

DERİN KAZILAR VE DESTEKLEME YAPILARI

Devrim ALKAYA
Pamukkale Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Denizli / Türkiye

İbrahim ÇOBANOĞLU
Pamukkale Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Denizli / Türkiye

ABSTRACT

It is required to build excavation supporting systems in excavation areas to prevent probable damage in roads and other existing structures around the excavation and to enable vertical excavation along the construction of structures requiring deep excavations. In this study, supporting systems of deep excavations are investigated and fore piles and an anchored support system applied in Denizli are investigated.

ÖZET

Derin kazı gerektiren yapıların inşası boyunca, kazı sahaları içinde kazının düşey olarak teşkilini sağlamak ve kazı çevresinde bulunan bina, yol ve mevcut diğer yapılarda oluşabilecek hasarları önlemek için kazı destekleme sistemlerinin yapılması gereklidir. Bu çalışmada, derin kazıların desteklenme sistemleri ele alınarak incelenmiş ve Denizli’de uygulanan fore kazık ve ankrajlı bir iksa sistemi incelenmiştir.

1. GİRİŞ

Günümüzde kent nüfusunun hızla artması konut, işyeri, kanalizasyon ve otopark gibi alt yapı hizmetlerine duyulan gereksinimi arttırmıştır. Kent merkezlerinde boş parsellerin giderek azalması ve maliyetlerin artması, diğer taraftan imar yönetmeliklerinin zemin

üstündeki yapı hacimlerini sınırlaması, mevcut arazileri daha verimli halde kullanmaya itmiştir. Bu amaçla yapılan inşaatlarda derin kazı yapılması zorunlu hale gelmiştir.

Derin ve büyük inşaat çukurları temel zemini ve yeraltı suyunun denge durumlarını değiştirmekte ve mevcut komşu yapıları ve çevreyi önemli ölçüde etkilemektedir. Bu yüzden inşaat alanında geoteknik etütler yapılarak; zeminin özellikleri, komşu yapı ve mevcut sistemlerin durumu ve yerleşimi hakkında bilgi toplanmaktadır. Rijit iksa duvarları ve hesaplarda yükseltilmiş toprak basınç katsayıları alınarak kazı çevresindeki yapıların güvenliği sağlanmaktadır.

Temel çukurlarını destekleyen sistemlerin boyutlandırılması sisteme etkileyen yüklerin yani toprak basınçlarının, sanal toprak basınçları diyagramları yardımıyla belirlenmesi ile gerçekleştirilir. Bu yüklere göre sistem elemanlarına gelecek kesit tesirleri hesaplanır ve elemanlar bu tesirlere göre boyutlandırılır.

Değişik zemin türleri ve saha koşullarına göre uygulanabilecek birçok destekleme sistemi geliştirilmiştir. Derin kazı çukurlarının desteklenmesinde en çok kullanılan iksa sistemleri; kazıklı ve ankrajlı perdeler, betonarme perdeler, diyafram duvarlar ve palplanşlardır.

Derin kazıların tasarımının ana ilkesi inşa edilmesi düşünülen ve civarda mevcut bulunan her türlü yapının emniyetinin sağlanmasıdır. Bu esas amaca göre yapılacak ilk iş boyutları ve özellikleri belli olan yapının oturacağı alan ve çevresindeki zemin özelliklerinin geoteknik etüdlerle belirlenmesi, komşu yapı ve mevcut sistemlerin durumu ve yerleşimi hakkında mümkün olduğu kadar detaylı bilgilerin toplanması, toplanan bu bilgiler ışığında ekonomik faktörleri de göz önüne alarak amaca ve şartlara uygun bir destekleme sistemi seçebilmektir.

2. DESTEKLEME SİSTEMLERİ

Derin bir kazı programının başarıya ulaşması için detaylı bir geoteknik araştırma, uygun ve güvenli bir destekleme sistemi seçilmesi, işin mümkün olan en kısa sürede bitirilmesi gerekmektedir. Destekleme sisteminin seçilmesinden önce yapılması gereken araştırmalar aşağıda açıklanmıştır.

1. Kazı sahasında detaylı bir geoteknik araştırma yapılmalıdır. Yapılacak sondajlar uygun aralıkta seçilmeli ve kazı seviyesinin yeteri kadar altına inmeli. Sondaj sonuçlarına göre kazı sahasının profillerini aksonometrik tarzda gösteren bir panel diyagram hazırlanmalıdır.

2. Ankrajlı destekleme sistemi uygulanması halinde ankraj köklerinin gelmesinin muhtemel olduğu bölgelerde eğer komşu yapılar da mevcutsa eğimli, değilse düşey sondajlar yapılarak zemin profili ve özellikleri belirlenmelidir. Kazı yapılacak alandaki zeminin özelliklerine ait daha önceden derlenmiş bilgiler mevcut değilse sondaj aralıklarının 20 m 'den fazla olmaması tavsiye edilmektedir.
3. Zemin profilinde rastlanan tabakalara ait geoteknik parametreler arazi ve laboratuvar deneyleri ile belirlenmeli, eğer mümkünse ankraj köklerinin tespit edileceği yerlerde örselenmemiş numuneler alınmalıdır.
4. Kazı alanında varsa yeraltı suyunun seviyesi ve özellikleri, betona zararlı maddeler içerip içermediği araştırılmalı, inşaa süresince su pompajla çekilecekse debisi ve su taşıyan tabakalardaki basınçları belirlenmelidir.
5. Komşu yapıların taşıyıcı sistemleri, yaşları, temel derinlikleri, komşu yapılarda müsaade edilen oturmalar bu yapıların projeleri incelenerek ve yerinde yapılan tespitlerle belirlenmelidir. Ayrıca içme suyu, havagazı, elektrik, telefon ve kanalizasyon gibi şehir şebekelerinin yerleri ve derinlikleri tespit edilerek vaziyet planına işlenmelidir.
6. Temel çukurlunun boyutlarına ve uygulanacak inşaat hızına bağlı olarak kazı çukurunun açık kalacağı zaman ve mevsimler tahmin edilmelidir.
7. Destekleme sistemleri geçici ve sürekli maksatlarla tasarlanabilir. Geçici maksatlı alanlar sadece kazı ve temel inşaa süresince kazı duvarlarından gelecek basınçları karşılamak, sürekli olanlar ise yapının bir bölümünü oluşturmak üzere tasarlanırlar. 2 yıldan az süre yük taşıyacak sistemler genel olarak geçici maksatlı kabul edilirler.
8. Destekleme sistemine gelecek toprak basınçları, su basıncı, komşu yapılardan aktarılan yükler hesaplanmalıdır Bu yükler altında sisteme etkiyecek kesit tesirleri ile meydana gelebilecek yatay deformasyonlar ve dönmeler hesaplanmalıdır. Destekleme sistemine ait elemanların seçiminde şu hususlar dikkate alınmalıdır;
 - a) Destekleme elemanları burulmaya ve aşırı deformasyona uğramadan toprak basıncı, su basıncı ve sürşarj etkilerini güvenle taşımalıdır.
 - b) Yatay destekler mümkün olduğu kadar seyrek konularak inşaat makinalarının temel çukuru içinde rahat çalışabilmesi sağlanmalıdır. Ankrajlı bir destekleme sistemi seçilmesi halinde yüksek kapasiteli seyrek ankraj yerine, düşük kapasiteli sık ankraj kullanılması yoluna gidilmelidir.
 - c) Zemin yüzeyinde oturmalar istenmiyorsa destekleme sistemi ankrajlarla geriye bağlanmalı ve ankrajlara öngerme uygulanmalıdır.

- d) Esas yapıya ait radye temeli ve bodrum katları yatay destek olarak kullanmanın mümkün olup olmadığı araştırılmalıdır

2.1. Dar ve Derin Kazıların Desteklenmesi

Dar ve derin kazıların desteklenmesinde genellikle kazıdan önce kazı sınırlarına belirli aralıklarla çelik kazık ve çelik palplanş çakarak yapılmaktadır. Kazıklar çelik H veya I profillerinden oluşur. Düşey kazık ya da palplanşların çakımının tamamlanmasından sonra zemin kazısı belirli aralıklarda yatay destekler oluşturularak yapılır.

2.2. Kuyu Tipi Betonarme Perde Duvarlar

Yeraltı su seviyesinin derinde olması ve zeminin kendini tutabilmesi halinde uygulanan bir yöntemdir. Kazı çevresinde yoğunlukla birer ara ile 2 x 2 m, 2 x 3 m veya 1,5 x 3 m boyutlarında iksalı kuyular açılmaktadır. Konsol çalışan perdelerde kuyu derinliği, kazı tabanının oldukça altına indirilmektedir. Kuyuların kazısının tamamlanmasından sonra, perde donatısı yerleştirilerek beton dökülmektedir.

2.3. Kademeli Kazı Yüzeylerinin Ankrajlı Yüzeylerinin Ankrajlı Betonarme Perdelerle Desteklenmesi

Kazı şevlerinde desteklenmesinde kullanılan bu sistem yeraltı suyu bulunmayan 3 – 4 m kadar derinlikte kazıldığında kendini geçici de olsa bir süre tutabilen zeminlerde kullanılmaktadır.

2.4. Diyafram Duvarlar

Derin kazıların önem kazandığı son yıllarda geoteknik mühendisliğinde geniş bir uygulama alanı bulan yöntemlerin en yaygınlarından biri diyafram duvarlardır. Bu tekniğin temeli zemin içerisinde kazı makinaları ile açılan dar, derin bir hendeğin kazı esnasında beton dökünülünceye kadar, özel bir bulamaçla desteklenmesi ve daha sonra beton dökülerek zemin içerisinde parça parça veya diyafram olarak düz bir duvar oluşturulmasına dayanır.

Derin kazılarda, perde kalınlığından ve donatıdan ekonomi sağlamak, yanıl deformasyonları sınırlayıp komşu binalarda istenmeyen hasarları önlemek ve genelde inşaatı ekonomik hale getirmek amacıyla diyafram perdenin ön germeli ankrajlarla zemine bağlanması uygun olmaktadır.

2.5. Kazıklı Perdeler

Bu tip perdeler birbirini kesen, yan yana veya aralıklı imal edilen fore kazıklarla teşkil edilmektedir. Kendisini nispeten tutabilen zeminlerde ve yeraltı suyunun derinde olması durumunda kazık aralıkları kazık çapının üç katına kadar çıkabilmektedir. Eğer sızdırmazlık istenirse birbirini kesen kazıklar imal edilmektedir.

Genelde kazık çapları 10 cm. ile 200 cm. arasında değişmektedir. Kazı derinliğinin küçük, kazık çaplarının büyük olması halinde, kazıklı perde konsol çalışmakta ve sistemi oluşturan kazıklar uçlarından mütemadi bir kirişle bağlanmaktadır. Kazık çaplarının küçük, kazı derinliğinin büyük olması halinde veya destek sisteminin yatay deformasyon yapmasının istenmediği durumlarda kazıklı perde ankrajlarla geriye bağlanmaktadır.

2.6. Fore Kazık ve Ankrajlı İksalar

Derin temel kazıları sırasında çevre yol ve yapılara zarar vermemek için, imal edilen kazı duvarları destekleme yöntemlerinden birisidir. Kazı derinliğine, zemin şartlarına ve sürşarj (çevresel) yüklerine bağlı olarak seçilen fore kazık + kuşak kirişi + ankraj grubundan oluşan bu iksa sistemleri, yüksek güvenlik gerektiren durumlarda tercih sebebi olmaktadır.

2.7. Enjeksiyon

Enjeksiyon, zeminin kayma direncini arttırmak ve bu şekilde geçirimsizliği azaltmak için kaya yada zemin içine basınç altında bir sıvıyı yollama işlemidir.

2.8. Dondurma Yöntemi

Derin bir kazının desteklenmesi problemiyle karşılaşıldığında geleneksel yöntemler dışında yapay olarak zemin dondurulması da son zamanlarda ilerleyen uygulama teknolojisi ile bir seçenek haline gelmiştir. Yapay olarak zemin dondurma tekniği özellikle desteksiz açılan kazı hendeği duvarlarında uygulama alanı bulmuştur. Bu tip kazılara genellikle yeraltı metro istasyonu ve tünel inşaatlarında ihtiyaç duyulmaktadır.

3. ÖRNEK ÇALIŞMA

Denizli ilinde yapımı planlanan bir alışveriş merkezi inşaatı temel kazısının güvenli bir şekilde yapılabilmesi, çevre bina ve yollarda herhangi bir stabilite kaybı ve yapısal hasar oluşmaması için kazı yüzeylerinin uygun bir iksa sistemi ile desteklenmesi gerekmektedir.

Temel kazısı yapılacak sahada uygulanacak iksa sisteminin belirlenmesi amacıyla yerinde yapılan zemin etüt sondajları ve elde edilen veriler incelenmiştir.

İnceleme kapsamında, geoteknik etüd, seçilen iksa sisteminin geoteknik açıdan değerlendirmesi ve iksa sisteminin betonarme hesapları yer almaktadır. İnşaat sahasında Haziran 2006 tarihinde zemin profilinin ve özelliklerinin belirlenmesi amacıyla özel bir jeoloji firması tarafından boyları 10 – 25 m arasında değişen 13 adet toplam ~226 m uzunluğunda zemin etüt sondajı yapılmıştır. Sondajlar sırasında arazi deneyi olarak SPT yapılmış, sondajlardan alınan örselenmiş numuneler üzerinde de laboratuvar deneyleri yapılarak elde edilen verilere bağlı ön etüt raporu hazırlanmıştır.

Sondajlar incelendiğinde, sahada hakim zemin profilinin üstte Kumlu Çakıllı kontrolsüz DOLGU, daha aşağı seviyelerde ayrılmış siltli kumlu çakıl tabakalarından oluştuğu görülmektedir. Daha önce Pamukkale Üniversitesi Müh. Fakültesi tarafından aynı alanda yapılan zemin incelemesinde de zemin kumlu seviyeler içeren kötü derecelenmiş çakıl (GP) olarak tanımlanmıştır (Kumsar ve Gökgöz, 1997).

Tablo:1 : İksa hesapları için kabul edilen zemin parametreleri

No	Açıklama	Tabaka Kalınlığı (m)	B. Hacim Ağırlığı γ (kN/m ³)	İçsel Sür. Açısı ϕ°	Kohezyon c (t/m ²)	Duvar Sür. Açısı δ°
1	Kontrolsüz DOLGU	2	17.0	30.0	0.0	20
2	Siltli Kumlu ÇAKIL	-	18.0	35.0	0.0	25

3.1. İksa sistemi

Hazırlanan iksa projesinde emniyet, uygulanabilirlik ve ekonomi kriterleri beraberce düşünülmüş ve iksa sisteminin özetle, düşey taşıyıcı elemanların öngermeli ankrajlarla desteklendiği bir sistemden oluşması uygun görülmüştür (Şekil 1). İksa projesinin hazırlanmasında geçici iksa tasarım kriteri esas alınmıştır. İksa projesinde kazı derinliği kota göre değişmekle maksimum 16.6 m derinliğinde ve kazık boyu 17.5 m dir.

Yanal toprak basıncının hesaplanmasında aktif toprak basıncı ve sukunetteki toprak basıncı katsayıları kullanılmıştır. 3 farklı kesit için çevre yapıların durumlarına bağlı olarak 3 farklı yük kabulü ve yanal toprak basıncı kabulü yapılmıştır.

Tablo 2: Yanal toprak basıncı katsayıları ve kesit hesaplarında kullanılan sürşarj yükleri

Kesit No	Yanal toprak basıncı Katsayısı	Sürşarj Yükü (kN/m ²)
I-I kesiti	$(K_a + K_o)/2$	40
II –II kesiti	K_a	20
III-III kesiti	$(K_a + K_o)/2$	40

İksa projesinin tüm kesitlerinde düşey taşıyıcı eleman olarak Ø 65 cm çaplı fore kazıklar kullanılmıştır. Planda 1.0 m ara ile yerleştirilmiştir. Fore kazıklar, farklı kesitlerde düşeyde 3, 4, ve 5 sıra öngermeli ankraj ile desteklenmiştir. Öngermeli ankrajlar, 0.6 inç çaplı 3 adet halat içerecek şekilde tasarlanmıştır. Ankraj yatay aralığı 1.0 – 1.5 m arasında değişmektedir. Ankraj halatının teknik özellikleri Tablo 3’ de verilmektedir. Bir ankrajın 50 ton yük taşıyacağı hesaplanmıştır. Kesit hesaplarına göre Ø65 cm çaplı fore kazıklar üzerine etkiyen en büyük moment değeri 13.0 tm / m (127.5 kNm / m), en büyük kesme kuvveti değeri de 19.22 t/m (188.5 kN/m) dir. Öngermeli ankrajlara etkiyen en büyük yük değeri 46 t’ dur. Bu değer 3adet öngermeli halatı için ankraj halatı ve ankraj kökü taşıma kapasitesinin altındadır. İksa sistemi ile ilgili kesit çizimleri ve iksa detayları şekil 3 ve 4 de verilmiştir.



Şekil 1. Uygulamanın yapıldığı fore kazık ve ankraklı iksa sisteminin yapımı.

Tablo 3: Ankraj Halatı Teknik Özellikleri

Cinsi	Kesit Alanı	Kopma kuvveti	Emniyetli Taşıma Kapasitesi
Süper Tendon Düşük Gevşemeli	140 mm ²	260 kN (26.5ton)	156 kN (16 ton)

Destekleme sisteminin tamamlanmasından sonra maksimum destekleme duvarı Şekil 2 de görülmektedir.



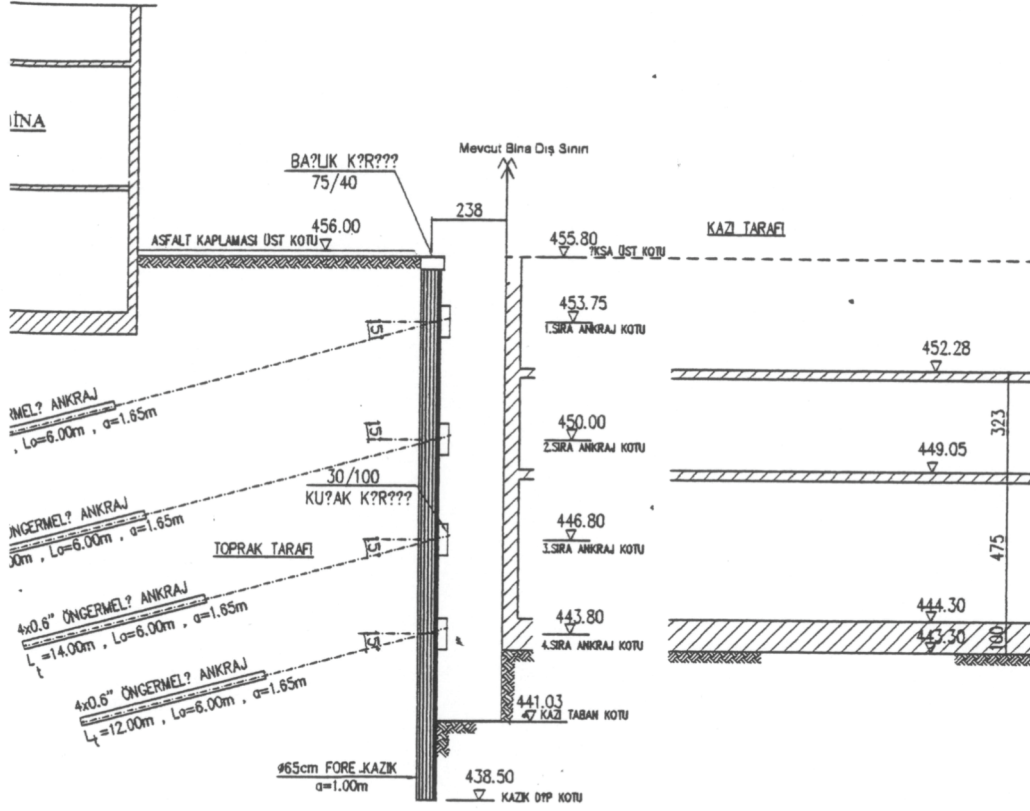
Şekil 2. Uygulamanın tamamlanmış halinin görünümü.

4. SONUÇLAR

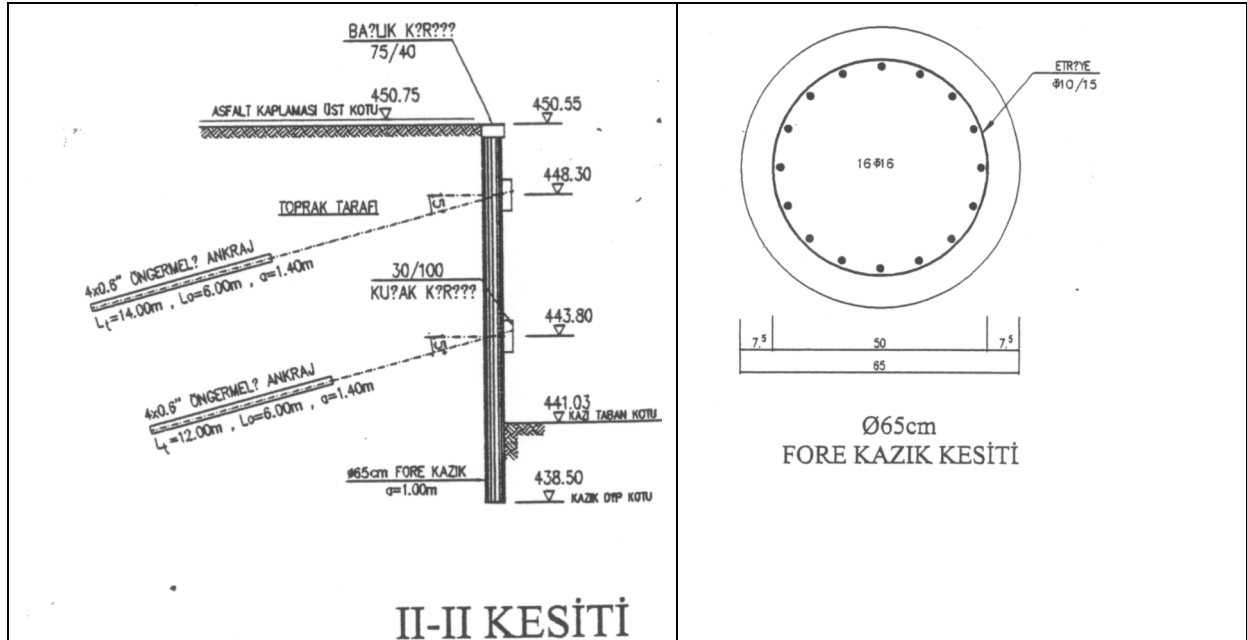
Derin kazılar ve destekleme sistemlerinin performansını etkileyen önemli faktörler , zemin Profili (zemin cinsi, zemin permeabilitesi, kayma mukavemeti), yeraltı suyu koşulları, destekleme yüzeyine gelecek yanal toprak basınçları, analiz ve dizayn sürecinin başarısı ve destekleme sisteminin seçimi, inşa metodu, inşa sırası, işçilik ya da inşa kalitesidir. Yukarıdaki faktörlerin derin kazılardaki rollerinin karmaşık olması, derin kazılar için destek sistemlerinin seçimini zorlaştırmaktadır. Derin kazı problemlerinin çözümünün ancak kazı sahasında detaylı bir geoteknik araştırma yapılması olduğu söylenebilir. Denizli’de inşa edilen derin kazı ve destekleme sisteminin detaylı geoteknik araştırma sonrası başarıyla uygulanmış ve ülke geoteknik bilgi birikimine katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- 1- APAYDIN B.S. , Derin Kazılar ve Destekleme Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi , Eskişehir / Türkiye, (2003)
2. DURLU. M. , Derin Kazılar ve Destekleme Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi,İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul / Türkiye (1988)
3. Kumsar, H., Gökgöz, A., Denizli Belediyesi Tarafından 1547 Nolu Parselde Yaptırılacak “Demokrasi Meydanı Eğlence-Kültür ve Ticaret Merkezi” nin Oturacağı Zemin İlişkin Jeolojik Etüt Raporu, PAÜ Müh. Fak Raporu. (1997)
4. Multi Turkmall Gayrimenkul Yatırım İnş. Ve Tic. A.Ş. Forum Çamlık Projesi, 1. Etap İksa Sistemi, Geoteknik ve Betonarme Hesap Raporu, Denizli (2006)
5. ŞENGÜL M.F. , Ankrajların Kayada Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. , Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul / Türkiye, (1988)
6. ÖZTÜRKÇİNE L. ,Palplanş Perdelerle İksa Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. , Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul / Türkiye (1985)
7. TANRIVERDİ M. , Zeminde Ankastre Perde Duvarların Boyutlandırılması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. , İstanbul / Türkiye, (1984)
- 8.ÜNLÜKUŞ M.B. ,Diyafram Duvarlar, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü , Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul / Türkiye,(1985)
9. YILMAZ Z. ,Çeşitli Toprak Basıncı Dağılımları İçin Ankrajlı Perde Hesabı, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul / Türkiye ,(2001)



I-I KESİTİ



Şekil 3: Kazı kesitleri ve 65 cm çaplı fore kazık kesiti

