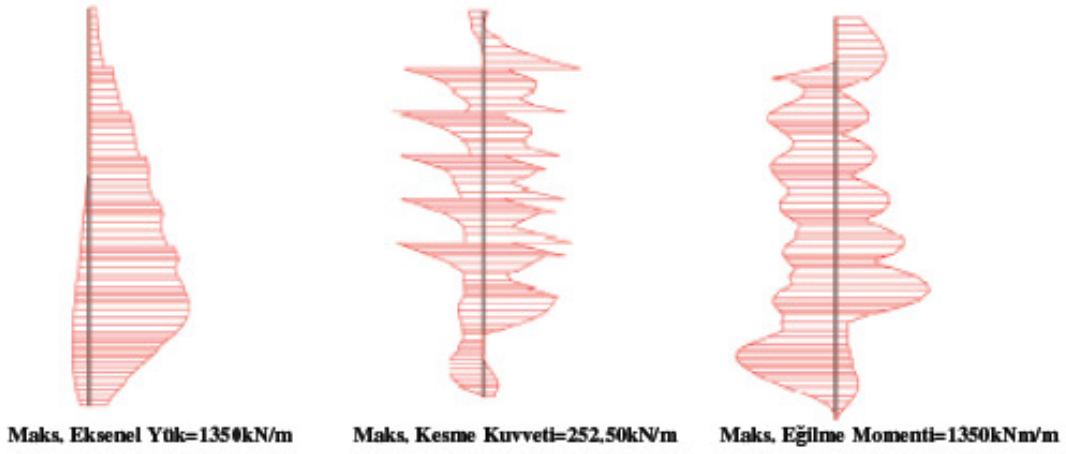
Şekil 4.10 : Kesit 1 (Enar, 2009).

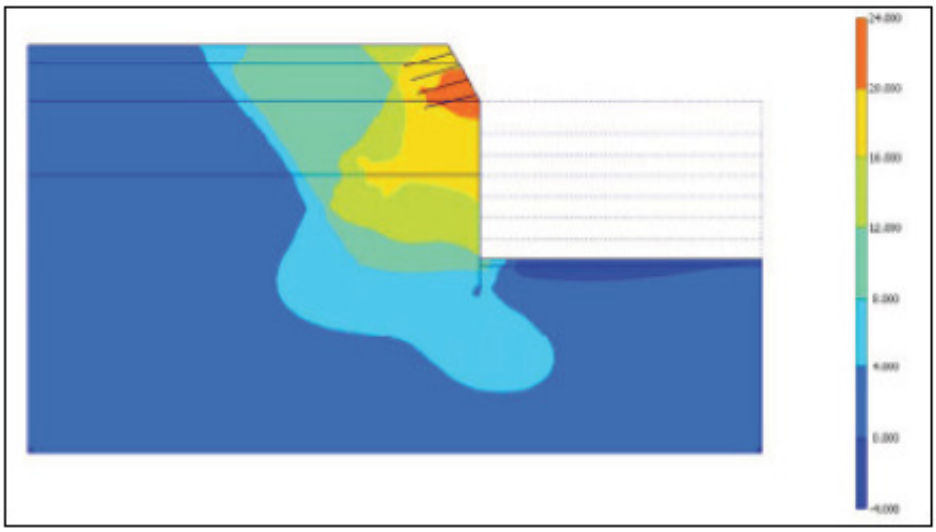
İksa sisteminin düşey yapısal elemanlarına etkimesi beklenen iç tesirler, iksa sisteminde meydana gelmesi beklenen yatay deplasmanlar ve iksa sistemi yatay desteklerine etkimesi beklenen eksenel yükler Plaxis 9.01 sonlu elemanlar yazılımından yararlanılarak bulunmuş ve Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 : Analiz sonuçları (Enar, 2009).

	Maks.Eğilme Momenti (kNm/m)	Maks.Kesme Kuvveti (kN/m)	Maks.Eksenel Yük (kN/m)	Maks.Yatay Deplasman (mm)
Kesit 1	195.50	134.95	-173.99	36
Kesit 2	346.70	250.60	-494.50	24
Kesit 3	270.00	252.50	-1350	24
Kesit 4	515.30	271.90	-1300	15
Kesit 4'	382.60	252.30	-1060	10
Kesit 4' Kalıcı	1480	493.00	-1060	-
Kesit 4' Kalıcı Pseuda Statik	1550	816.64	-1180	-
Kesit 5	478.50	278.20	-1260	16
Kesit 5 Kalıcı	577.80	411.80	-1450	-
Kesit 5 Kalıcı Pseuda Statik	1990	1730	1310	-
Kesit 6	245.60	224.80	-1220	15
Kesit 7	265.30	216.80	-1120	12
Kesit 8	231.00	195.40	-578.00	4
Kesit 9	154.80	154.40	-370.00	3

Parselin güneydoğu cephesinde parselin arkasında yer alan binalardan kaynaklı sürsarj yükünün fazla olması nedeniyle Kesit 3 olarak isimlendirilen kesit kritik kesittir. Şekil 4.11'de Plaxis 9.01 sonlu elemanlar yazılımından elde edilen Kesit 3 olarak isimlendirilen kesitte olması beklenen maksimum eğilme momenti, maksimum kesme kuvveti, maksimum eksenel yük ve maksimum yatay deplasman gösterilmektedir.





Şekil 4.11 : Kesit 3 Plaxis sonuçları (Enar, 2009).

4.3 Proje revizyonları ve kazının tamamlanması

Kazı esnasında karşılaşılan zemin/kaya niteliğine ve iksa sisteminin yatay deplasmanlarına bağlı olarak iksa sistemi sırasında proje revizyonlarına gidilmiştir.

İksa sisteminin güney cephesinin belirli bölgelerinde, Şekil 4.12'de gösterildiği gibi kuyuların sert kumtaşlarına oturmasından dolayı kuyu kazıları kuyu taban kotuna inilememiştir. Temel alt kotuna Şekil 4.13'te gösterildiği gibi aç kapa perde imalatlarıyla inilmiştir.

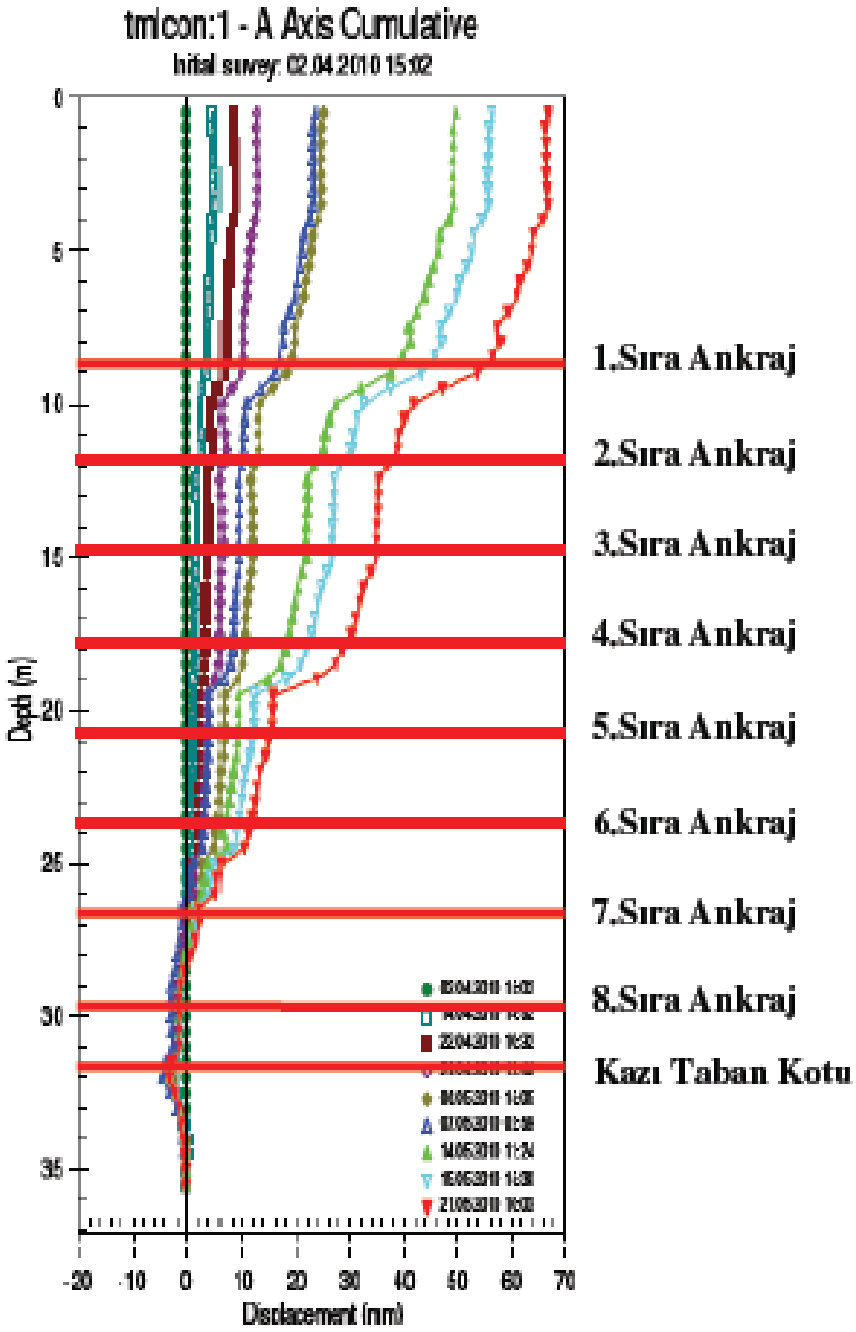


Şekil 4.12 : Kuyu kazılarında karşılaşılan sert zemin örnekleri.



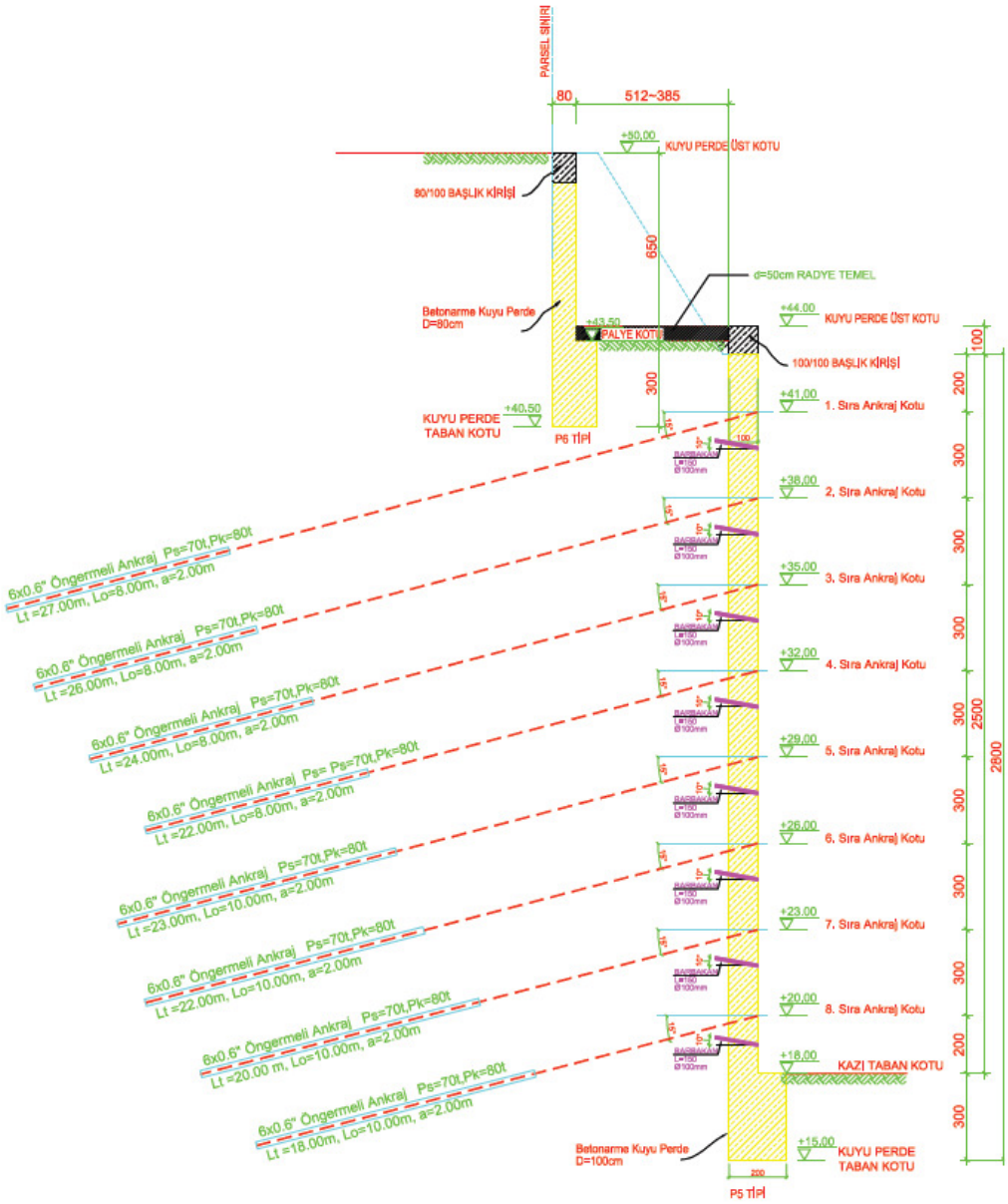
Şekil 4.13 : Aç kapa perde imalatı.

Hilton Garden Inn iksa sistemi projelendirilirken sahanın güney sınırı boyunca zemin çivili perdenin korunmasına karar verilmişti. Güney cephesinde bulunan ve Şekil 4.14'te gösterilen inklinometre 3 kuyusunda ani deplasman gözlemlenerek mevcut zemin çivili duvarda çatlamalar meydana gelmiştir.

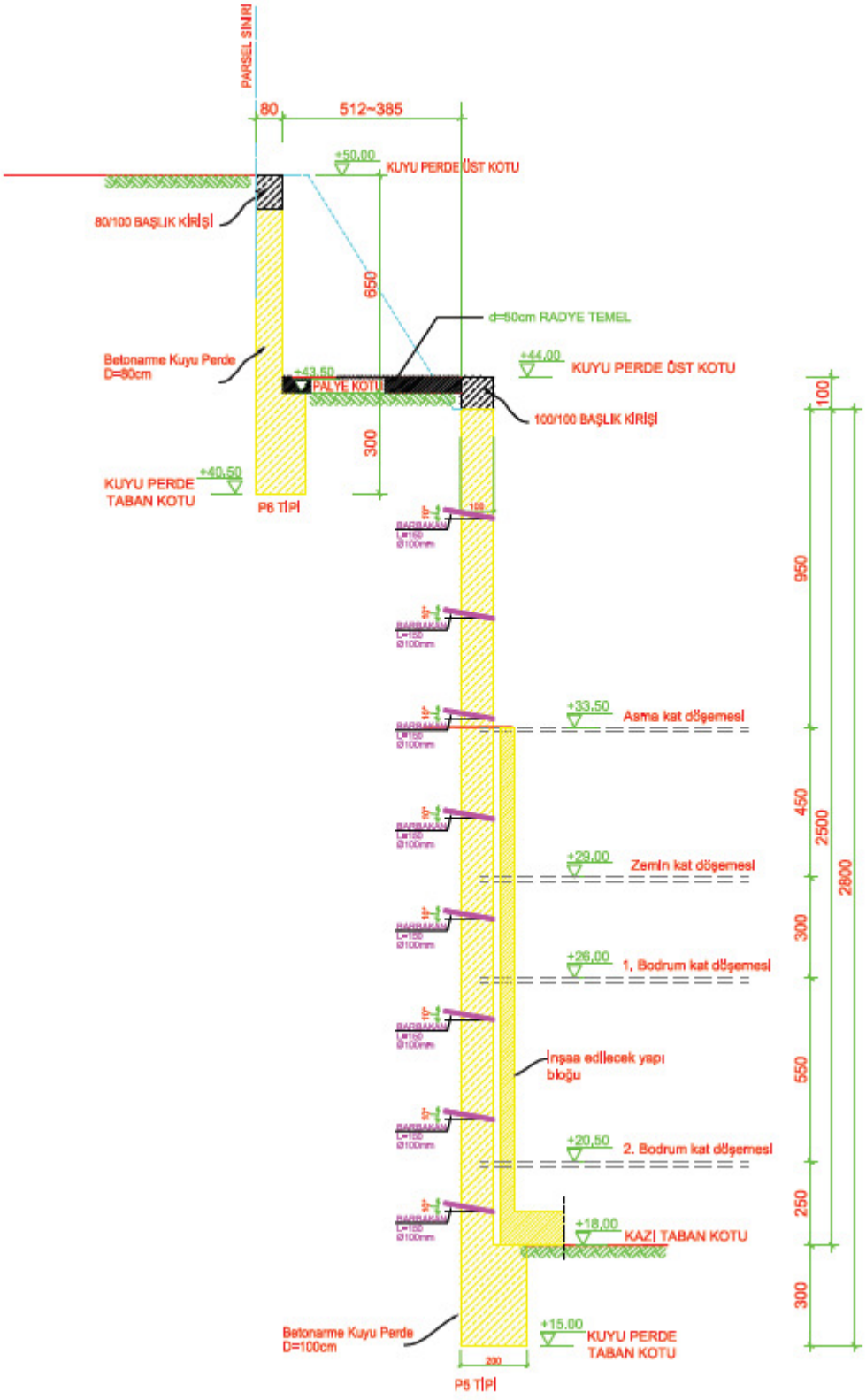


Şekil 4.14 : İnklinometre 3 grafiği.

İksa sisteminin ve çevre yapıların güvenliğini sağlamak amacıyla daha önce Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te gösterilen Kesit 5'in kalıcı ve geçici durumları Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da gösterildiği gibi konsol boyu 3,00m olan D=100cm kalınlığında konsol kuyu perdelerle revize edilmiştir.



Şekil 4.15 : Revize kesit 5 geçici durum.



Şekil 4.16 : Revize kesit 5 kalıcı durum.

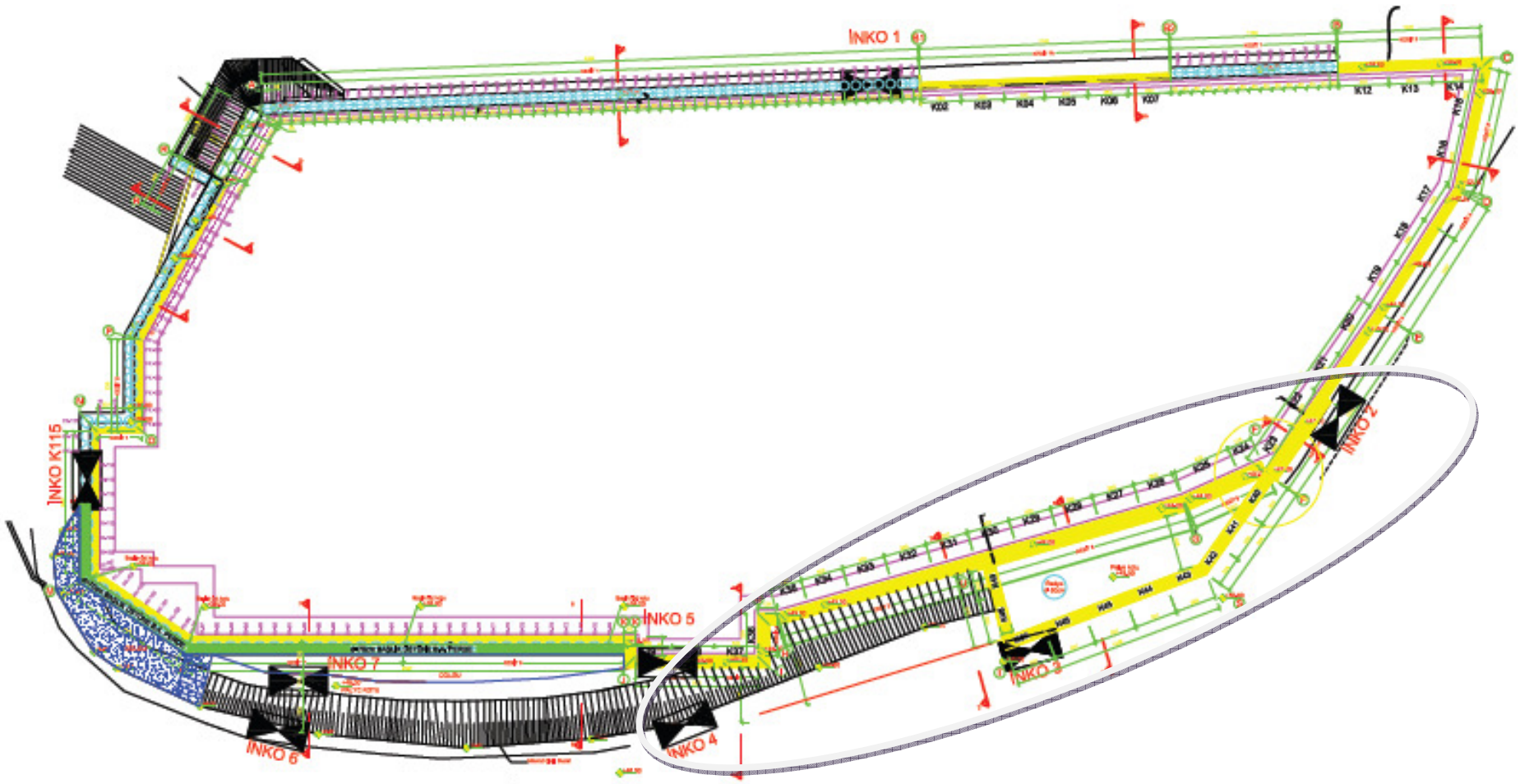
Şekil 4.17'de gösterildiği gibi konsol kuyular mevcut zemin çivili duvarın 3.00 m'lik anolar halinde kırılmasıyla inşa edilmiştir.



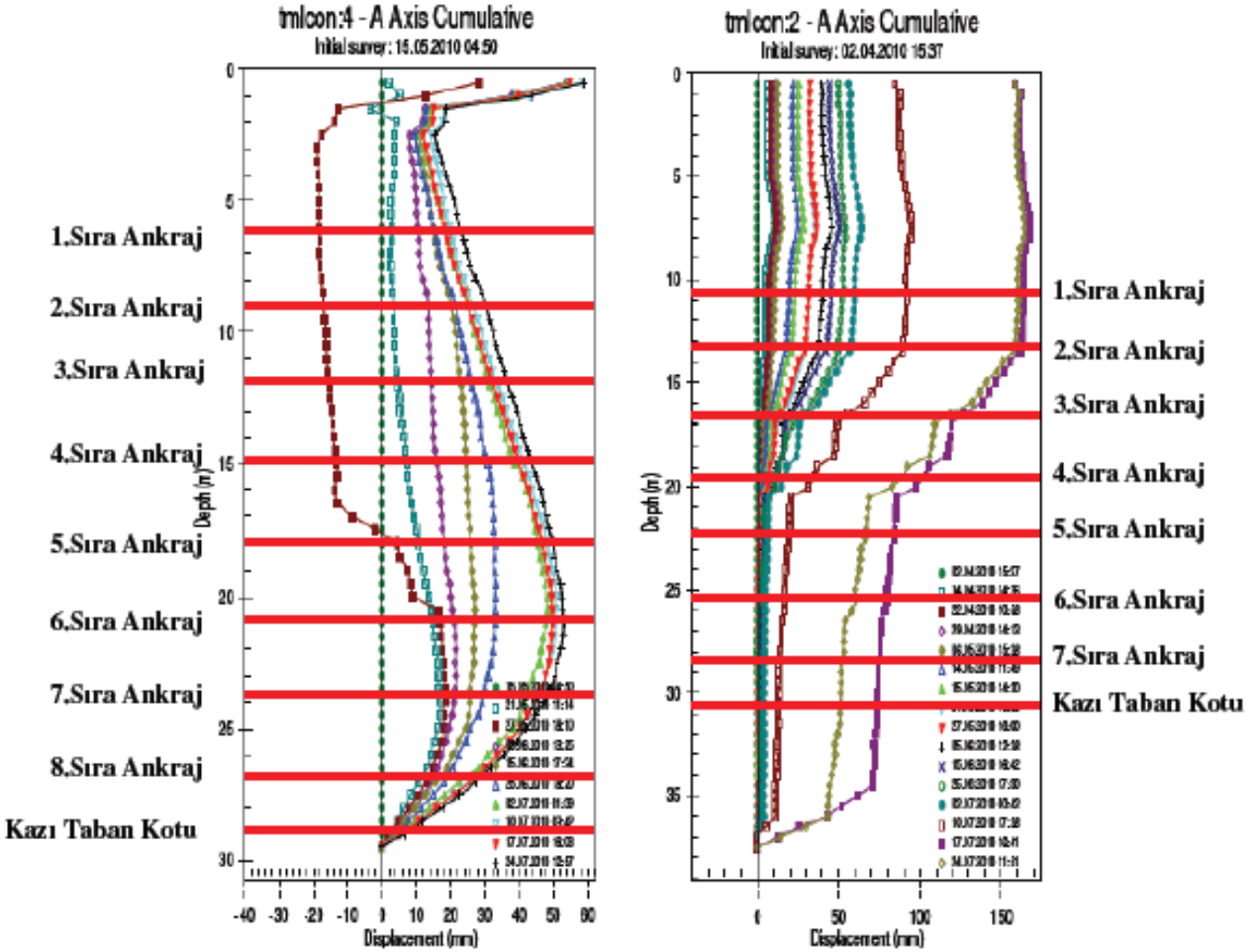
Şekil 4.17 : Yeni kuyu perde duvar imalatı.

İksa sisteminin doğu ve güneydoğu cephesinde bulunan 8. kademe ankrajlar radye temel ve perde duvar betonarme imalatının hızlı bir şekilde tamamlanacağı gerekçesiyle iptal edilmiştir.

İksa sisteminin güneydoğu cephesinde bazı ankrajların FHWA–IF–99 uyarınca minumum uzama oranını ($\Delta min = 0{,}8(P.L)/A.E$) sağlayamamasından dolayı ankraj kafasından verilen öngerme yükünün halat demetine aktarılamamış ve ankrajlar proje yüklerinden daha düşük yüklere gerilmişlerdir. Minumum uzama yapan ankrajların yerine ilave ankrajlar yapılmıştır; fakat ilave ankrajlar, mevcut ankraj sırasının hemen 1.00 m altından değil, perde kesitini daha yüksek eğilme momentine çalıştıracak şekilde 1.50m- 2.00m altına yapılmasından dolayı kuyu perdelerin üzerinde yer alan öngermeli ankrajların 4 adetinde, kazı kotu ortalama +24,50m seviyesindeyken ankraj halatlarını öngerme yüküne kiltleyen ve grip adı ile bilinen konik kamaları boşaltmış ve boşalma sonucu söz konusu dört adet gribin fırladığı görülmüştür. Şekil 4.18'de gösterildiği gibi tariflenen bölgede meydana gelmiş olan deplasman gözlemleri inklinometre 2, inklinometre 3 ve inklinometre 4 aracılığı ile yapılmaktaydı. Bu inklinometrelerden 3 numaralı inklinometre, inceleme alanındaki shotcrete- zemin çivili perde yerine yapılan ikinci kademe kuyuların imalatı sırasında hasar görmüş ve devre dışı kalmıştır. İnklinometre 2 ve inklinometre 4'den alınan okumalar Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

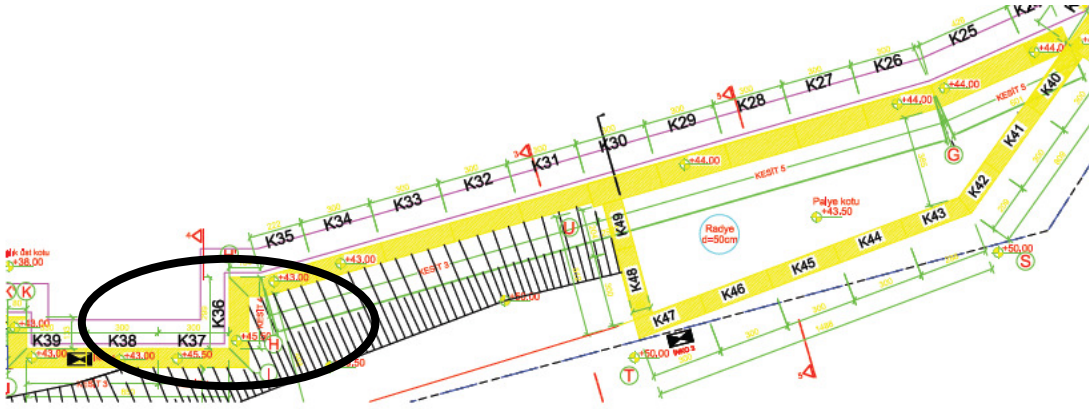


Şekil 4.18 : İnklinometre 2, 3 ve 4'ün plan üzerindeki yeri.



Şekil 4.19 : İnklinometre 2 ve inklinometre 4 okumaları.

İnklinometre 4'ten alınan okumalara bakılacak olursa, ilgili bölgedeki yatay deplasman değerlerinin 02.07.2010 ile olayın meydana geldiği 24.07.2010 tarihleri arasında, devam eden temel kazısına bağlı olarak 60mm mertebesinde arttığı görülmektedir. Ancak okumalarda dikkat çeken nokta, 10.07.2010-17.07.2010 tarihlerinde alınan yatay deplasman okumalarının birbirine ve iksa sistemine paralel olmasıdır. Bu hareketin sebepleri araştırılmış Şekil 4.20'de gösterilen K36 numaralı kuyunun hiçbir ankrajla desteklenmediği, köşe tesiri ve kaya yüzeyi ile kuyu perdenin iç yüzeyi arasındaki sürtünme ile durduğu tesbit edilmiştir. L şeklindeki söz konusu kuyu bu aşamaya kadar iksa sistemi ile bir bütün olarak çalışmış, ancak +26.00m kotuna inilmesi ile iksa sisteminin ayrı olarak hareket etmeye başlamıştır. İnklinometre 4, K36 numaralı perdenin ekseninde yer almaktadır ve perdenin deplasmanını doğrudan yansıtmaktadır. Dolayısıyla 4 nolu inklinometreden alınmış olan yatay deformasyonlar, iksa sisteminin bu kesimdeki yer değiştirmelerini yansıtmamaktadır. Söz konusu kuyu ankrajlarla geriye bağlanarak deplasmanlar kontrol altına alınmıştır. (Özalp, 2010)



Şekil 4.20 : K36 kuyu konumu.

İnklinometre 2'den alınan okumalara bakılacak olursa 02.07.2010 ile 17.07.2010 tarihleri arasında, kazı tabanına kadar yapılan temel kazısına rağmen 5mm-6mm gibi sınırlı bir deplasman görülmektedir. Bu inklinometreden alınan okumalar, iksa perdesinin en üste (perde kretinde) herhangi bir yerdeğiştirme yapmadığını, kazın derinleşmesine bağlı olarak iksa perdesinin alt kısımlarında göbeklenme davranışı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu inklinometrede, toplamda 50mm olan yatay deplasman, 30m derinliğinde temel kazısı dikkate alındığında kazı derinliğinin %0.17'si mertebesindedir. Literatürde, aktif kamanın mobilize olması için gereken yatay deplasman miktarı %0.3 olarak tariflenmektedir. Meydana gelen yatay yer

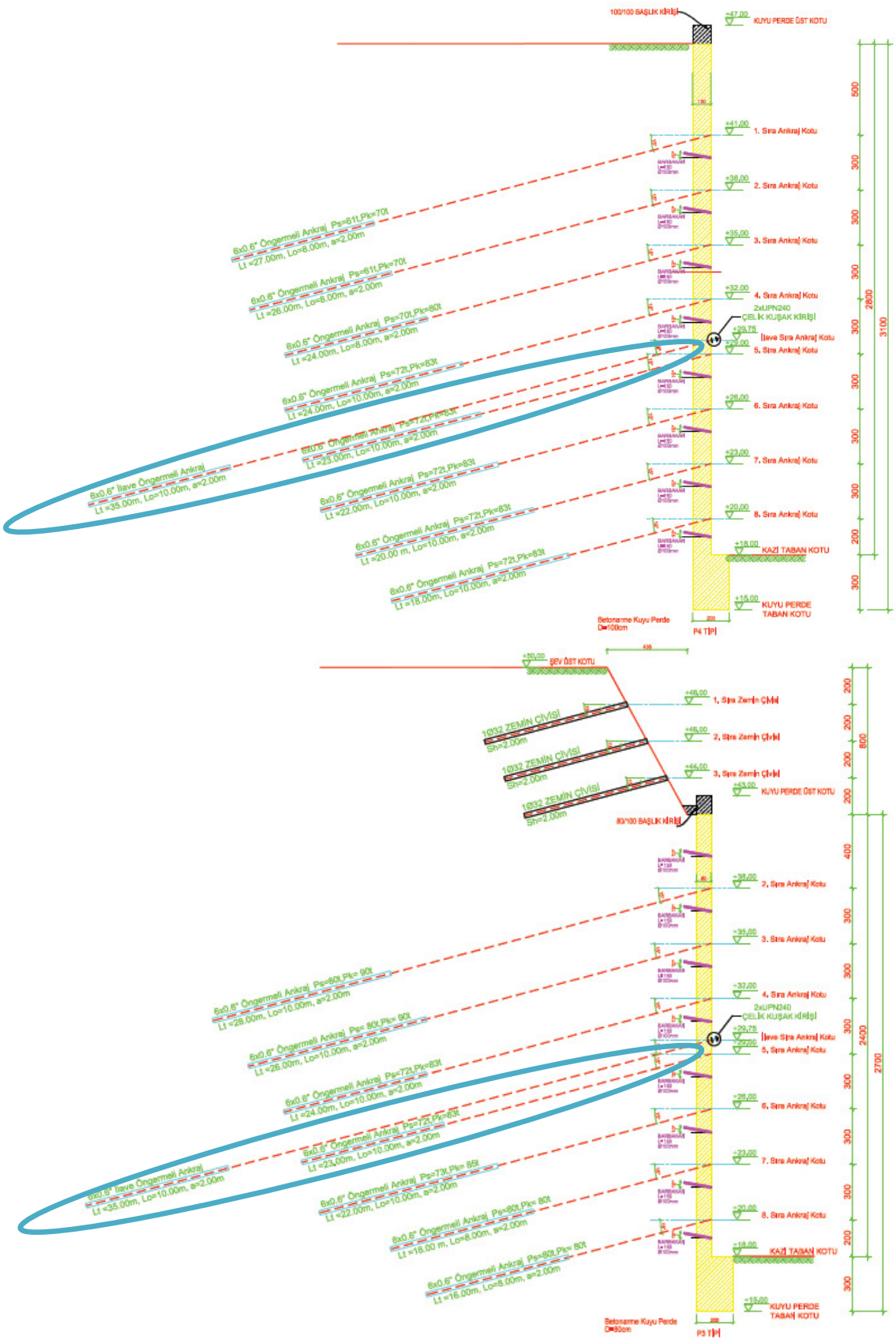
değiştirme değeri, bir derin kazıda izin verilen deplasman miktarından çok küçüktür (Özalp, 2010).

İksa sisteminde temel kazısının +24.50m seviyesindeyken meydana gelmiş olan yatay deplasmanların miktarları, derin kazılarda izin verilen toleranslar dahilinde olsa da, iksa sisteminin desteklediği yamaçta yer alan mühendislik mimarlık hizmeti almamış olan, genelde anakaya üzerindeki dolgulara gelişigüzel temellerle taşıtılan ruhsatsız yapıların tolere edilebilir değerdeki (%0.17) deplasmanları bile tolere edememiş olması nedeniyle güneydoğu cephesinde Şekil 4.21'de gösterildiği gibi +29.00m kotuna geri dolgu yapılmasına sebebiyet vermiştir.



Şekil 4.21 : +29.0m kotuna geri dolgu yapılması.

Geri dolgu işlerimi tamamlandıktan sonra cephede imal edilmiş tüm ankrajların öngerme yüklerinin tekrar kontrol edilmiş, ferahlayan ve proje yükünü taşımadığı tespit edilen ankrajların tekrar gerilmiştir, ayrıca Şekil 4.22'de gösterildiği gibi 3. ve 4. Sıra öngermeli ankrajların arasına mevcut ankraj köklerinin gerilme soğanının belirlediği kama yüzeyi ile çakışmayacak şekilde boyları 35.00m olan bir sıra ilave ankrajlar yapılmış ve bu ankrajlar bir çelik kuşak kirişine oturtularak iksa sisteminin yataydaki sürekliliği sağlanmıştır.



Şekil 4.22 : İlave ankrajlar.

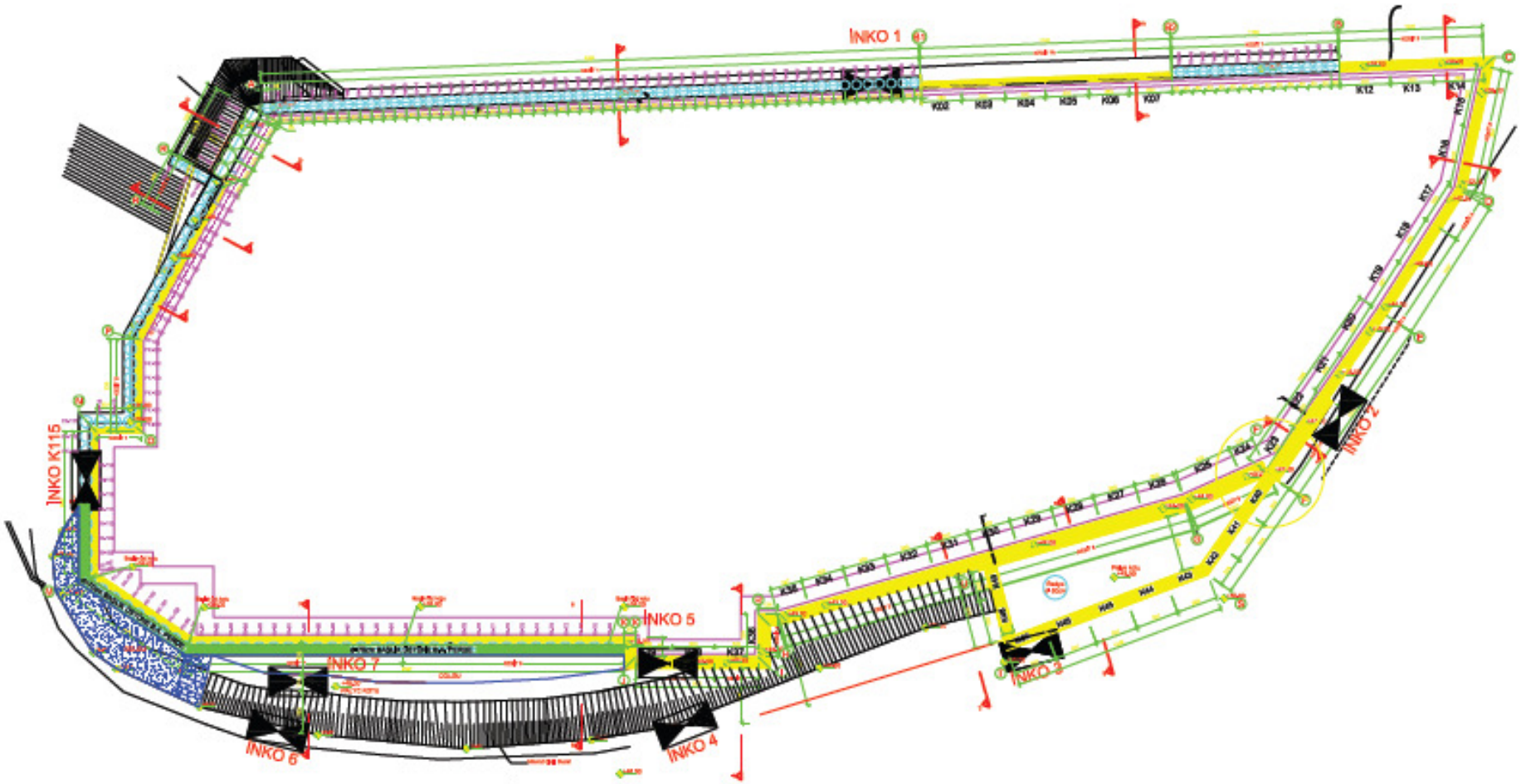
Kazının temel tabanına ulaştığı kesimlerde Şekil 4.23'te gösterildiği gibi temel ve bodrum katların inşaatına başlanmıştır. Temel ve bodrum katların inşası hızlı bir şekilde tamamlanarak iksa sistemi yatayda desteklenmiş ve oluşabilecek yatay deplasmanların önüne geçilmiştir.



Şekil 4.23 : Üst yapı çalışmaları.

4.4 Aletsel Gözlem

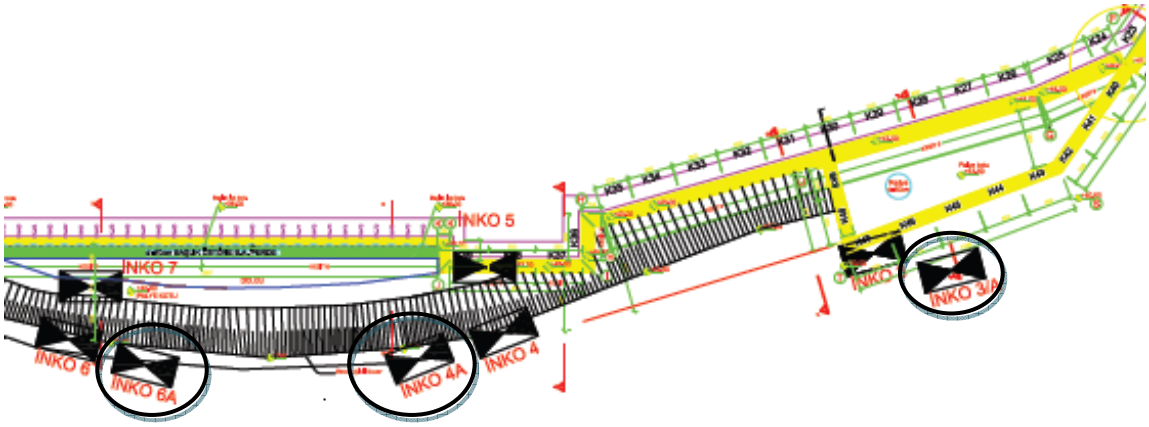
Hilton Garden Inn temel kazısı süresince iksa sisteminde meydana gelecek yatay deplasmanların hesap edilen veya izin verilebilen değerler dahilinde olup olmadığının periyodik olarak gözlenmesi gerek iksa sisteminin gerekse çevre yapıların güvenliği açısından oldukça önemliydi. Bu kapsamda Şekil 4.24'te konumları gösterilen 8 adet inklinometre tesis edilerek periyodik okumalar alınmış ve deplasmanlar gözlemlenmiştir.



Şekil 4.24 : İnklinometre kuyularının konumları.

İnklinometreler, toptan göçme tahkikini sağlaması için kazı taban kotunun 3-5 m. altında tesis edilmiştir. Her bir inklinometreden haftalık periyotlarda okuma alınmış, iksa sisteminde beklenenden fazla deplasman görüldüğü okumalar sıklaştırılmıştır.

Kazı esnasında inklinometre tesisleri için gerekli güvenlik önlemleri alınmasına karşın; 3, 4 ve 6 no'lu inklinometre kuyuları ankraj delgileri esnasında zarar görmüş, bunlar yerine Şekil 4.25'de konumları gösterilen yeni inklinometre kuyuları tesis edilmiştir.



Şekil 4.25 : Yeni inklinometre kuyu konumları.

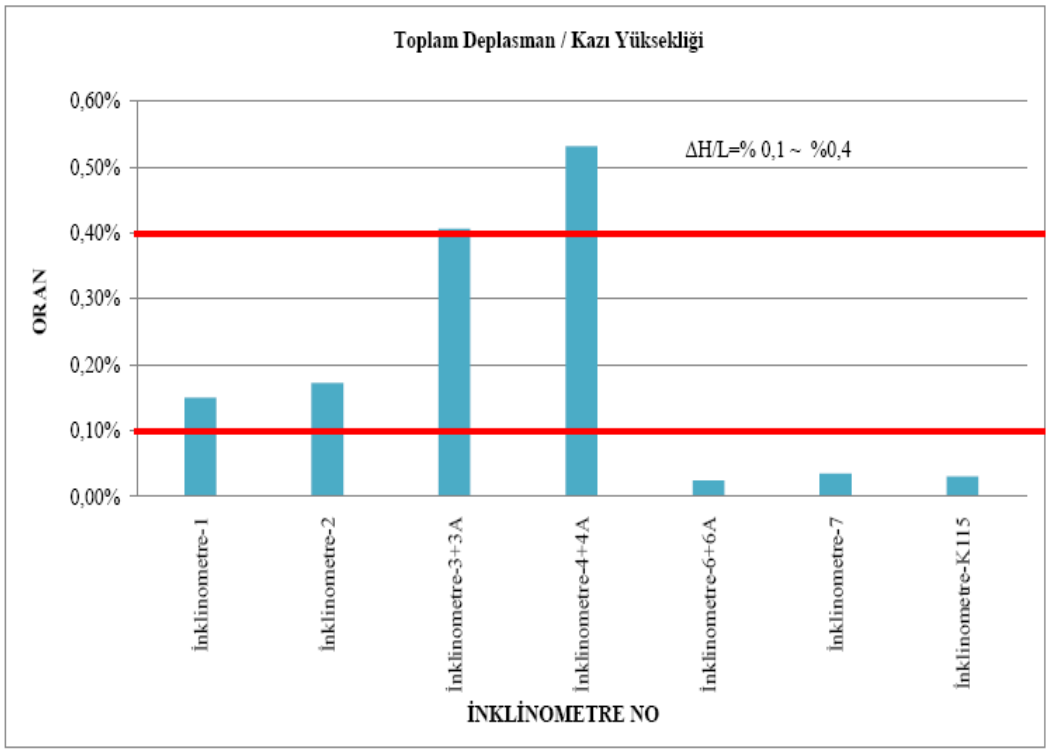
Hilton Garden Inn temel kazısı süresince inklinometre tesislerinden alınan okuma sonuçları EK D'de verilmiştir.

Kazı güvenliği açısından cephe yüksekliği ile deplasman miktarı arasındaki oran %0.1 ila %0.4 arasında olması uygun görülmektedir (Das, 1999). Hilton Garden Inn temel kazısı çukurunda oluşan deplasman oranları Çizelge 4.4'te ve Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

İksa sisteminde oluşan ani deplasmanın gözlemlendiği 4 nolu inklinometrenin bulunduğu güneydoğu cephesi dışında, kazının diğer cephelerinde kazı güvenliğini tehlikeye sokacak bir deplasman oranı gözlenmemektedir. 4 nolu inklinometrenin bu şartı sağlamamasının sebebi ise inklinometre kuyusunun hiçbir ankrajla desteklenmeyen K36 numaralı ekseninde yer alması ve doğrudan perdenin deplasmanını yansıtmasındandır. Söz konusu kuyu ankrajlarla geriye bağlanarak yerdeğiştirmeler sona ermiştir.

Çizelge 4.4 : Deplasman ve cephe yüksekliklerinin karşılaştırılması.

İnklinometre No	Max Deplasman	Cephe Yüksekliği	Oran
İnklinometre-1	1,20	8,00	0,15%
İnklinometre-2	5,00	29,00	0,17%
İnklinometre-3+3A	13,00	32,00	0,41%
İnklinometre-4+4A	16,20	30,50	0,53%
İnklinometre-6+6A	0,70	29,00	0,02%
İnklinometre-7	0,70	20,00	0,04%
İnklinometre-K115	0,70	23,00	0,03%



Şekil 4.26 : Deplasman ve cephe yükseklikleri oranı.

5. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında; derin kazıların günümüzdeki önemi hakkında bilgiler verilmiş, derin kazılarda cephelere etkiyen yanal toprak basınçlarına, yanal toprak basıncından kaynaklanan yükleri taşıtılmasında kullanılan iksa sistemlerine değinilmiştir. İksa sistemleri düşey ve yatay elemanlar olarak ikiye ayrılarak geniş biçimde açıklanmıştır.

İksa yapılarının projelendirilmesinde öncelikle iksa sistemine etkiyen yüklerin karşılanması ve stabilitenin sağlanması için uygun destek sistemlerinin belirlenmesi ve boyutlandırılması gerekmektedir. Seçilen bu destek elemanları kazı sahasının çevresinde bulunan bina, yol ve mevcut tesislerde oluşabilecek hasar riskini ve zemin deplasmanlarını kabul edilebilir sınırlar içinde tutmalıdır. Bu sistemin sağlanabilmesi için detaylı bir geoteknik araştırma ve zemin etütü yapılarak zemin özelliklerinin çok iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Aletsel gözlemler, iksa sisteminde meydana gelebilecek yatay deplasmanların ve çevre yapıların güvenliğinin kontrolü için büyük önem arz etmektedir. Derin kazılarda deplasman kontrolü için bilinen en çok kullanılan yöntem kritik noktalara inklinometre tesis edilerek bu noktalardan periyodik olarak okuma alınmasıdır. Bu gözlemler neticesinde elde edilen bilgiler ışığında iksa sisteminin ve çevre yapıların güvenliği kontrol edilerek gerekli tedbirler alınabilir.

Tez dahilinde Hilton Garden Inn Sütlüce Oteli temel kazısı çukuru incelenmiştir. Proje kapsamında yapılacak olan otel inşaatına ait 8m ile 35m arasında değişecek temel kazısı için geoteknik araştırmalar yapılmıştır. Yapılan geoteknik araştırmalar neticesinde otelin oturacağı alanda; 2m ile 7m arasında değişen dolgu tabakası ve onun altında SPT N>50 olan ayrışmış kumtaşlarına rastlanılmıştır.

Otelin iksa sistemi seçilirken mevcut durumlar gözönüne alınmıştır. Yapılacak otel inşaatında iksa düşey elemanı olarak başlangıçta D=80cm'lik fore kazıklar düşünülmüş fakat yapılması gereken büyük oranda platform dolgusu nedeniyle

ağırlıklı olarak kuyu temeller tercih edilmiş, yatay elemanlar olarakta ankrajlar kullanılmıştır.

Kazı esnasında yapılan incelemeler sonrasında aşağıdaki sıralanan sonuçlar çıkarılmıştır;

- Kazının güneydoğu cephesinde iksa düşey elemanı olarak kullanılan kuyuların aşırı sert kumtaşlarına oturmasından dolayı kuyular, kuyu kazı taban kotlarına inilememiştir. Kuyu taban kotlarına kuyuların yapılabildiği derinlikten itibaren aç kapa perde imalatları yapılarak inilmiştir. Bu durum, hesaplanan deplasman değerleriyle, inklinometre okumalarıyla gözlenen değerler arasında fark olmasına neden olmuştur.
- Projelendirme aşamasında korunmasına karar verilen parselin güney sınırı boyunca uzanan zemin çivili duvarda çatlamalar meydana gelmiştir. İksa sisteminin ve çevre yapıların güvenliğini sağlamak amacıyla mevcut zemin çivili duvar yerine kuyu perdeler yapılmıştır.
- İksa sisteminin doğu ve güneydoğu cephesinde bulunan 8.kademe ankrajlar radye temel ve perde duvar betonarme imalatının hızlı bir şekilde tamamlanacağı gerekçesiyle iptal edilmiştir.
- İksa sisteminin güneydoğu cephesinde dört adet ankrajda ankraj halatlarını öngerme yüküne kilitleyen grip adı ile bilinen konik kamaların boşaldığı ve boşalma sonucu dört adet gribin fırladığı gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak bu bölgedeki bazı ankrajların FHWA–IF–99 uyarınca minumum uzama oranını ($\Delta min = 0,8(P.L)/A.E$) sağlayamamasından dolayı ankrajların proje yüklerine bir miktar yatay yer değiştirme yaptıktan sonra ulaşmalarıdır.
- İnklinometre okumaları iksa sisteminin ve çevre yapıların güvenliği için oldukça önem arz etmektedir. İnklinometre okumaları ani deplasmanlara zamanında müdahale etmeyi sağlamaktadır. İnklinometre okumaları ile belirlenen yerdeğiştirmelerin sağlıklı olabilmesi için inklinometre borularının tesis ediliş yerlerine ve şekillerine dikkat edilmelidir. İnklinometre tesisleri hassas bir şekilde korunmalı zarar görenler yerine yeni inklinometre tesis edilmedir.

- İksa sistemlerinde kazının temel tabanına ulaştığı kesimlerinde temel ve bodrum katlar inşaatının mümkün olan en hızlı şekilde yapılması iksa sistemi için önem arz etmektedir.
- İksa sistemine yakın bölgelerden geçen atık veya temiz su hatlarının kazı dolayısıyla oluşacak deplasmanlardan dolayı bağlantı noktalarının sızdırmazlığına dikkat edilmelidir. Bağlantı noktalarından sızan suların iksa sistemine olumsuz etkiler yaratacağı ve kayma kamasına yardımcı olacağı gözlemlenmiştir. Özellikle betonarme elemanlar ile oluşturulan hatlarda sızıntı riskini arttırdığı belirlenmiştir. (Özalp, 2010)
- İksa sistemlerinde temel kazısı anolar halinde yapılmalı, bir ankraj kademesinin gerilmeleri tamamlanmadan alt kademenin kazısına geçilmemelidir. Ankraj kazı metodu doğrultusunda bir kademenin ankraj kilitlemeleri yapılmadan alt kademenin kazısına geçilmemesi gerekmektedir.
- İksa sistemlerinde oluşabilecek deplasmanların tolere edilebilir olması için; deplasmanın cephe yüksekliğine oranının %0.1 ila %0.4 arasında olması gerekmektedir. Hilton Garden Inn temel kazısı çukurunda yapılan aletsel gözlemlerde parselin güneydoğu cephesinde yer alan 4 nolu inklinometre kuyusu dışındaki bütün cephelerde yer alan inklinometre kuyuları bu şartı sağlamaktadır. 4 nolu inklinometrenin bu şartı sağlamamasının sebebi ise inklinometre kuyusunun hiçbir ankrajla desteklenmeyen K36 numaralı ekseninde yer alması ve doğrudan perdenin deplasmanını yansıtmasındandır. Söz konusu kuyu ankrajlarla geriye bağlanarak yerdeğiştirmeler sona ermiştir.
- Hilton Garden Inn temel kazısı çukuru yapılırken meydana gelen deplasmanlar tolere edilebilir sınırlar dahilindedir. Mühendislik hizmeti görmüş ve düzgün taşıyıcı sisteme sahip olup beton kalitesi yeterli olan binalarda herhangi bir hasar meydana gelmemiştir ancak gelişigüzel bir şekilde inşa edilmiş olan herhangi bir statik veya mimari projesi bulunmayan ve temelleri gevşek dolgulara oturan binalarda çatlamalar meydana gelmiştir.

KAYNAKLAR

Başeski, O., 2008. Derin Kazılarda İksa Sistemi Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bowles J.E., 1998. Foundation Analysis and Design, MacGraw – Hill Companies Inc., New York.

BS – 8081, 1989. British Standart Code of Practice for Ground Anchoranges, British Standart Instution.

Çetin, E., Bayraklı, Y., Güler, 2004. Derin Kazı Çukuru İksa Projelendirilmesine Bir Örnek, Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı: 431, İstanbul.

Das B.M., 1990. Principles of Foundation Engineering, PWS – Kent Series in Engineering, Boston.

Dayıoğlu, M., 2010. Derin Kazıların İncelenmesi ve Derin Kazı Uygulaması Üzerine Bir Örnek: Harbiye Kongre Merkezi Derin Temel Kazısı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Demirkoç, A., 2007. Derin Kazılarda Zemin Çivisi ile Ankrajlı Destek Sistemlerinim Karşılaştırmalı Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ENAR Müh. Mim. ve Dan. LTD. ŞTİ., 2008. Amplio Hilton Investmens A.Ş. İstanbul İli, Beyoğlu İlçesi, Sütlüce Mahallesi Hilton Garden Inn Projesi Temel Kazısı ve İksa Sistemi İnşaatı Proje Hesap Raporu, İstanbul.

ENAR Müh. Mim. ve Dan. LTD. ŞTİ., 2008. Amplio Hilton Investmens A.Ş. İstanbul İli, Beyoğlu İlçesi, Sütlüce Mahallesi Hilton Garden Inn Projesi Temel Kazısı ve İksa Sistemi İnşaatı Teknik Şartnamesi, İstanbul.

Engin, E., 2008. Destekli Derin kazılarda Yapılan İnklinometrik Ölçümler ile Sonlu Elemanlar Analizlerinin Karşılaştırışması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

FHWA-IF-99-015, 1999. Ground Anchors and Anchored Systems, Geotechnical Engineering Circular No.4, Washington.

GEOS Geoteknik ve Sondajcılık LTD. ŞTİ., 2008. Amplio Hilton Investmens A.Ş. İstanbul İli, Beyoğlu İlçesi, Sütlüce Mahallesi Hilton Garden Inn Projesi Zemin ve Temel Etüdü Raporu, İstanbul.

Günsever, İ., 1999. Derin Kazılarda Çok Sıralı Ankrajlı İksa Sistemlerinin Tasarımı ve Bir Bilgisayar Programı ile Desteklenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Özberk, B.S., 2009. Ankraj Destekli Derin İksalarda Deformasyonların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

NAVFAC, 1982. Foundations and earth structures design manual 7.2. Dept. Of the Navy, Naval Facilities Engineering Command, Alexandria, VA, New York, N.Y.

Terzaghi, K., ve Peck, R.B., 1967. Soil Mechanics in Engineering Practise, John Wiley and Sons, New York.

Sağlam, A., 2006. Derin Kazılarda Görülen Stabilite Problemleri ve İlgili Çöüm Kriterlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Sağlamer A., 1985. Derin Kazıların Sorunları ve Destekleme Sistemleri, Derin Kazılar ve İksa Methodları Sempozyomu, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.

TS 11747, 1995. Püskürtme Beton (Shotcrete) Yapım, Uygulama ve Bakım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 3168 EN 1536, 2001. Özel Jeoteknik Uygulamalar – Delme (Fore) Kazıklar (Yerinde Dökme Betonarme Kazıklar), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 1537, 2001. Özel Jeoteknik Uygulamalar – Zemin Ankrajları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 1538, 2001. Özel Jeoteknik Uygulamalar – Diyafram Duvarlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Tschebotarioff, G.P., 1951. Foundations, Retaining and Earth Structures. McGram – Hill Book Co. Inc. New York.

Ük, M., 2009. Derin Kazılar ve Derin Kazılara Bir Örnek: Flame Towers Projesi İksa Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

EKLER

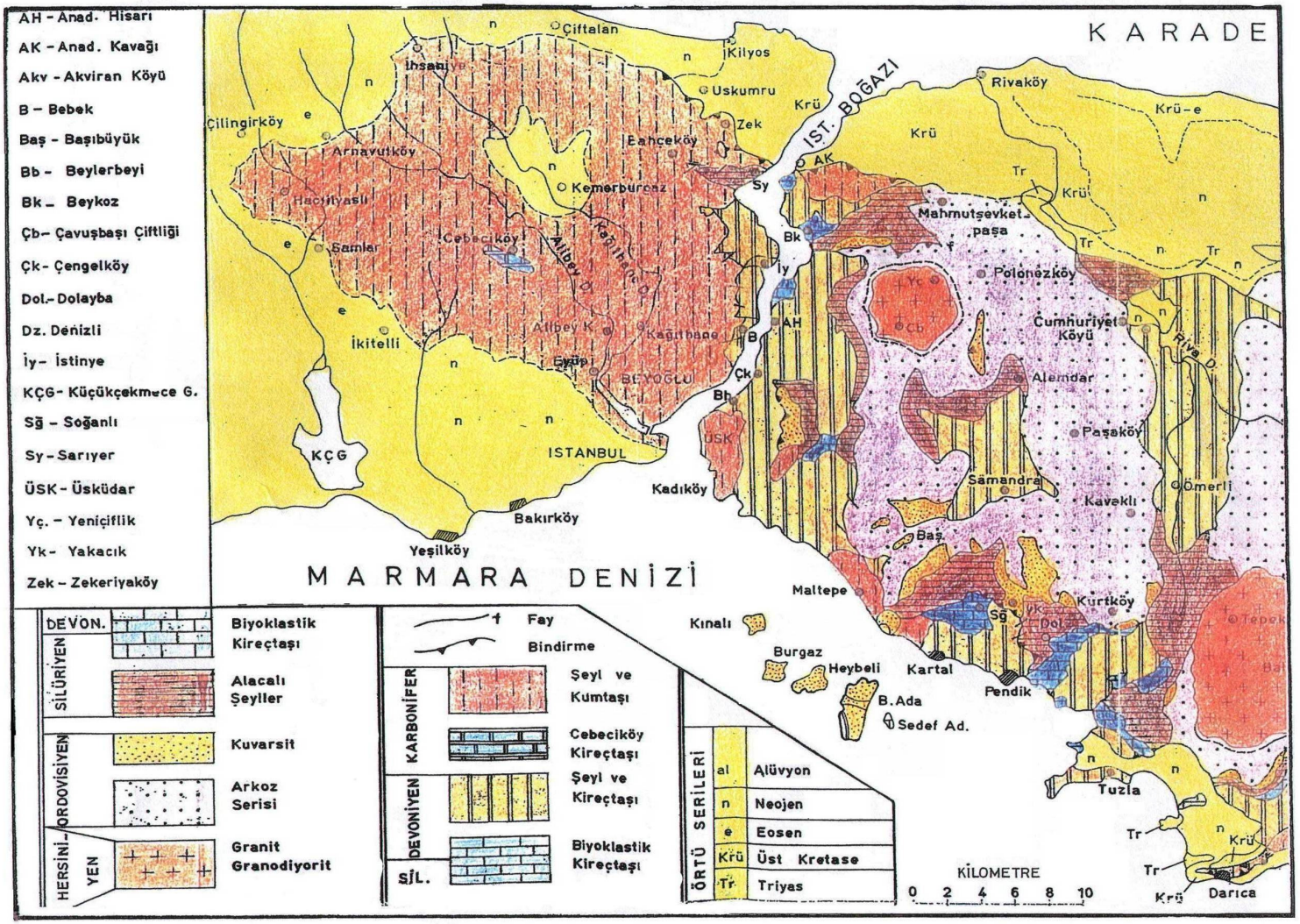
EK A : Bölgesel Jeoloji Haritası

EK B : Sondaj Logları

EK C : Litolojik Kesitler

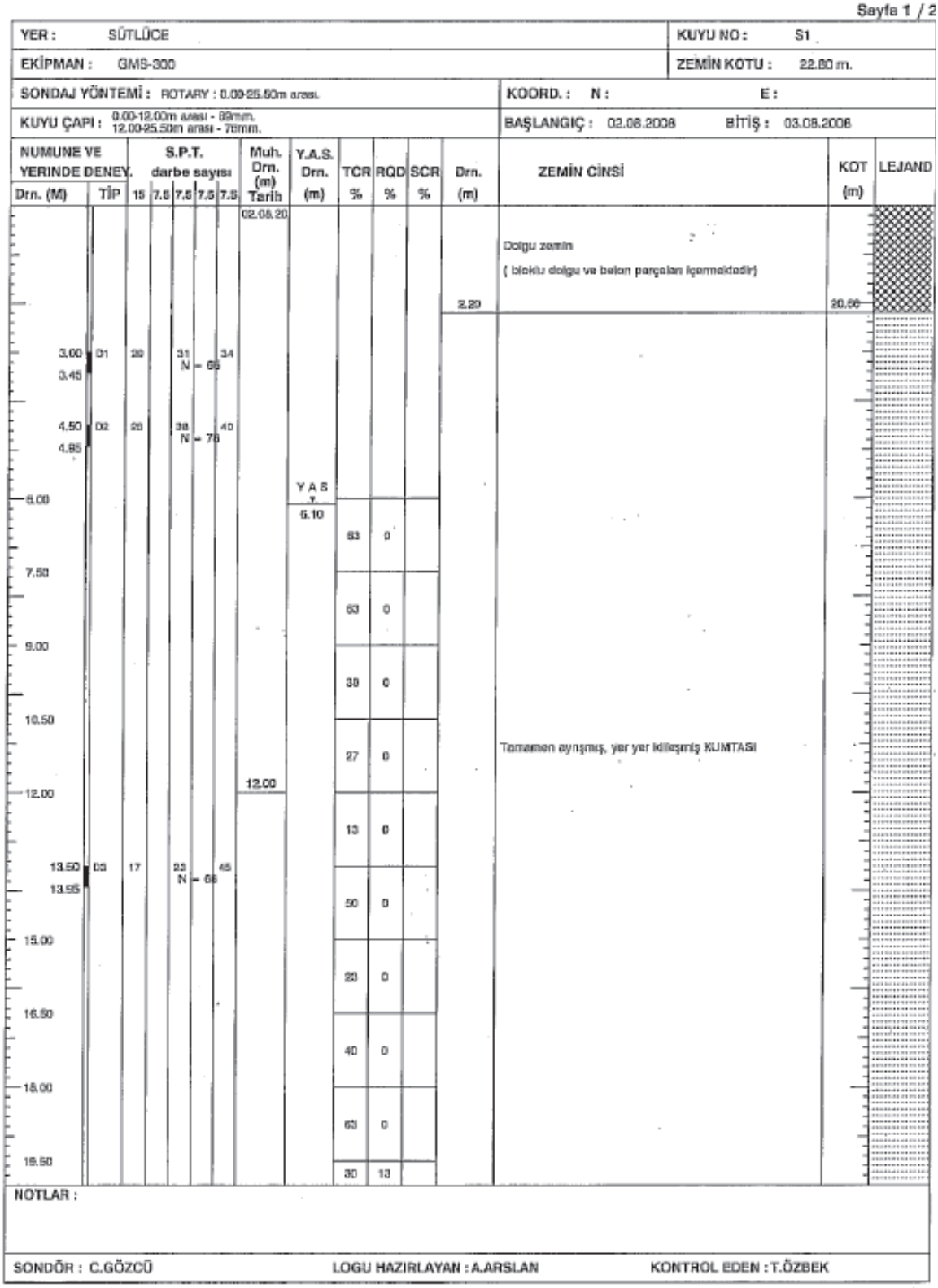
EK D : İnklinometri Sonuçları

EK A : Bölgesel Jeoloji Haritası

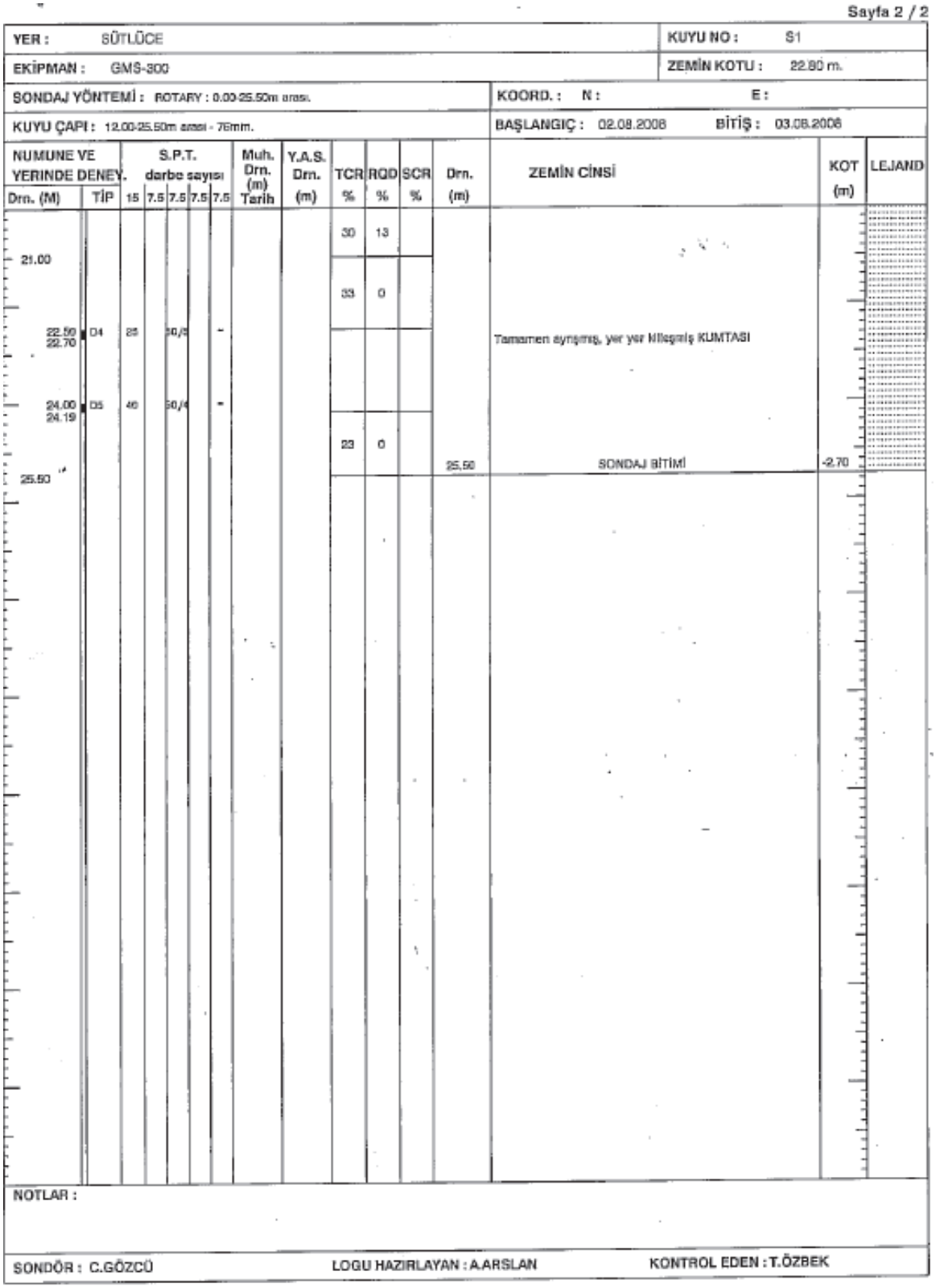


Şekil A.1 : Bölgesel jeoloji haritası.

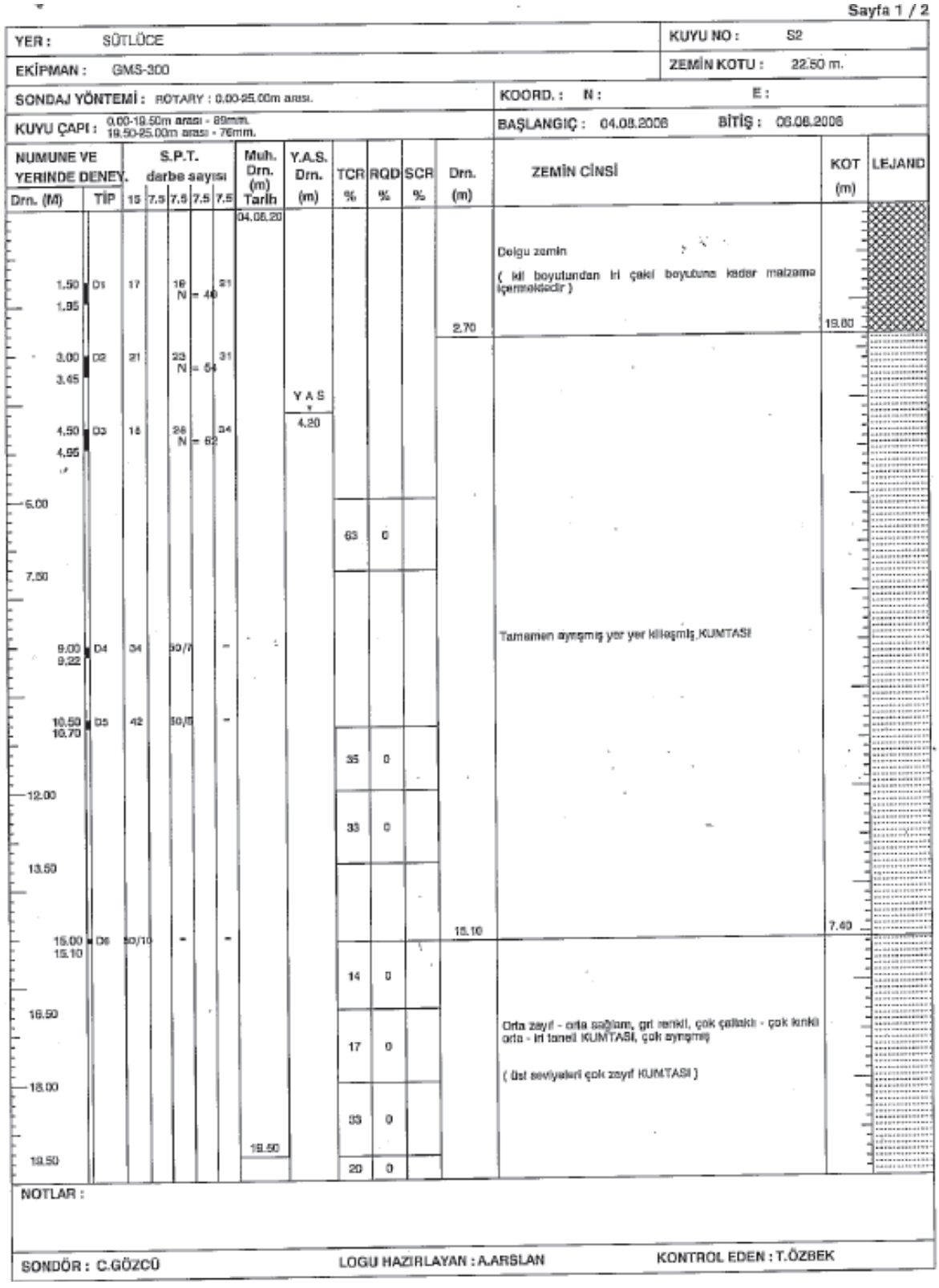
EK B : Sondaj Logları



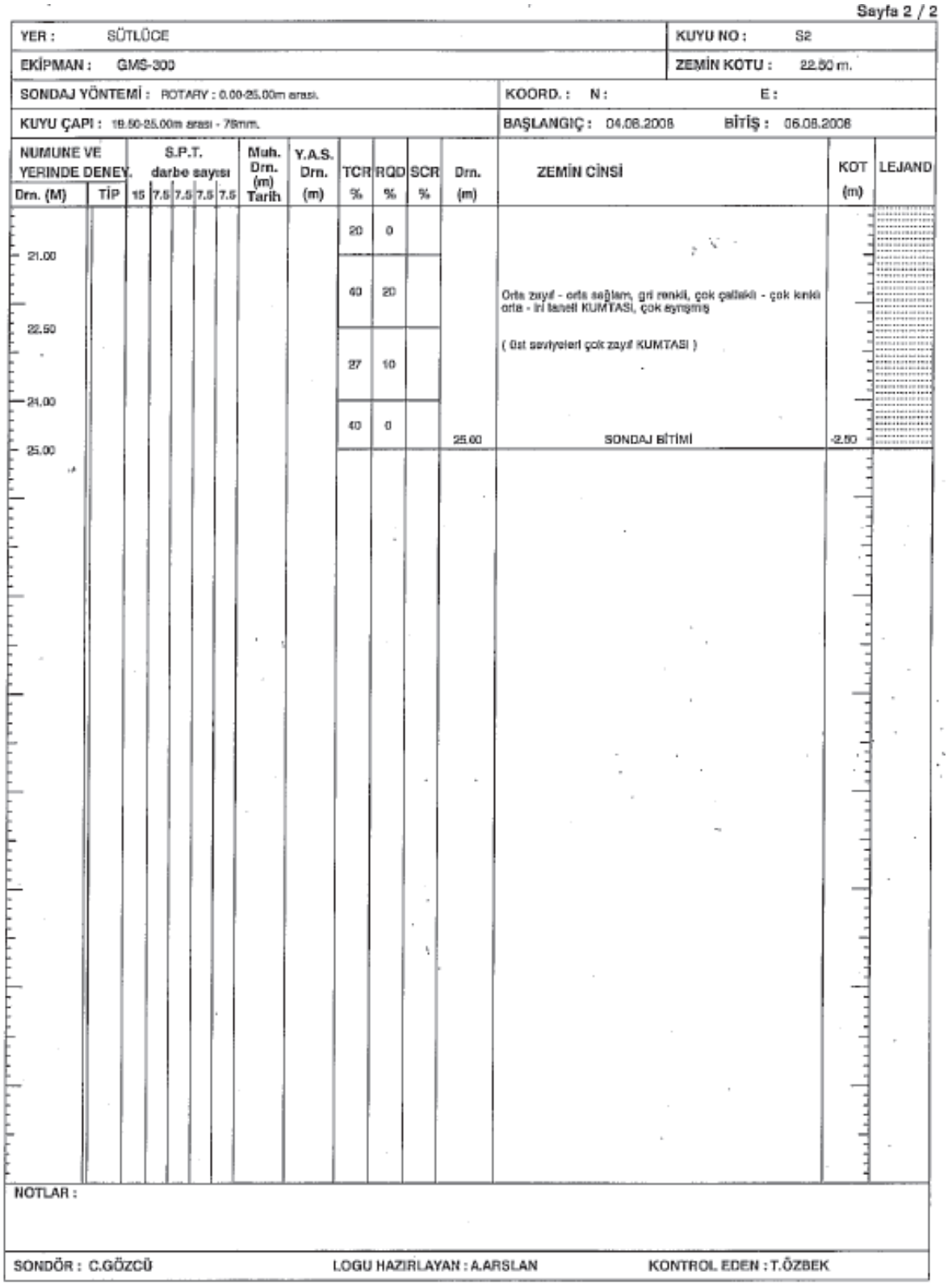
Şekil B.1 : 1 nolu kuyuya ait sondaj logu-1. Kısım.



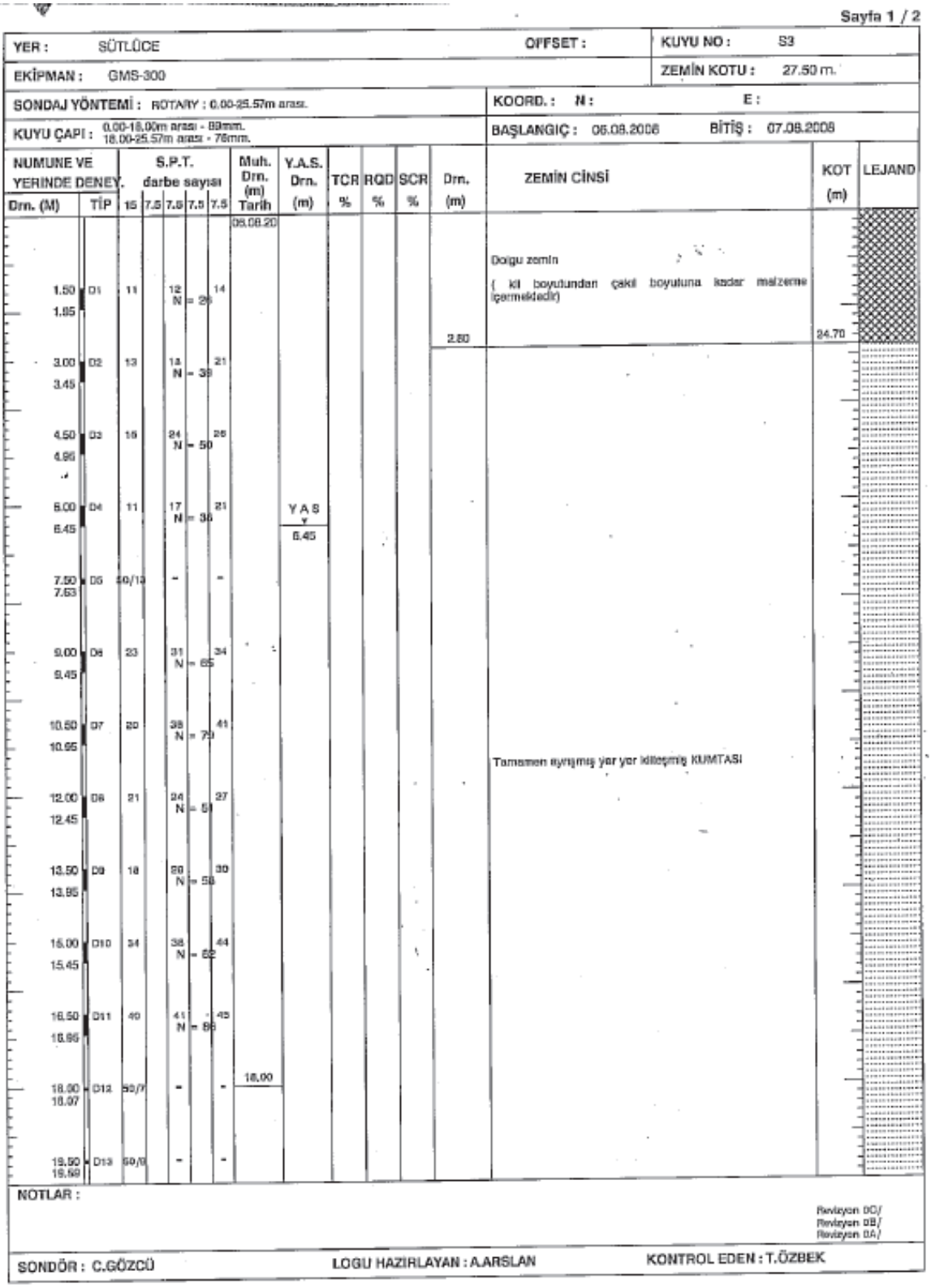
Şekil B.2 : 1 nolu kuyuya ait sondaj logu-2. Kısım.



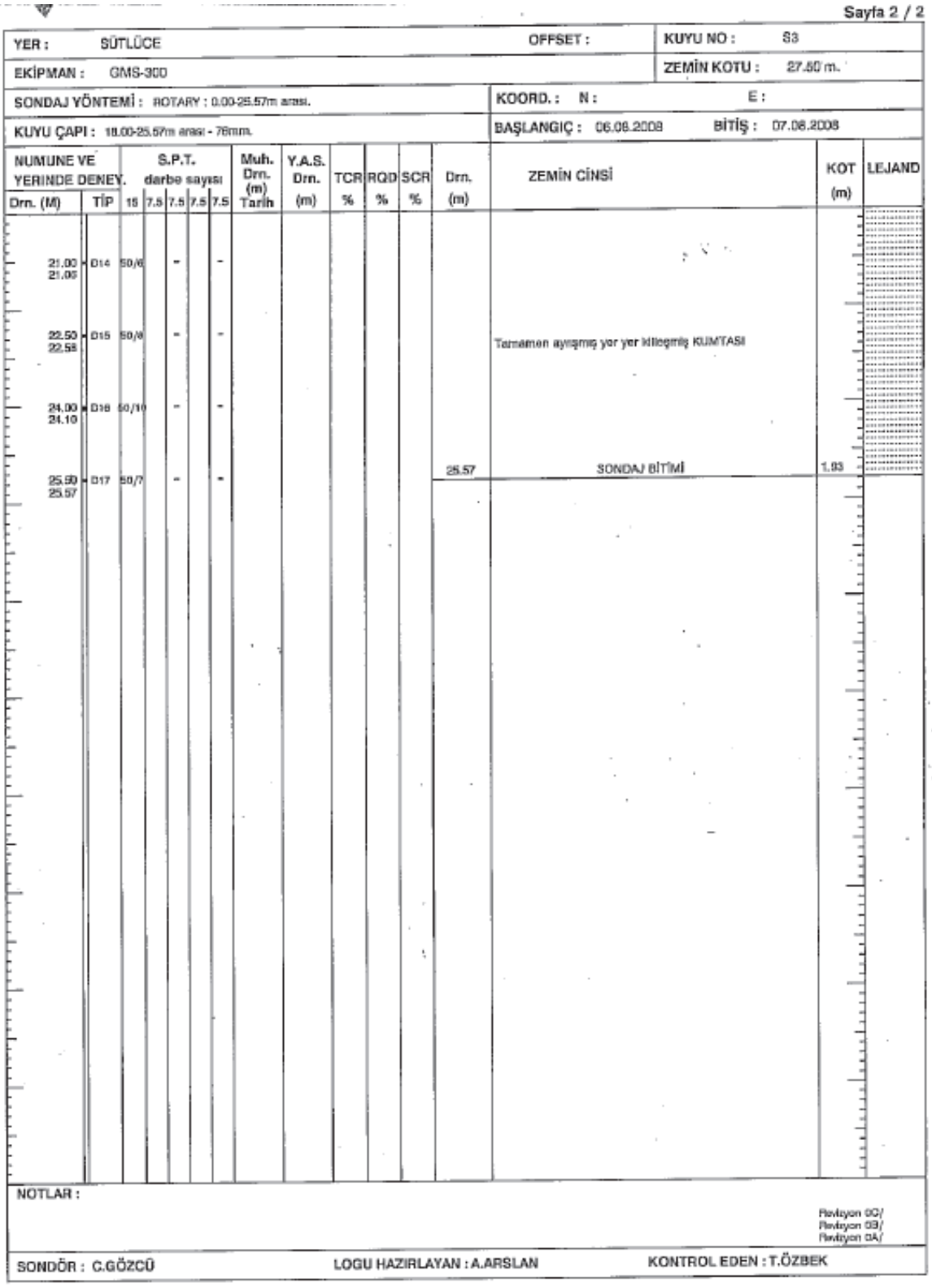
Şekil B.3 : 2 nolu kuyuya ait sondaj logu-1. Kısım.



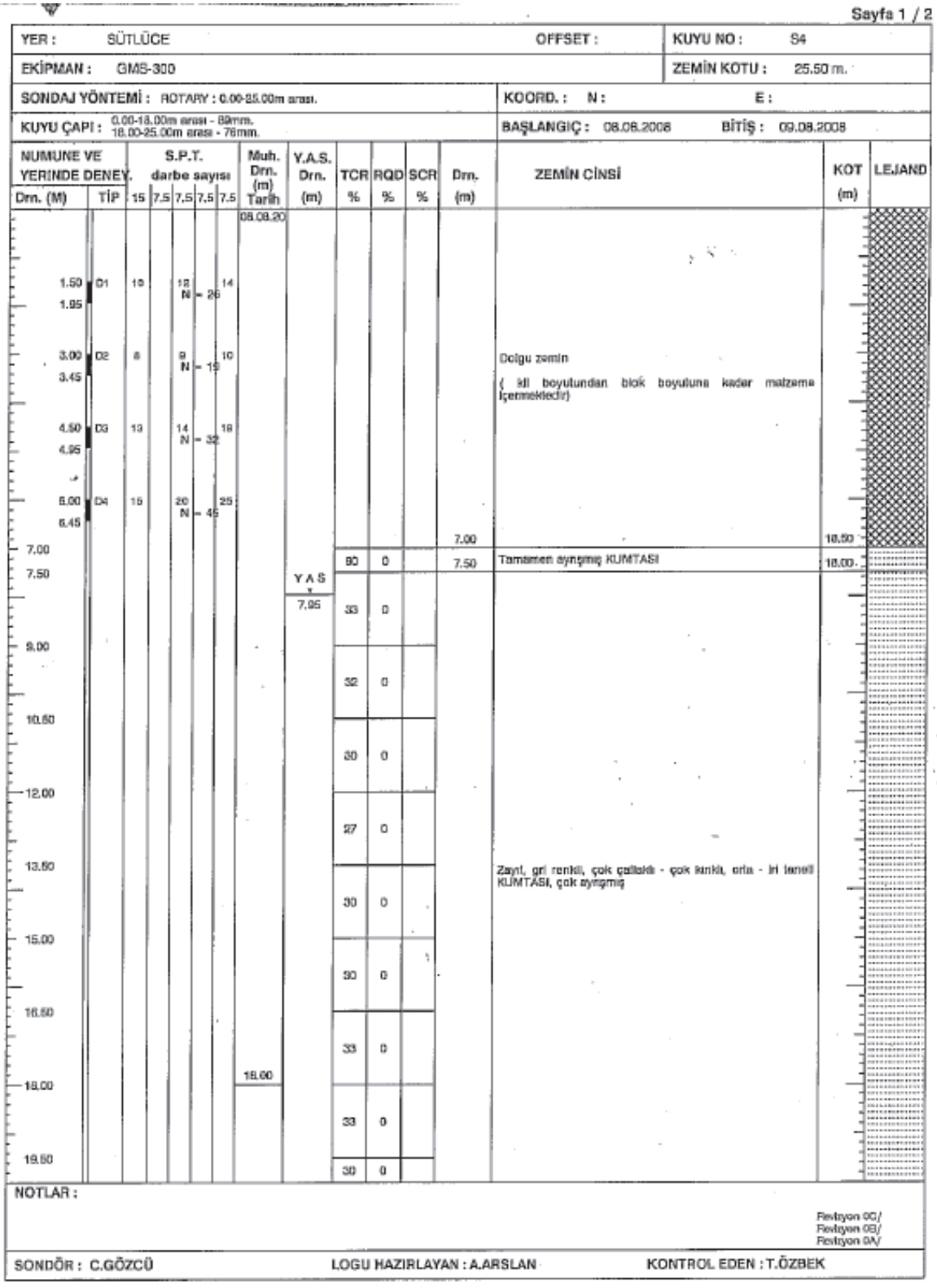
Şekil B.4 : 2 nolu kuyuya ait sondaj logu-2. Kısım.



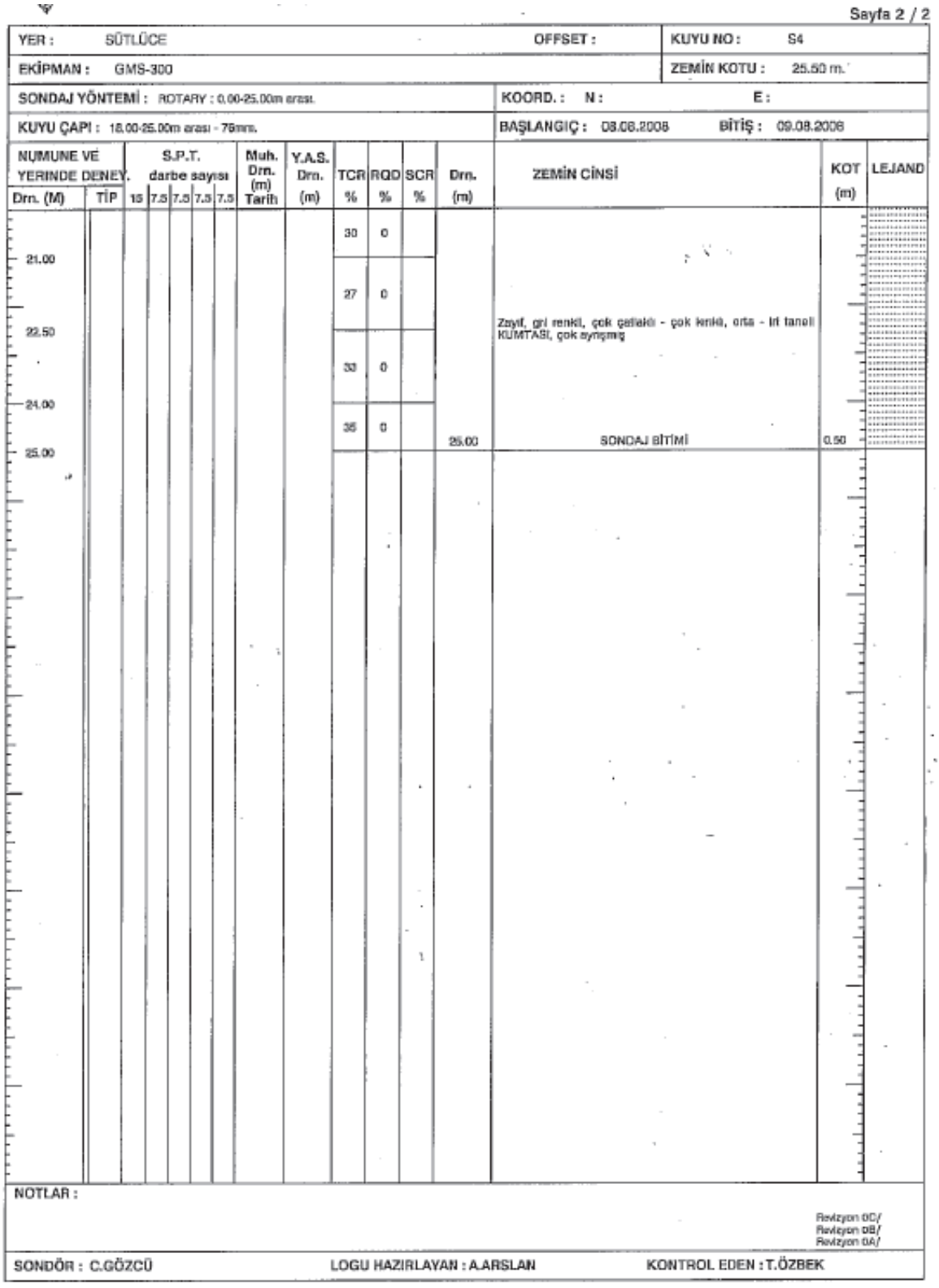
Şekil B.5 : 3 nolu kuyuya ait sondaj logu-1. Kısım.



Şekil B.6 : 3 nolu kuyuya ait sondaj logu-2. Kısım.



Şekil B.7 : 4 nolu kuyuya ait sondaj logu-1. Kısım.



YER : SÜTLÜCE		OFFSET :	KUYU NO : S4
EKİPMAN : GMS-300			ZEMİN KOTU : 25.50 m.
SONDAJ YÖNTEMİ : ROTARY : 0.00-25.00m arası.		KOORD. : N :	E :
KUYU ÇAPI : 18.00-25.00m arası - 76mm.		BAŞLANGIÇ : 08.08.2006	BİTİŞ : 09.08.2006

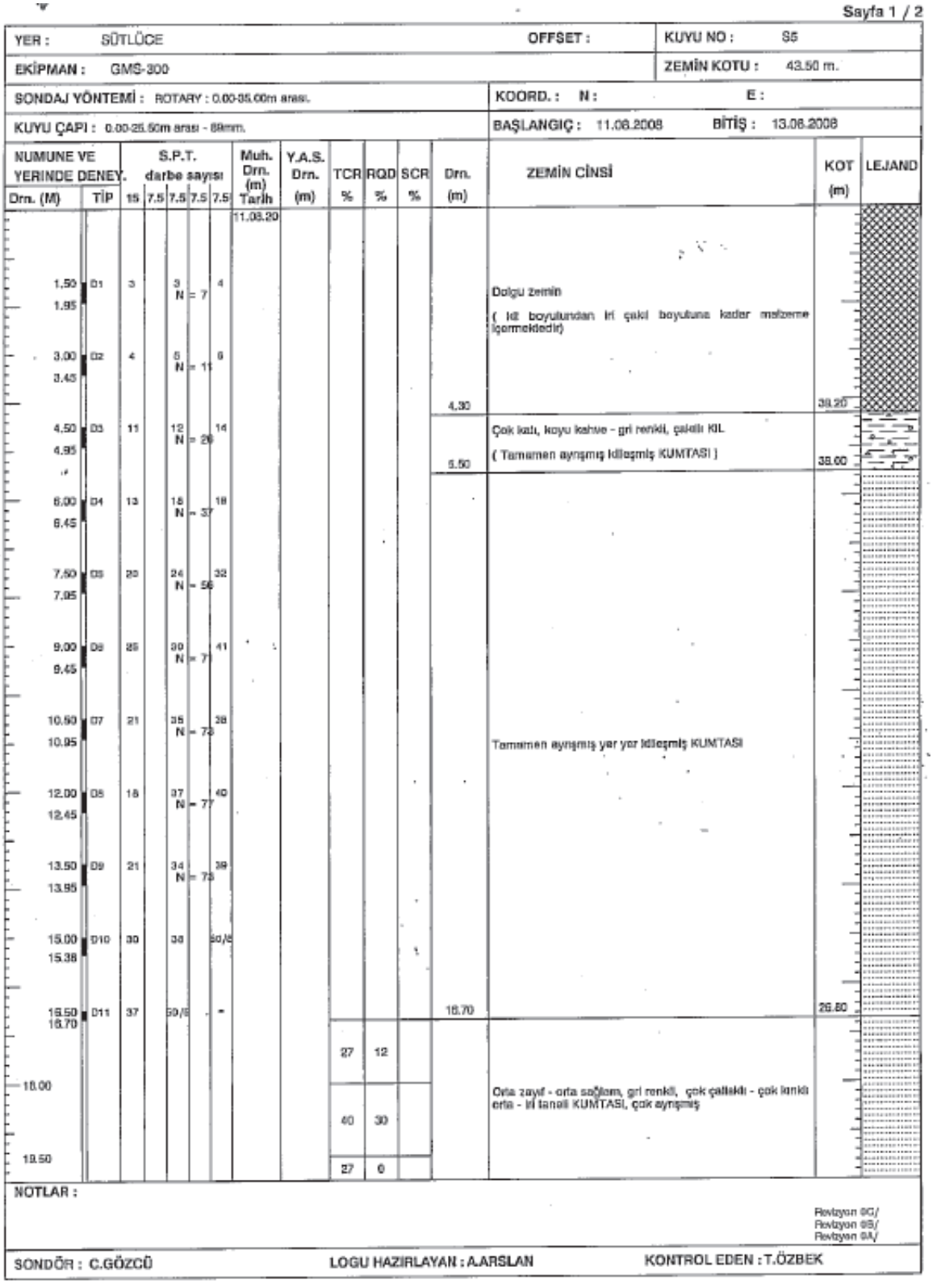
NUMUNE VE YERINDE DENEY. Drn. (M)	TİP	S.P.T. darbe sayısı 15	7.5	7.5	7.5	7.5	Muh. Drn. (m) Tarih	Y.A.S. Drn. (m)	TCR %	RQD %	SCR %	Drn. (m)	ZEMİN CİNSİ	KOT (m)	LEJAND
21.00									30	0					
									27	0					
22.50													Zayıf, gri renkli, çok çatlaklı - çok kırıklı, orta - iri taneli KUMTAŞI, çok ayrışmış		
									33	0					
24.00															
									35	0		25.00	SONDAJ BİTİMİ	0.50	
25.00															

NOTLAR :

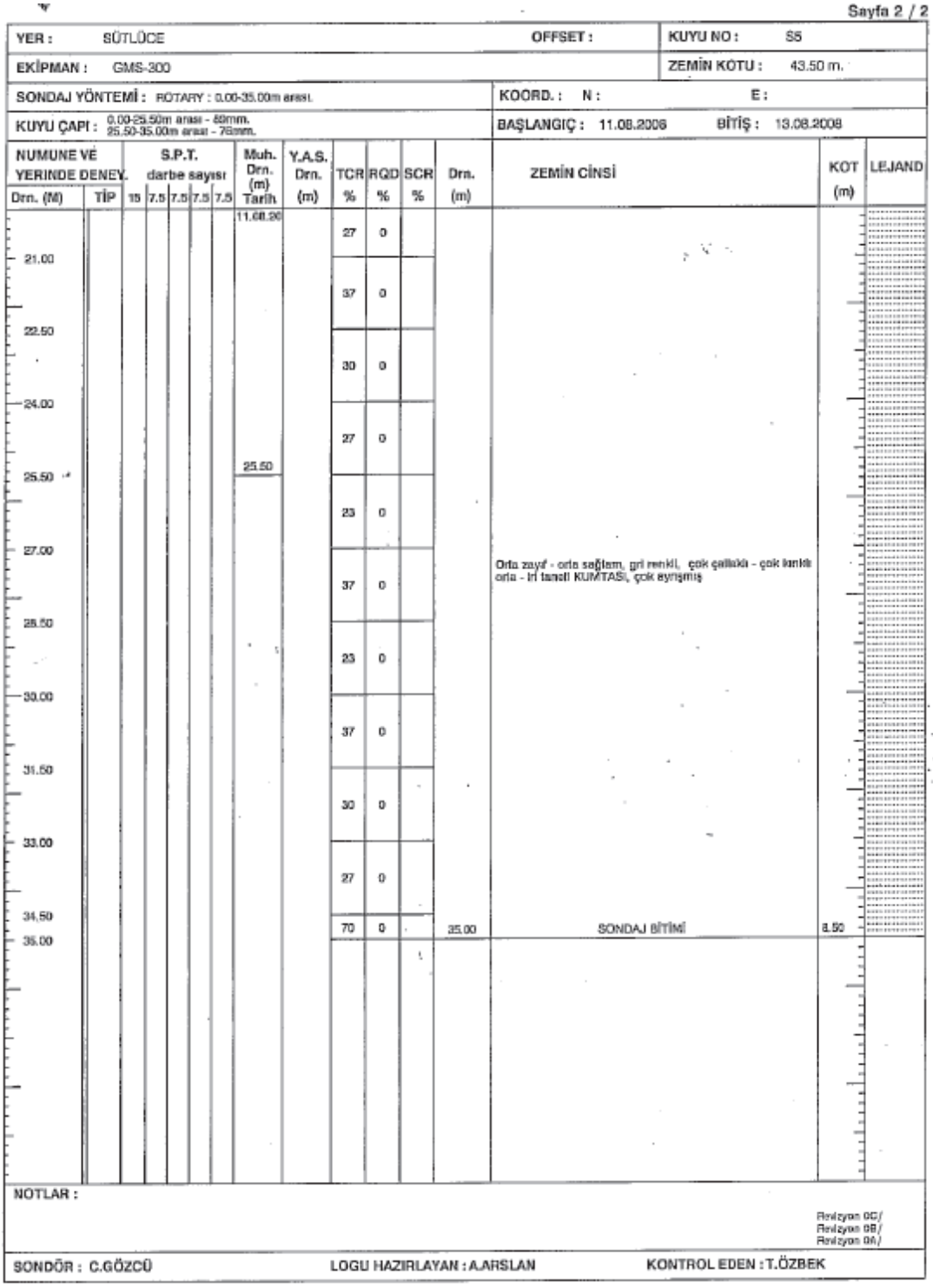
Revizyon 00/
Revizyon 08/
Revizyon 04/

SONDÖR : C.GÖZCÜ | LOGU HAZIRLAYAN : A.ARSLAN | KONTROL EDEN : T.ÖZBEK

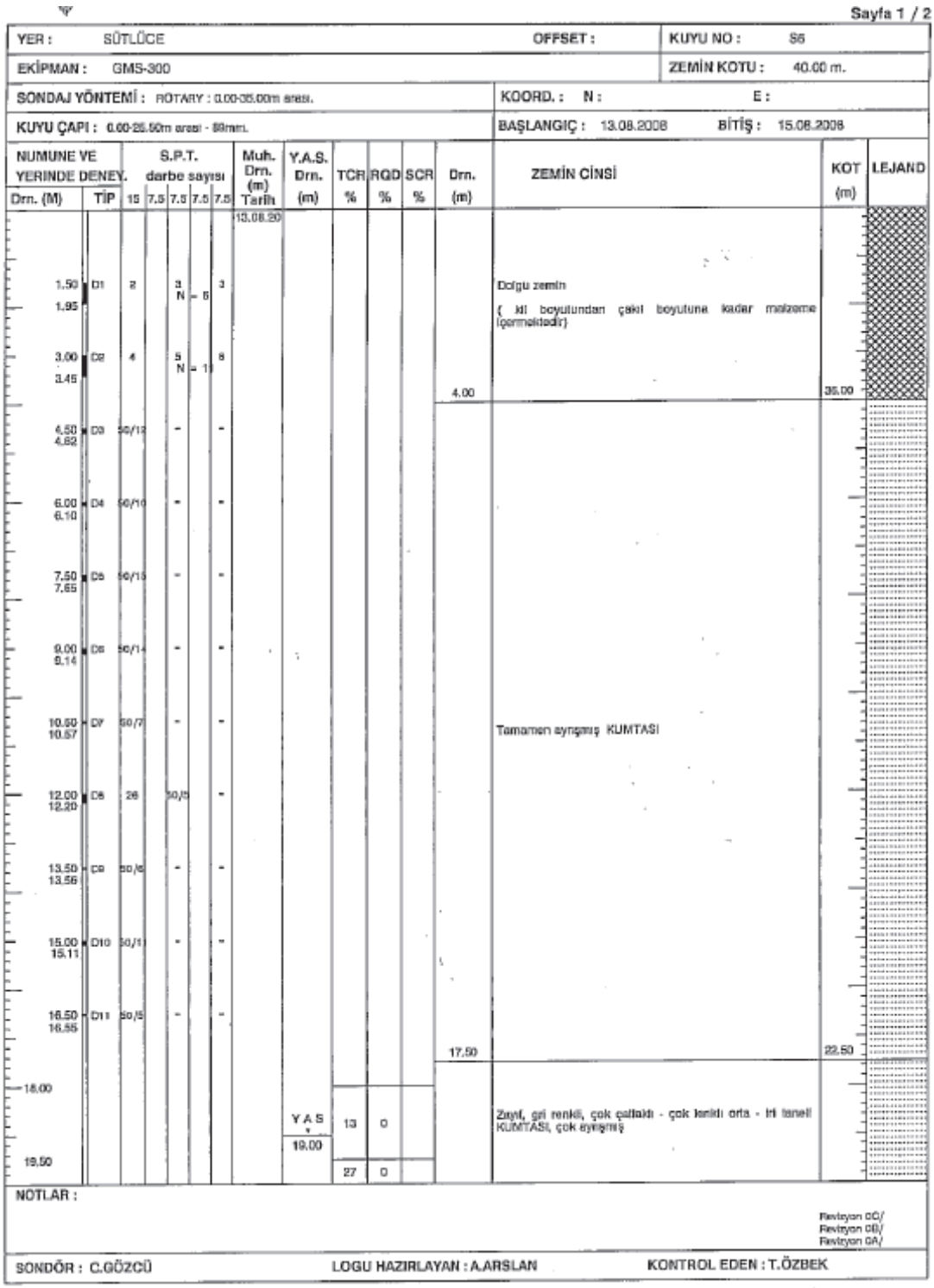
Şekil B.8 : 4 nolu kuyuya ait sondaj logu-2. Kısım.



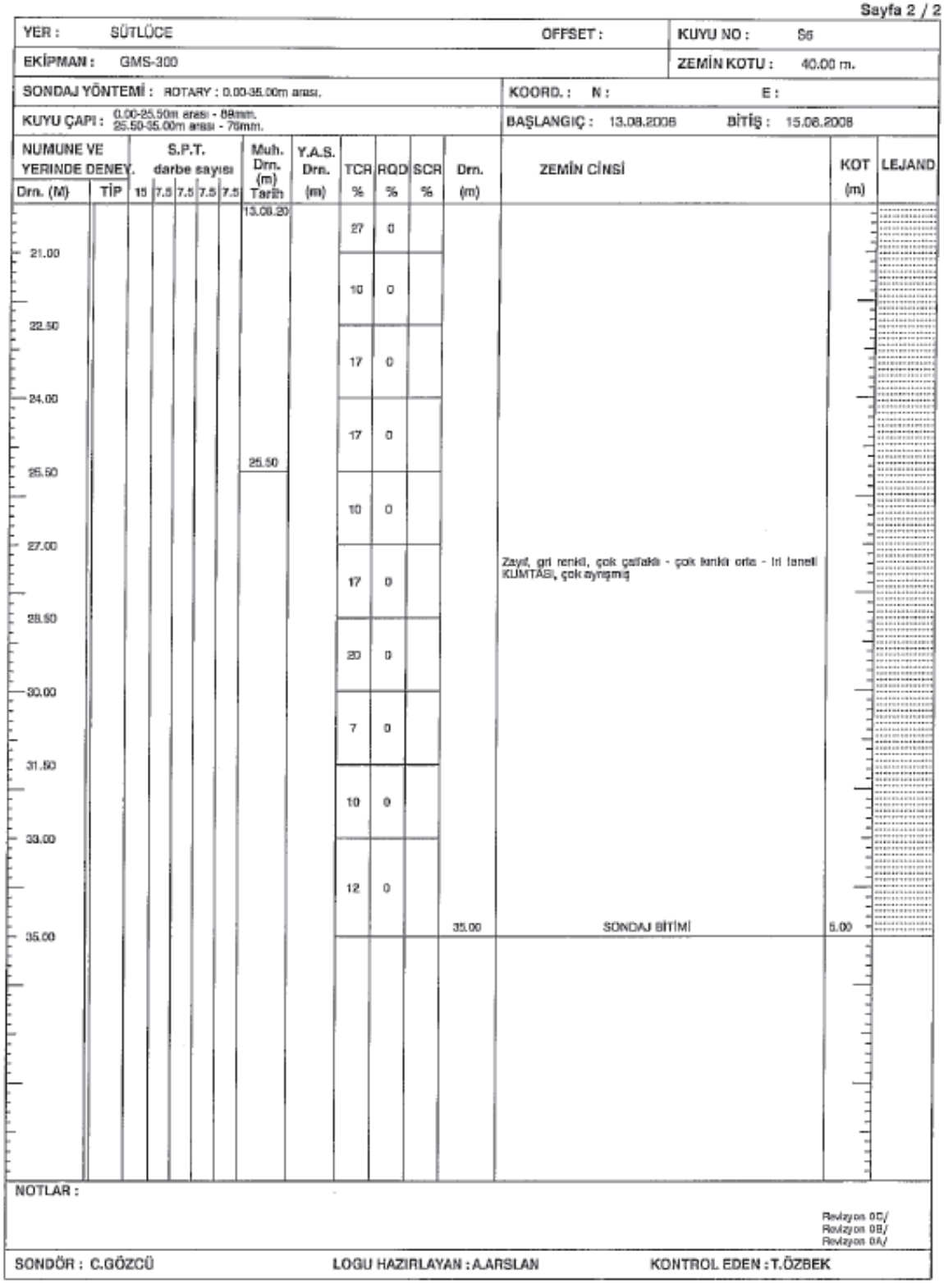
Şekil B.9 : 5 nolu kuyuya ait sondaj logu-1. Kısım.



Şekil B.10 : 5 nolu kuyuya ait sondaj logu-2. Kısım.

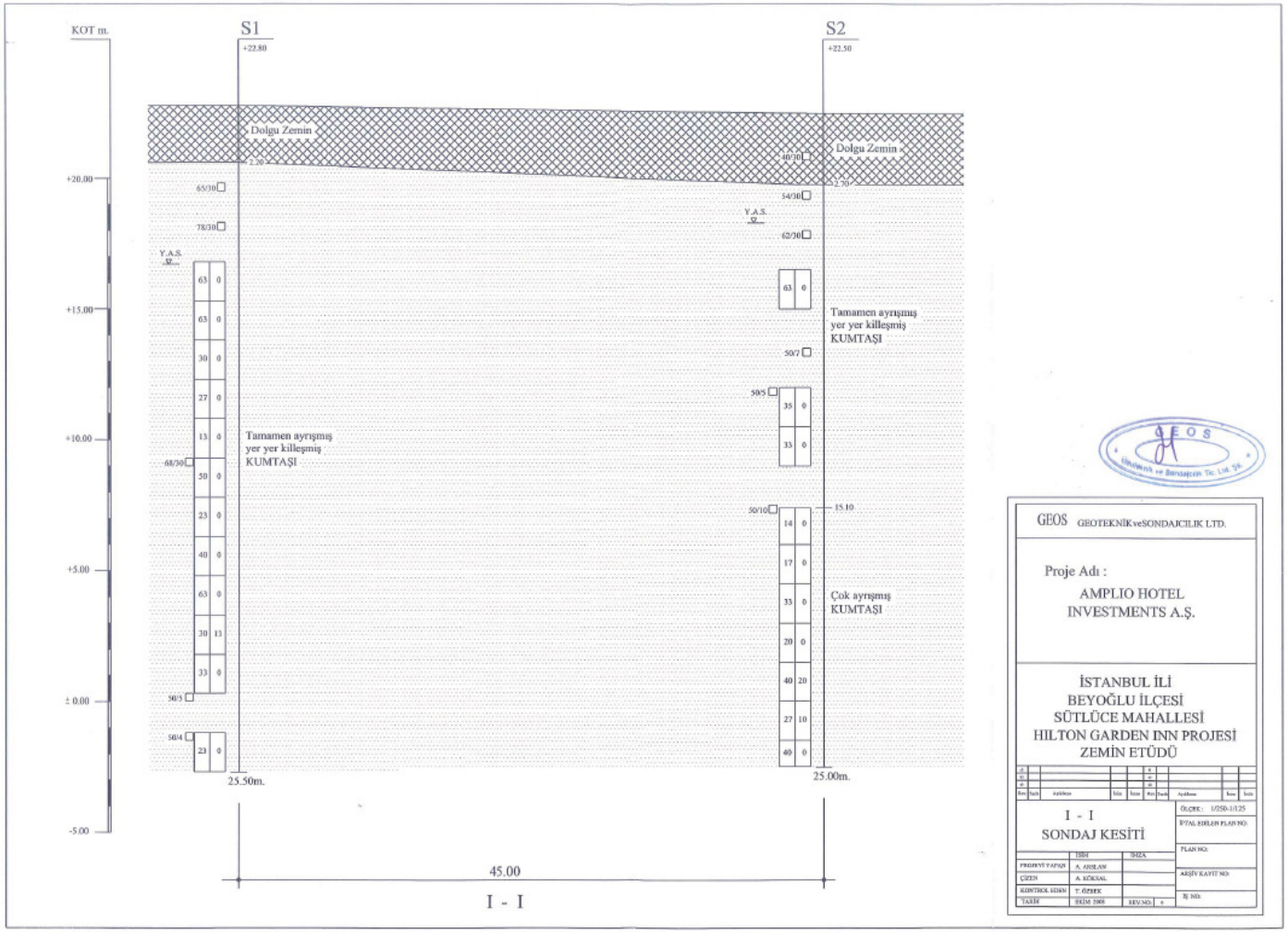


Şekil B.11 : 6 nolu kuyuya ait sondaj logu-1. Kısım.

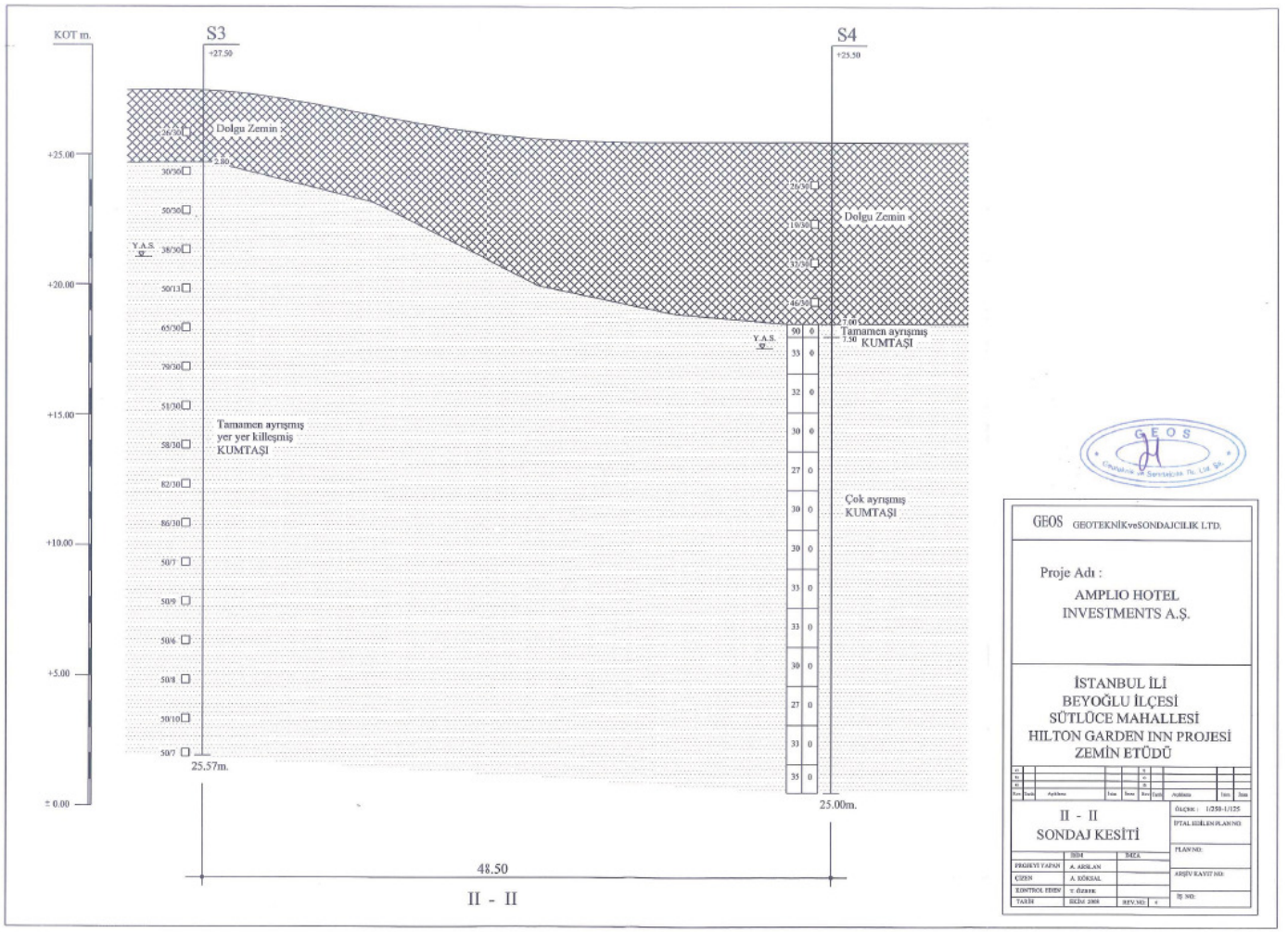


Şekil B.12 : 6 nolu kuyuya ait sondaj logu-2. Kısım.

EK C : Litolojik Kesitler

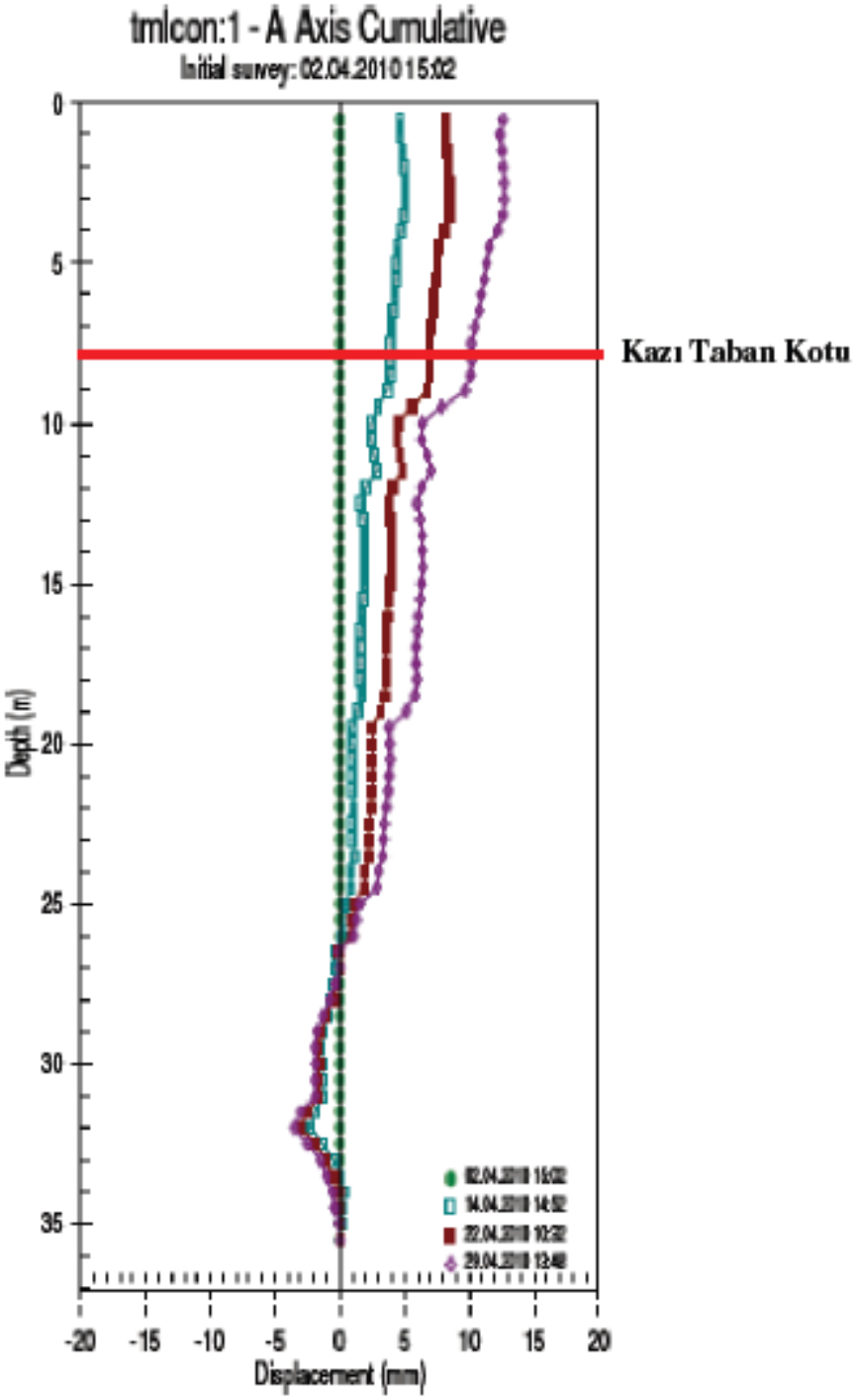


Şekil C.1 : Kesit 1-1

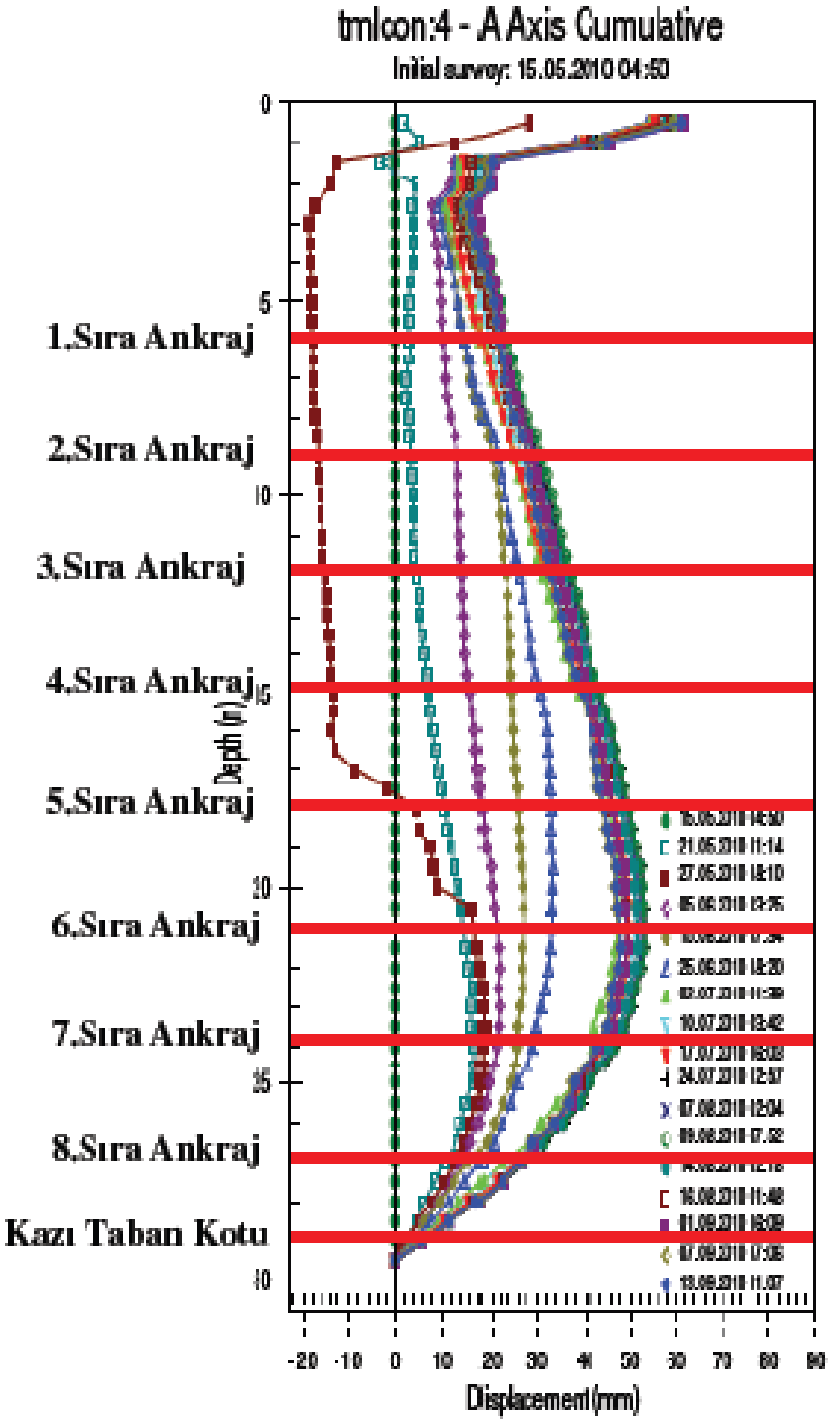


Şekil C.2 : Kesit 2- 2.

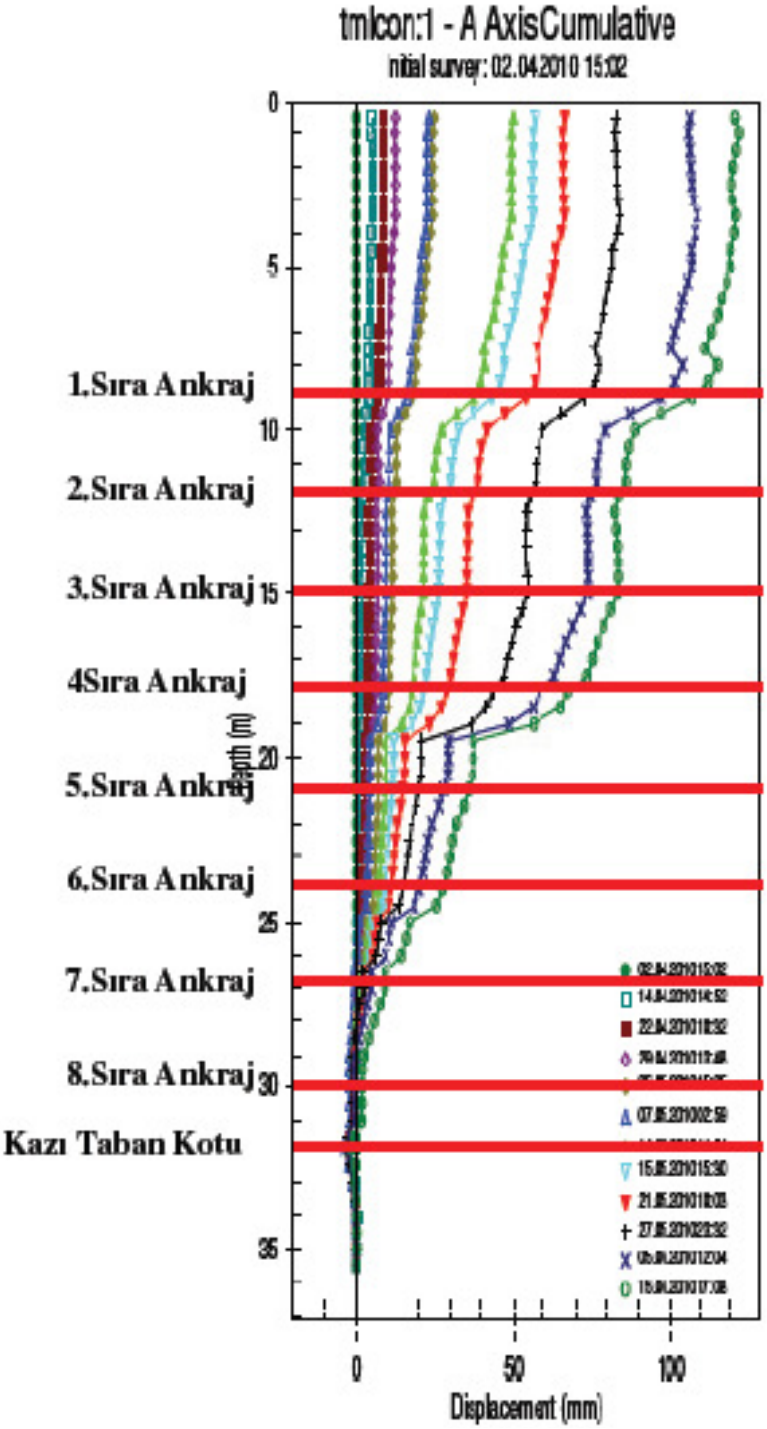
EK D : İnklinometre Okumaları



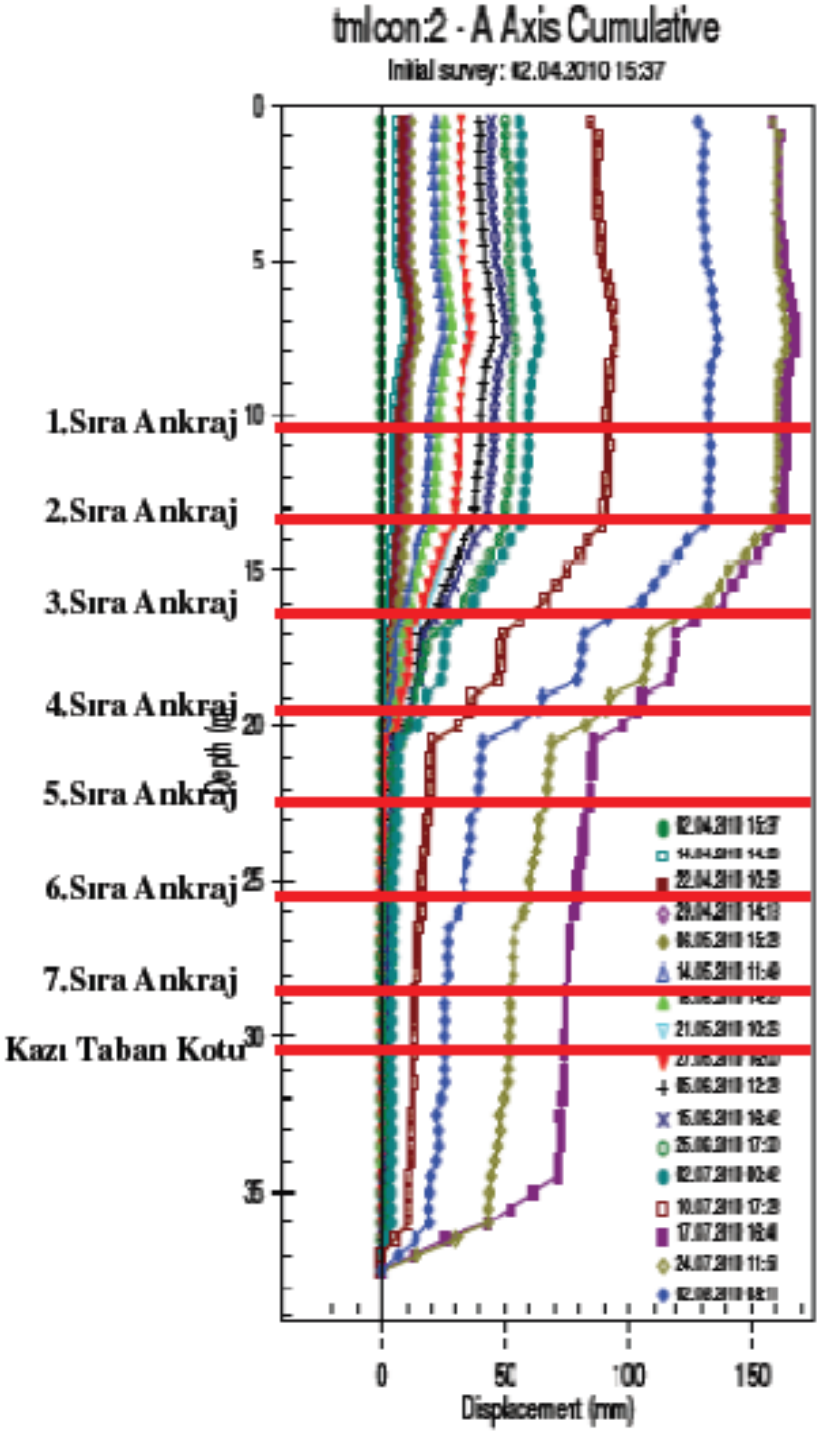
Şekil D.1 : 1 nolu inklinometre tesisinden alınan okumalar.



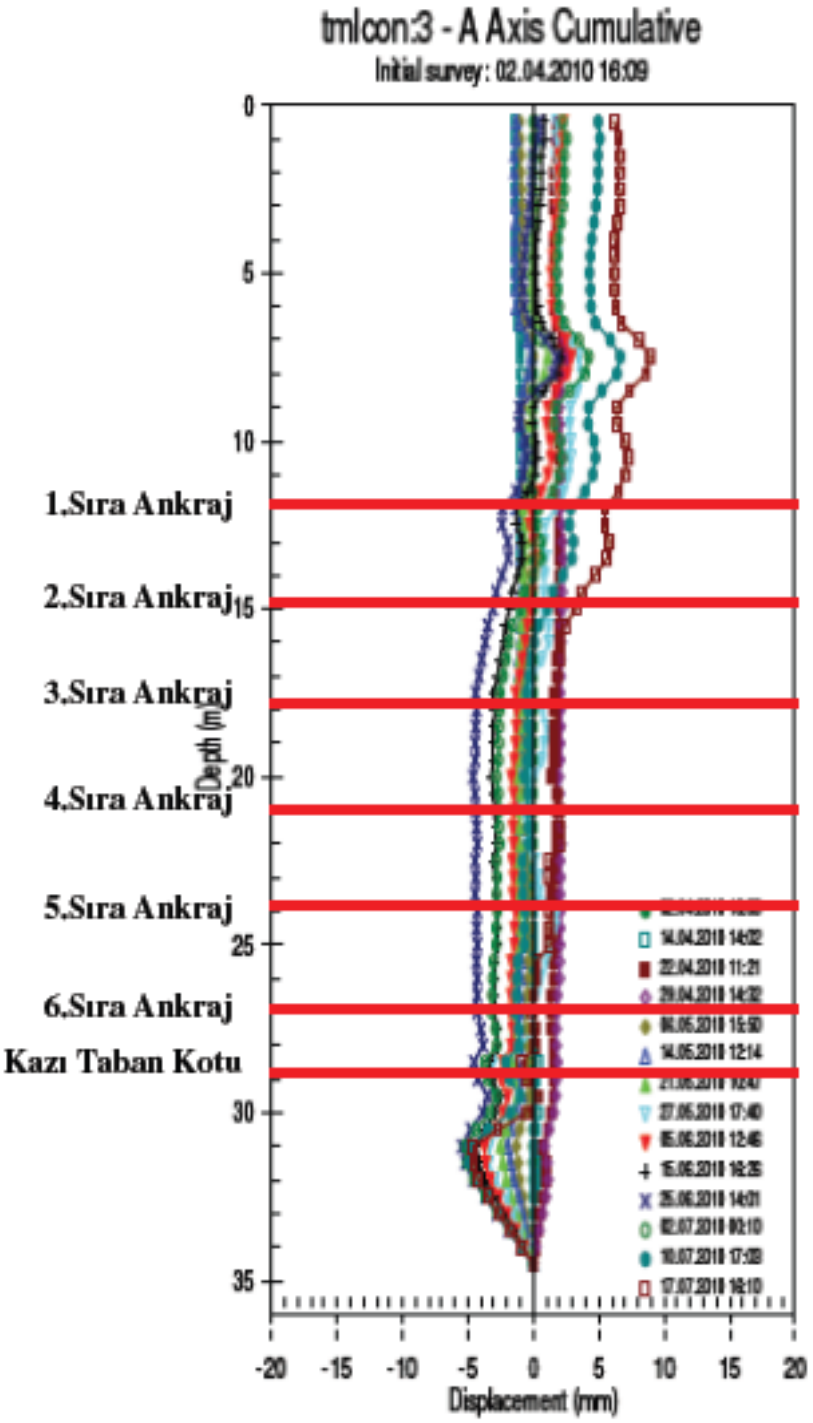
Şekil D.2 : 2 nolu inklinometre tesisinden alınan okumalar.



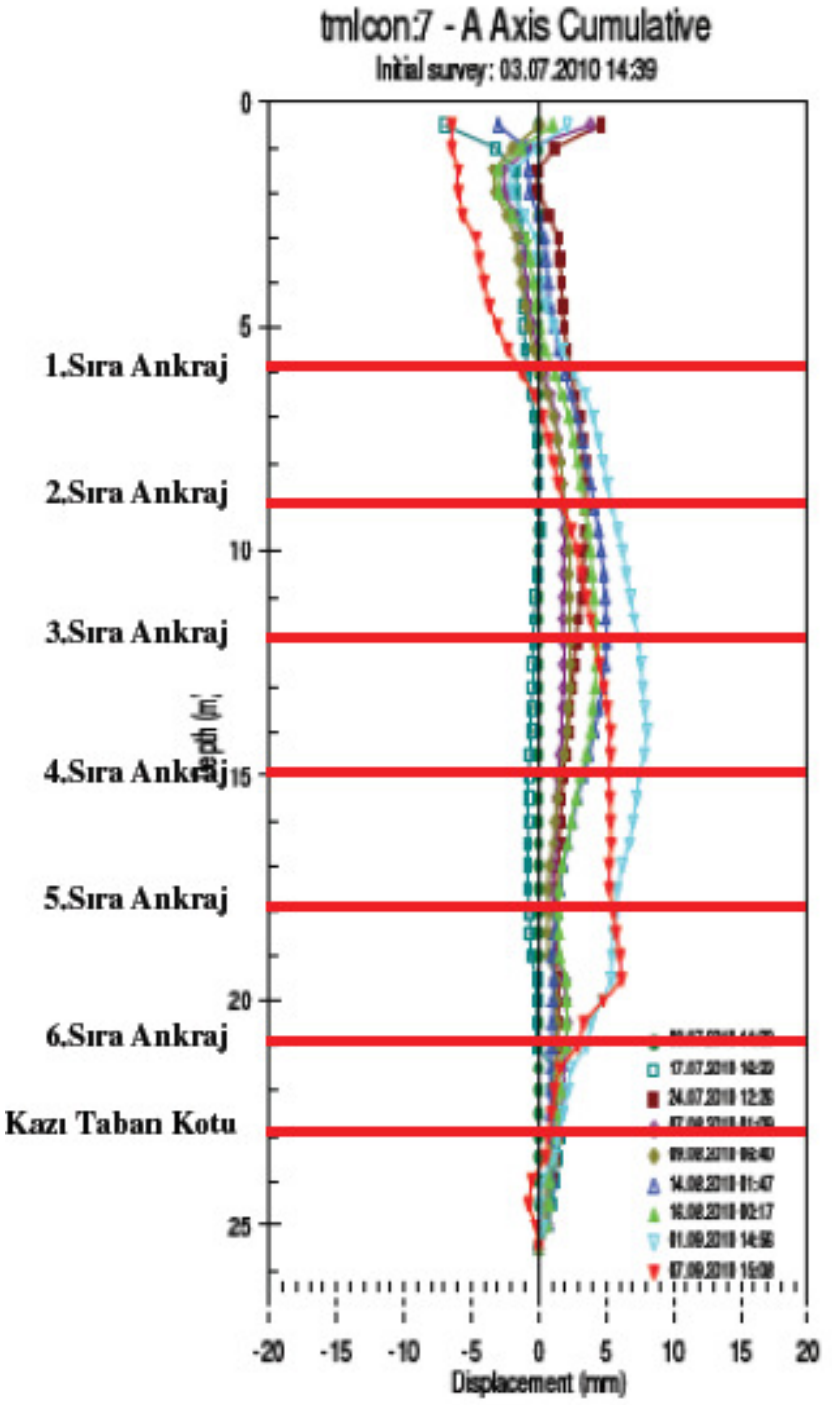
Şekil D.3 : 3 nolu inklinometre tesisinden alınan okumalar.



Şekil D.4 : 4 nolu inklinometre tesisinden alınan okumalar.



Şekil D.5 : 6 nolu inklinometre tesisinden alınan okumalar.



Şekil D.6 : 119 nolu inklinometre tesisinden alınan okumalar.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Habip Koçak KÖSE

Doğum Yeri ve Tarihi : Ereğli 10.08.1987

Adres : Kefçededе Mah. Namık Paşa Sok. Birlik Ap. No : 9/8 Üsküdar

Lisans Üniversite : Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2005-2009

Çalıştığı kurum :

2009- Temelkom Zemin Yapıları İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti.