

## DERİN KAZI İKSA PROJELERİNDE DEĞER MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMASI

### VALUE ENGINEERING PRACTICE IN DEEP ESCAVATION PROJECTS

Anıl TORAMAN<sup>1</sup>, Arif ÇINAR<sup>2</sup>, Osman PEKARUN<sup>3</sup>

#### ÖZET

Hızla artan kentleşme ve arsa bedellerinin yükselmesinden dolayı son yıllarda yer altında inşaat alanı kazanma ihtiyacı artmıştır. Bu amaçla derin kazı iksa uygulamaları, inşaat sektöründe önemli bir uygulama alanı bulmuştur. Yapılan yatırımların mali ölçekleri çok büyük boyutlara ulaşabildiğinden, maliyet üzerine çalışmalar yapılması da zorunlu bir hal almıştır. Özellikle kaliteden ödün vermeden maliyeti azaltmaya yönelik çözümler aranmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, İstanbul Üsküdar'da yapılan konut inşaatının derin kazı iksa projesi için uygulanan başarılı bir değer mühendisliği uygulaması vaka analizi olarak ele alınmıştır. İhale aşamasında yapılan iksa projesi yerine tarafımızca yapılan iksa projesi, önceki projeye göre hem mali açıdan daha uygun hem de süre açısından daha kısa zamanda yapılabilmiştir. Böylelikle değer mühendisliğinin işverene sağladığı kazanç açık bir şekilde ortaya konulurken, özellikle büyük ölçekli projelerde değer mühendisliğine başvurulmasının elzem olduğu anlaşılmıştır.

*Anahtar kelimeler; Değer mühendisliği, derin kazı, iksa, inşaat, maliyet.*

#### ABSTRACT

Due to the rapid increase in urbanization and the rise of land prices, the need for underground construction sites has increased in recent years. For this purpose, deep excavation applications have found an important application area in construction sector. Since the financial scales of the investments made can reach very large sizes, it is also necessary to work on costs. In particular, solutions are being sought to reduce costs without decreasing quality. In this study, a case study of successful value engineering applied for the deep excavation project of housing construction in Üsküdar, İstanbul was considered. Instead of the shoring project made at the tender stage, the shoring project done by us can be done both financially and in a shorter period of time than the previous project. Thus, it

<sup>1</sup> İnşaat Mühendisi, Geobos Zemin Güçlendirme Uzmanları, toramananil@geobos.com (Sorumlu yazar)

<sup>2</sup> Yüksek İnşaat Mühendisi, Geobos Zemin Güçlendirme Uzmanları, arifcinar@geobos.com

<sup>3</sup> Yüksek İnşaat Mühendisi, Geobos Zemin Güçlendirme Uzmanları, pekarun@geobos.com

has been understood that value engineering is an essential factor in value engineering, especially in large-scale projects, while the value engineering profession is clearly showing the benefits it provides.

*Keywords; Value Engineering, deep excavation, shoring, construction, cost.*

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda artan arsa fiyatlarından dolayı yoğun kentleşme bölgelerinde inşaat alanı kazanma ihtiyacı daha çok ön plana çıkmıştır. Metro, tünel gibi yer altı projelerinin yanında, bir çok bodrum kata sahip yüksek katlı binalar için de daha fazla inşaat alanı kazanılması adına iksa çözümleri yapılması çok yaygın hale gelmiştir.

Günümüzde inşaat sektörüne yapılan yatırımların mali ölçekleri çok büyük boyutlara ulaşabilmektedir. Bunun bir getirisi olarak iksa projelerinin mali ölçekleri de artmaktadır. Artan mali ölçeklerden ötürü maliyet üzerine çalışmalar yapılması da zorunlu bir hal almıştır. Özellikle kaliteden ödün vermeden maliyeti azaltmaya yönelik çözümler aranmaya başlanmıştır.

Mali zararların önüne geçebilmek adına, güvenlikten ve kaliteden ödün vermeden yapılacak değer mühendisliği çalışmaları yapılmaktadır. Maliyet ve zaman açısından elde edilen kazanç, değer mühendisliği uygulamalarının önemini çarpıcı bir biçimde ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada İstanbul Üsküdar'da yapılan bir konut projesinin ihale aşamasında önerilen iksa projesiyle tarafımızca tasarım aşamasında gerçekleştirilen değer mühendisliği çalışması sonucu uygulanan iksa projesi zaman, güvenlik ve mali yönlerden kıyaslanmıştır. Güvenlik ve zamandan ödün vermeden elde edilen mali kazanç açıkça ortaya konulmuştur.

## 2. DEĞER MÜHENDİSLİĞİ NEDİR?

### 2.1. Tarihçe

Değer mühendisliği ilk olarak 1945'lerde Amerika'da ortaya çıkmıştır. II. Dünya Savaşı dönemi General Electric firması çelik, nikel ve bronz gibi hammaddelerin az olmasının sıkıntısını yaşıyordu. General Electric, bulunamayan bu önemli hammaddelerin yerine başka malzemeler kullanarak ürünler elde etmeye başladı. Bunun üzerine General Electric firmasında çalışan Elektrik Mühendisi Lawrence D. Miles bu durumu sistematik ve planlı bir şekilde ele alması adına görevlendirildi. Miles ve arkadaşları farklı malzemelerin, aynı fonksiyonu gerçekleştirmede sağladığı yararları karşılaştırarak çalışmalarını Değer Analizi adında sistemleştirdi.

1954'de A.B.D. Deniz Kuvvetleri, maliyetlerini azaltmak için Miles tarafından geliştirilen Değer Analizi Programını kullanmaya başladı. Bu programla birlikte kendi mühendislik tekniklerini de kullanarak bu iki disiplini Değer Mühendisliği adı altında birleştirdiler. Böylelikle ilk kez Değer Mühendisliği kavramı ortaya çıkmış oldu.

Değer Mühendisliği uygulamaları İnşaat sektöründe 1960'lı yıllarda yine Amerika'da uygulanmaya başlandı. Bu dönemde değer mühendisliğinden elde edilen kazancı müteahhit ve işveren birlikte paylaşıyorlardı.

## 2.2. Tanım

Değer mühendisliği; ürünün, müşteriye sunulan faydanın değiştirilmeden maliyetinin düşürülmesini ya da maliyetinin sabit tutularak müşteriye sunulan faydanın artmasını amaçlayan sistematik bir yaklaşımdır. Amaç en düşük maliyet değil en yüksek değerdir. Amacı gerçekleştirmek için bu işlemler gerekli mi, bu fonksiyonu aynı kalitede ve maliyeti düşük olarak başka türlü nasıl sağlayabilirim tarzı bir bakış açısıyla olaylara yaklaşır. Aşağıdaki formülasyon ile değer kavramı ifade edilecek olunursa:

$$\text{Değer} = (\text{Fonksiyon} + \text{Kalite}) / \text{Maliyet}$$

Formülde fonksiyon; üründen beklenen performansı, kalite; kullanıcının ihtiyaç, istek ve beklentilerini, maliyet; ürünün yaşam döngüsü maliyetini temsil etmektedir.

Değeri arttırarak hedef maliyete ulaşmanın iki farklı yöntemi vardır. Bunlardan birincisi ürünün maliyetini arttıran ve karmaşıklaştıran gereksiz işlevleri ortadan kaldırma yöntemidir. Bu yöntemle işlevsen analiz yöntemi adı da verilir. Diğer bir yöntem ise fonksiyonellikten taviz vermeden, üretim ve parça maliyetlerinin düşürüldüğü yeni ürün tasarımı geliştirme yöntemidir. Bu yöntemle tasarım analiz yöntemi adı da verilir.

Özellikle tasarım aşamasında doğru bir şekilde yapılan değer mühendisliği çalışmaları mali anlamda büyük kazançlar elde edilmesini sağlar. Tasarım aşamasından uygulama aşamasına geçildikçe değer mühendisliğinden sağlanan mali kazanç da azalmakta hatta belirli bir aşamadan sonra yapılan değer mühendisliği çalışmaları ise mali anlamda zarar ettirebilmektedir.

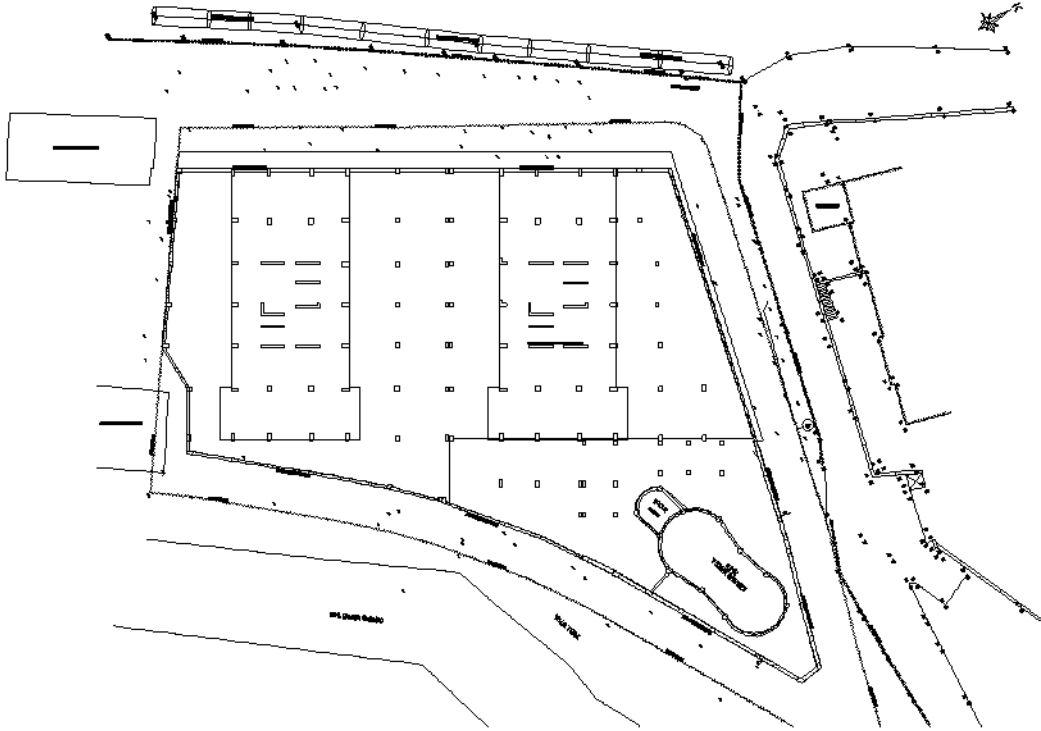
Günümüzde artan kentleşmeden dolayı daha az alanda daha çok inşaat alanı elde edilmesi önem kazanmıştır. Bununla doğru orantılı olarak iksa uygulamalarının uygulamalarının da önemi artmıştır. Mali anlamda ciddi yatırımlar yapılan inşaat sektöründe, iksa projeleri dahil olmak üzere özellikle proje aşamasında değer mühendisliği çalışmaları çok sık bir şekilde uygulanır hale gelmiştir.

## 3. PROJEYE AİT BİLGİLER

İstanbul ili, Üsküdar ilçesinde bulunan söz konusu arazide 9 Bodrum Kat + Zemin Kat + 7 Normal katlı A blok ve 8 Bodrum kat + Zemin kat + 7 Normal katlı B bloktan oluşan iki bina yapılması planlanmaktadır. Mevcut arazi eğimli bir yapıya sahip olup en yüksek noktası yaklaşık +102.70 kotlarında, en düşük noktası ise yaklaşık +75,0 kotlarındadır. Temel alt kotu ise +71.00 kotundadır. Buna göre bina temeli için h=5,0-31,0 m arasında değişen derinliklerde geçici kazı yapılacaktır.

Sahada yapılan 8 adet araştırma sondajı neticesinde hakim zemin profilinin 1,0 m kalınlığında dolgu devamında kuyu sonuna kadar yatay tabakalanmalı Kireçtaşı aratabakalı Kilitli birim olduğu anlaşılmıştır. Kilitli birim ilk 7,5 m kalınlıkta daha ayrılmış olarak kabul edilmiştir.

Arazi kuzey cephesinde yaklaşık 6.0 m genişliğinde yol ve sonarasında 15 katlı bina bulunmaktadır. Arazinin güney cephesinin ufak bir kısmı 3 Normal kattan oluşan mevcut betonarme bina'ya komşudur. Arazi batı cephesi Boğaziçi Köprüsü'nün bağlantı yoluna komşu iken, parselde yakın kısımda mevcut zemin kotunun yaklaşık 2.0 m aşağısında İSKİ'ye ait çelik su boruları bulunmaktadır (Şekil 1).

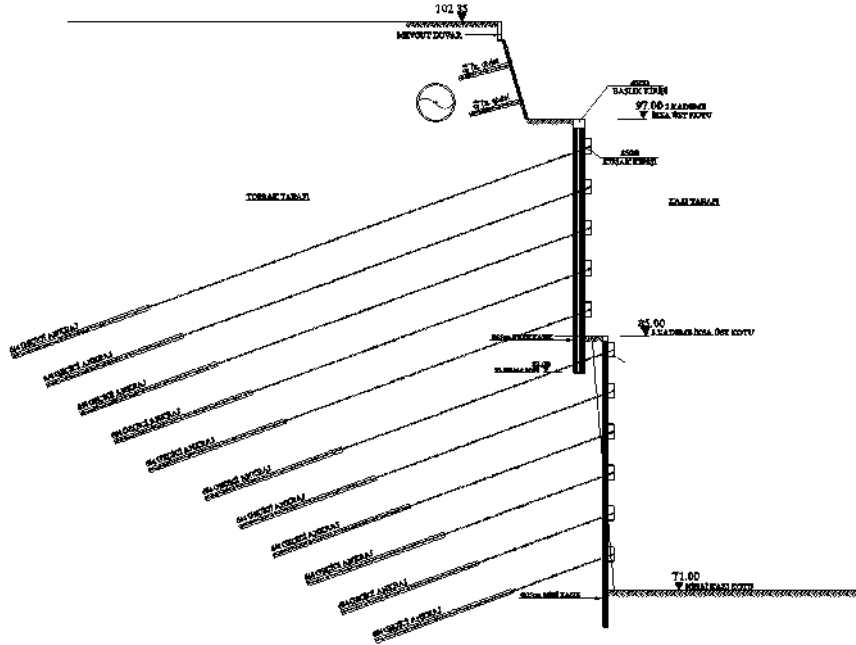


**Şekil 1. Yapılacak Yapı Mimari Yerleşimi**

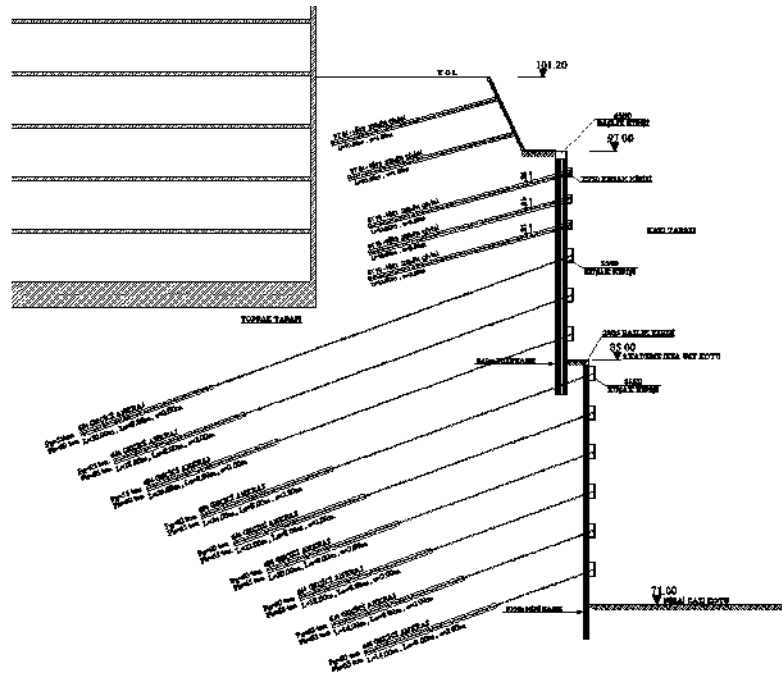
Tasarımlar yapılırken komşu binalar, İSKİ'ye ait çelik su borusunun konumu ve yollardan gelebilecek sürşarj yükleri dikkate alınmıştır.

#### **4. İHALE AŞAMASINDA ÖNERİLEN TASARIM**

Bu proje kapsamında ihale aşamasında bir Geoteknik Mühendislik firması tarafından iksa projesi oluşturulmuştur. Önerilen çözümde, derin kazı yapılırken belirli bir derinliğe kadar fore kazık devamında mini kazık + öngermeli ankraj yöntemi uygun görülmüştür. Komşu bina ve İSKİ boru hattı bulunan cephelerde ise üst kademelerde kısa zemin çivisi uygulaması yapılması önerilmiştir (Şekil 2 ve 3).



Şekil 2. İhale İksa Projesi - Yüksek Kesit

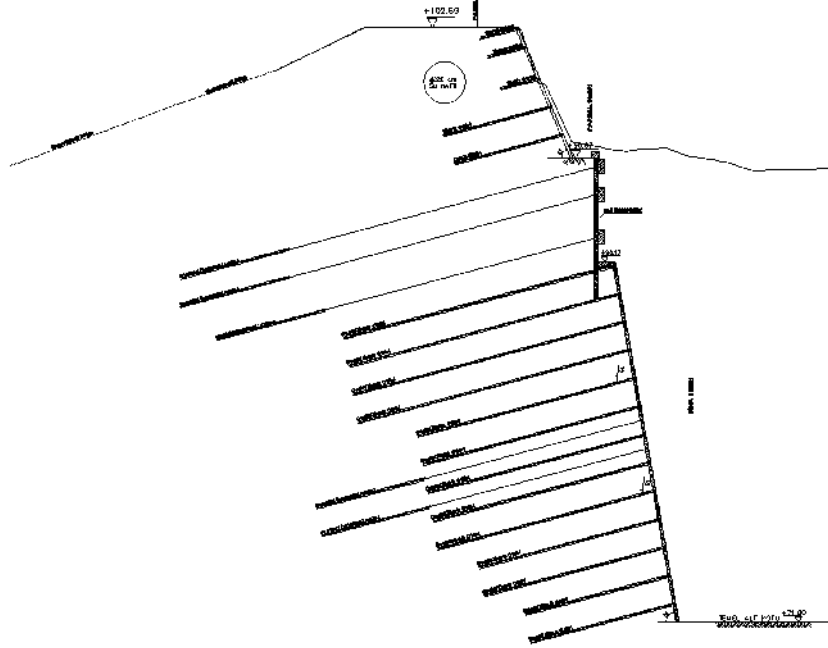


Şekil 3. İhale İksa Projesi - Kritik Kesit

## 5. ALTERNATİF TASARIM VE UYGULAMA SONUÇLARI

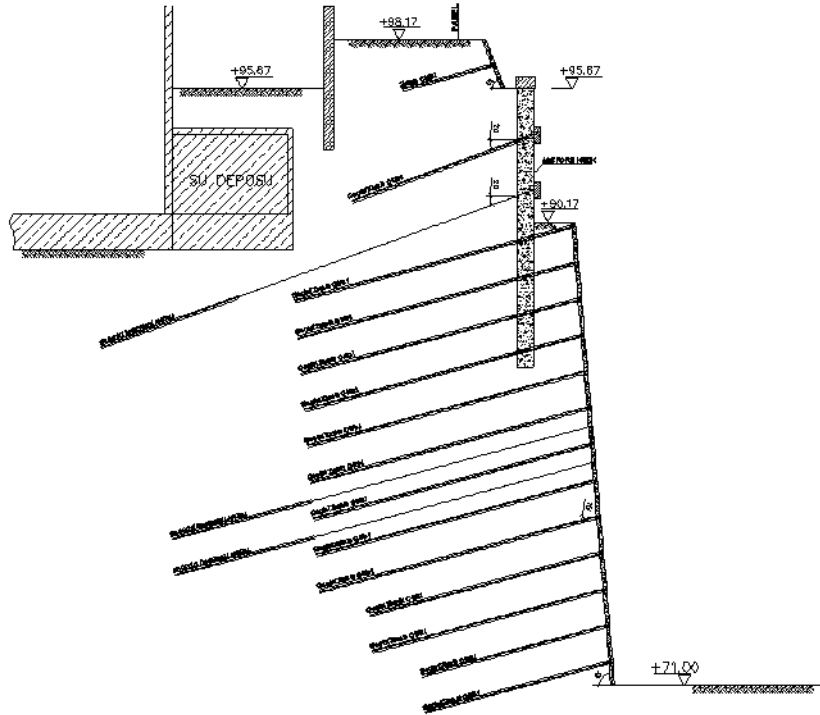
Tarafımızca yapılan proje kapsamında tüm cephelerde kaya niteliğindeki hakim zemin profiline uygun bir sistem olan zemin çivisi + püskürtme beton sistemi önerilmiştir. Ancak saha kotunun çok yükseldiği kısımlarda zemin çivisi imalatı için yeterli mesafe bulunmaması dolayısıyla bu bölgelerde mini kazık + öngermeli ankraj sistemi ile belli bir derinliğe

inildikten sonra zemin çivisi + püskürtme beton uygulaması yapılması uygun görülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. Geobos İksa Projesi - Yüksek Kesit

Ayrıca 15 katlı komşu bina bulunan kritik kesit için fore kazık + öngermeli ankraj sistemi ile belli bir derinliğe inildikten sonra zemin çivisi + püskürtme beton uygulaması yapılması uygun görülmüştür (Şekil 5).



Şekil 5. Geobos İksa Projesi - Kritik Kesit

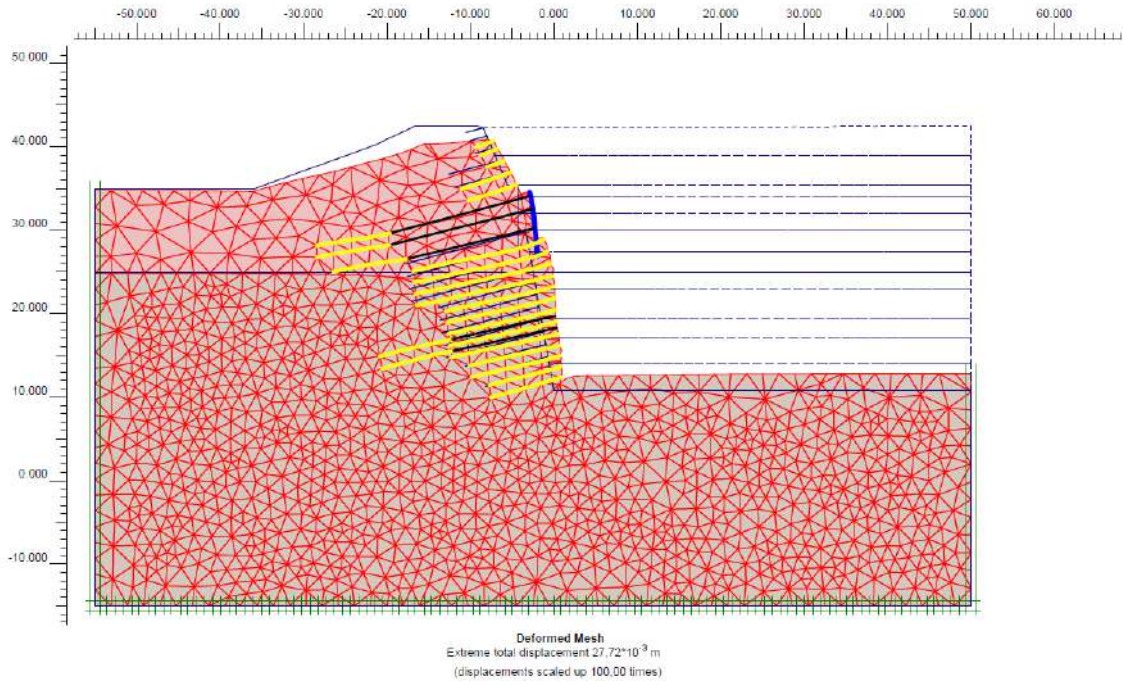
Tarafımızca yapılan iksa projesi tasarımında toptan stabiliteyi irdelemek için limit denge yöntemi ile çalışan TALREN programı ve deformasyon/gerilim davranışını irdelemek için sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan PLAXIS programı kullanılmıştır. Komşu bina olan kesit ile en yüksek kesit, kritik kesitler olarak dikkat edilmesi gereken kesitlerdir.

Analizler yapılırken kıltaşı birimi temsilen belirlenen zemin parametreleri (Tablo.1) kullanılmıştır.

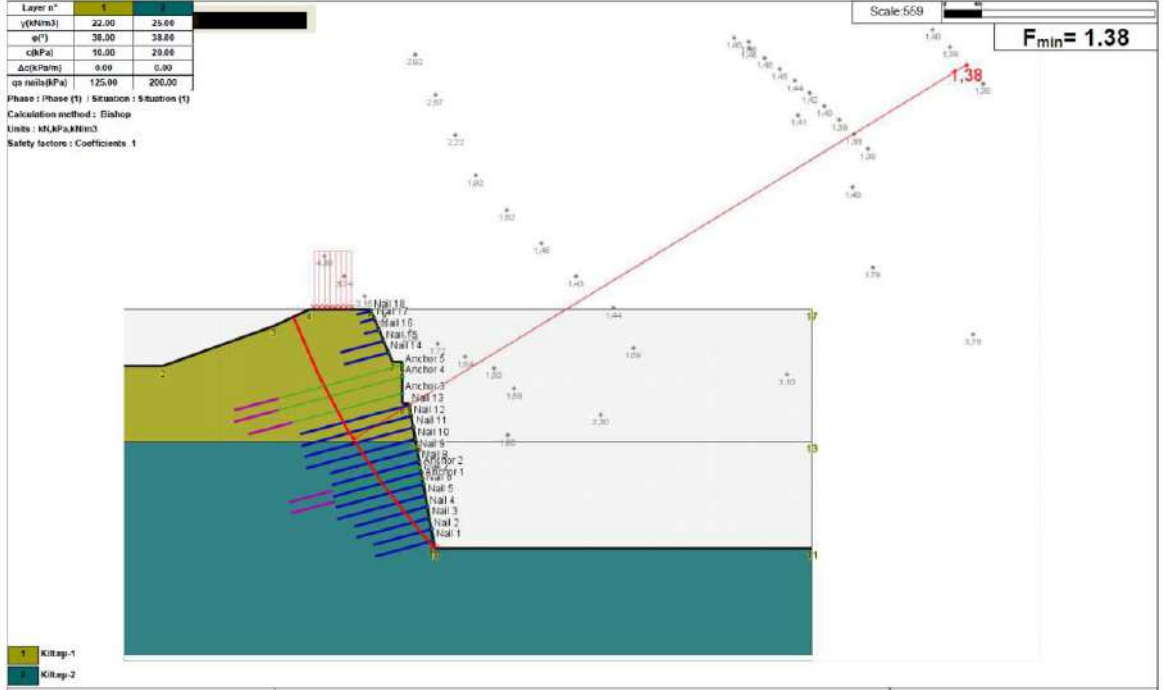
**Tablo 1. Analizlerde Kullanılan Drenajsız Zemin Parametreleri**

| Birim     | $\phi'$<br>(°) | $c'$<br>(kPa) | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $q_s$<br>(kPa) |
|-----------|----------------|---------------|----------------------------------|----------------|
| Kiltaşı-1 | 38             | 10            | 22                               | 125            |
| Kiltaşı-2 | 38             | 20            | 25                               | 200            |

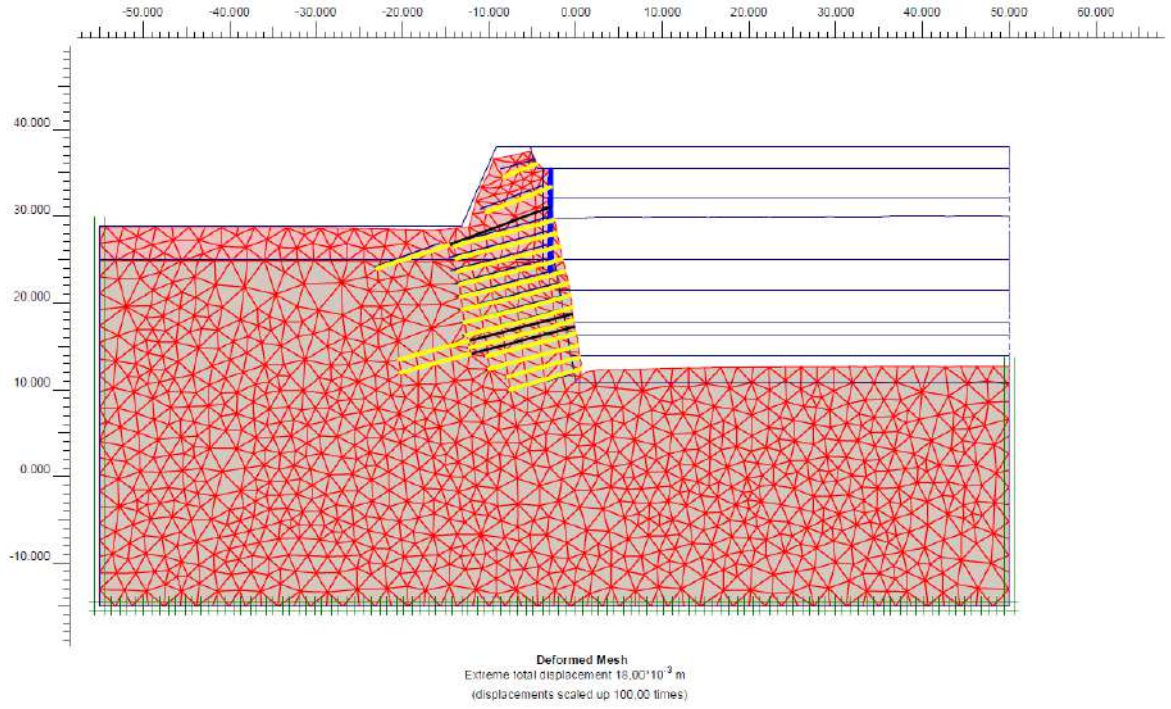
Tarafımızca önerilen iksa sistemi için yapılan analizlerde; yüksek kesit için yapılan Plaxis (Şekil 6) ve Talren analizleri (Şekil 7) sonuçları ile komşu bina bulunan kesit için yapılan Plaxis (Şekil 8) ve Talren (Şekil 9) analizleri sonuçları aşağıdaki gibi elde edilmiştir.



**Şekil 6. Yüksek Kesit İçin Sonlu Elemanlar Yöntemi Analizi Görüntüsü**

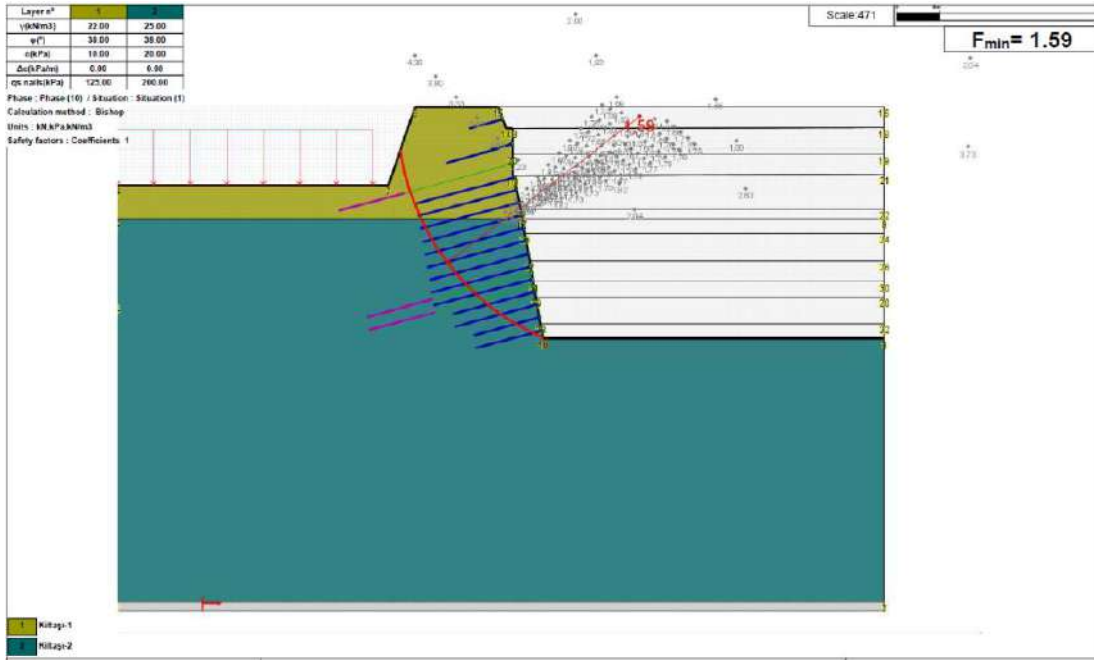


Şekil 7. Yüksek Kesit İçin Şev Stabilitesi Analizi Görüntüsü



Şekil 8. Komşu Bina Bulunan Kesit İçin Sonlu Elemanlar Yöntemi Analizi Görüntüsü





Şekil 9. Komşu Bina Bulunan Kesit İçin Şev Stabilitesi Analizi Görüntüsü

### 5.1. Tasarım Kriterleri

Talren program ile yapılan toptan stabilite hesaplamalarında göçmeye karşı geçici durum genel stabilite analizi için tasarım kriteri olarak güvenlik katsayısı  $FS \geq 1,30$  olarak belirlenmiştir (FHWA, *Soil Nail Walls*, March, 2003). Deplasman kriteri olarak da yapılan Plaxis analizlerinden elde edilen yatay deplasman değerlerinin kazı yüksekliğine oranının kaya niteliğindeki birimde %2 sınırını aşmaması koşulu göz önünde bulundurulmuştur (Ou, *Deep Excavation*, 2006).

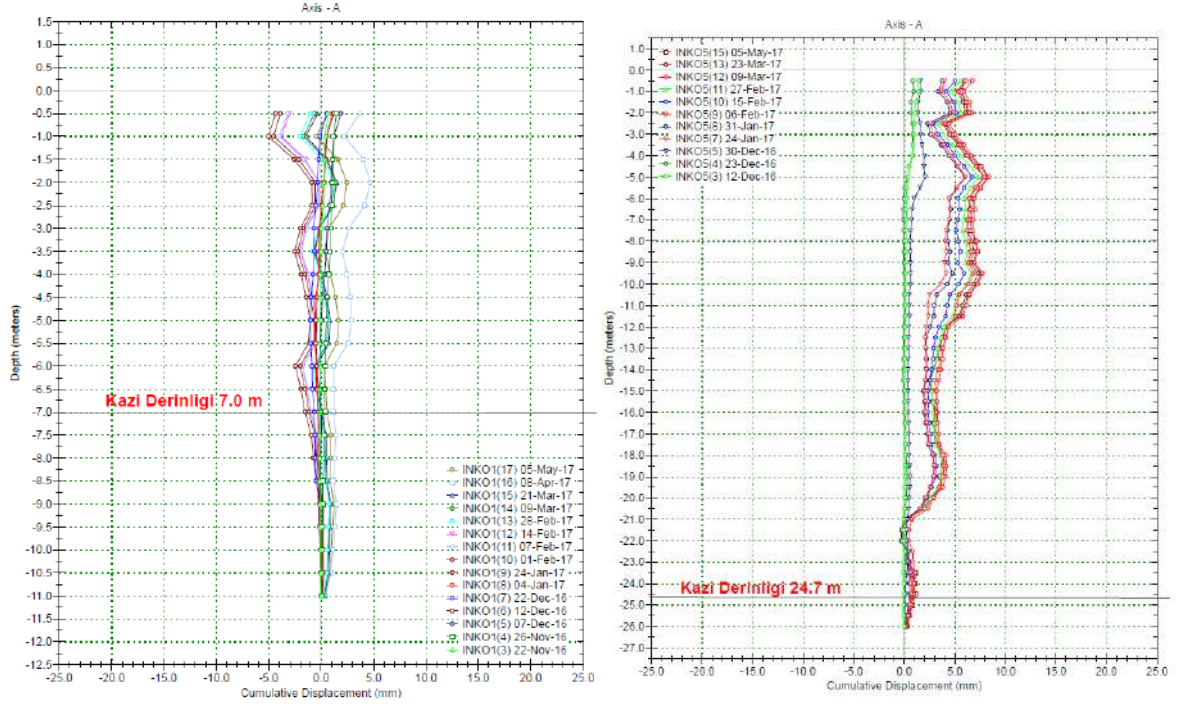
Tablo 2. Plaxis ve Talren Analiz Sonuçları

| Kesit                       | Talren<br>( $FS \geq 1.3$ ) | Plaxis (<%2)       |                     |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|
|                             |                             | $\Delta x$<br>(cm) | $\Delta x/H$<br>(%) |
| Yüksek Kesit                | 1,38                        | 2,7                | 0.8                 |
| Komşu Bina<br>Bulunan Kesit | 1,59                        | 1,2                | 0.4                 |

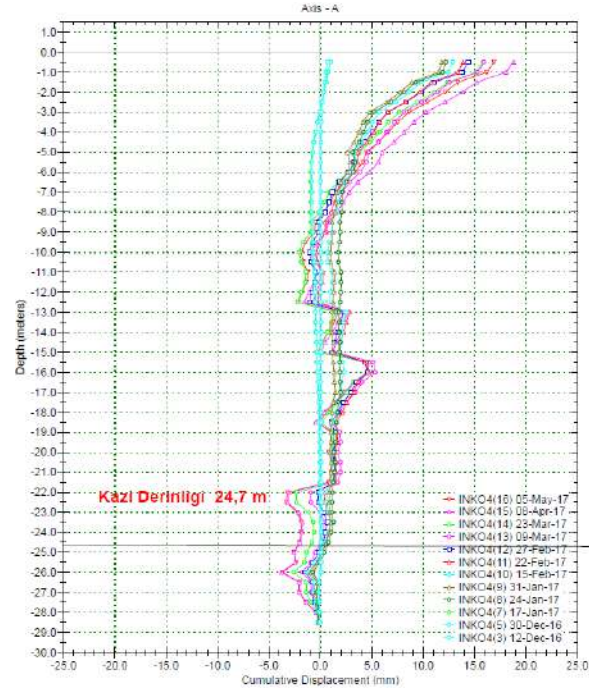
Tablo.2'den de görülebileceği gibi, tarafımızca önerilen çözüm, tasarım açısından limit sınırları aşmayacak seviyede sonuçlar vermiş olup, tasarım kriterlerini sağlamaktadır.

### 5.2. Tasarım ve Uygulama Sonuçlarının Uyumu

Sahada tarafımızca önerilen proje uygulandıktan sonra alınan inklinometre okumalarından elde edilen deplasmanların, tasarım aşamasında öngörülen deplasmanlarla yakın mertebelerde olduğu görülmüştür.



Şekil 10. Yüksek Kesit İnklinometre Okumaları



Şekil 11. Komşu Bina Bulunan Kesit İçin İnklinometre Okumaları

İlgili kesitlere yakın inklinometrelerin düzenli okumaları Şekil 10 ve Şekil 11'de görülmektedir. İnklinometre okumalarından da görüldüğü üzere tasarım aşamasında öngörülen deplasmanlarla, sahada gerçekleşen deplasmanlar mertebe olarak birbirine oldukça yakın sonuçlar vermiştir (Tablo 3). Bu durumda kullanılan zemin parametrelerinin ve modellenen iksa sisteminin gerçek durumu iyi bir şekilde yansıttığı sonucuna ulaşılabilir.

**Tablo 3. Tasarım ve Gerçek Durum Deplasmanlarının Karşılaştırması**

| Kesit                    | Tasarım deplasmanı (cm) | Gerçek deplasman (cm) |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Yüksek Kesit             | 2,7                     | 1,4                   |
| Komşu Bina Bulunan Kesit | 1,2                     | 1,9                   |

Ayrıca uygulama aşamasında, ihale projesinin sahada uygulanmasının önemli zorluklar içerdiği tespit edilmiştir. Bunun sebebi hem oldukça eğimli bu sahada fore kazık delgi makinesinin mobilizasyonu ile fore kazık donatısının indirilmesinin zorluğu hem de fore kazık delgisinin kaya niteliğindeki kireçtaşı bantlı kıltaşı birimde oldukça zor olacak olmasıdır. Dolayısıyla hem zaman hem maliyet hem de iş güvenliği açısından olumsuzluklar oluşabileceği tespit edilmiştir. Ancak tarafımızca önerilen zemin çivisi + püskürtme beton çözümü, kaya birimde zemin çivili iksa sistemlerinin oldukça iyi bir performansla çalışması, imalatı için gereken ekipmanların diğer çözüme oranla daha güvenli bir biçimde mobilize edilip kullanılabilir olması ve diğer çözüme oranla daha hızlı imalat yapılabilir olması sebebiyle tercih edilmiştir. Ayrıca kazık imalatları tarafımızca minimum seviyede tutulmuş, belirli bir kota inildikten ve saha tesviye edildikten sonra fore kazık imalatlarının gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Böylelikle önemli zorluklar içeren fore kazık imalatlarının zaman kayıpları minimize edilerek projenin hızlı ve planlı bir şekilde bitirilmesi sağlanmıştır. Tüm imalat 5 ay içerisinde tamamlanıp güvenli bir şekilde yüklenici firmaya teslim edilmiştir.

**Şekil 12. Sahada Uygulanan İksa Çözümü**

## 7. İKİ PROJENİN DEĞER MÜHENDİSLİĞİ AÇISINDAN KIYASLANMASI

Tasarım aşamasında görüldüğü üzere tarafımızca önerilen iksa sisteminin beklenen davranışları tasarım kriterleri açısından uygun durumdadır. Tarafımızca önerilen çözümün ihale aşamasında önerilen çözüme oranla daha hızlı yapılacağı da çok açıktır. Bu durumda değer mühendislik bakış açısına uygun olarak, aynı kalitede ve fonksiyonellikte hizmet sağlayacak bu iksa projelerinden daha hızlı ve ucuz olanını tercih etmek gerekmektedir.

Daha önce önerilen fore kazık – mini kazık + öngermeli ankrajlı iksa sisteminin maliyeti ile tarafımızca önerilen zemin çivisi + püskürtme betonlu iksa sisteminin maliyetleri Tablo.4'te görülmektedir.

**Tablo 4. Önceki Çözüm ile Geobos Çözüm Maliyet Karşılaştırması**

| Çözüm            | Maliyet      |
|------------------|--------------|
| Önceki Çözüm     | 2.300.000 TL |
| Alternatif Çözüm | 1.500.000 TL |

Tablo.4'ten de görüldüğü üzere daha önce önerilen fore kazık – mini kazık + öngermeli ankrajlı iksa sisteminin yaklaşık maliyeti 2.300.000 TL mertebesinde olacaktır. Tarafımızca önerilen zemin çivisi + püskürtme betonlu sistem ile bu projede yapılması düşünülen iksalı kazı projesi bedeli %35 azaltılarak 1.500.000 TL maliyet ile uygulama aşamasında hiçbir problem çıkmadan çözülmüştür.

İksa uygulamalarında değer mühendisliği aşamasında en önemli kriter maliyetten kazanç sağlamak adına güvenlikten ödün vermemektir. Tarafımızca yapılan risk analizleri ve uygulama aşamasında limit değerler içerisinde kalınmıştır. Ancak gerçek durumda bu limit değerlerin aşılması değer mühendisliği uygulamasının başarısız olması anlamına gelecekti.

## 8. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada İstanbul Üsküdar'da yapılan bir iksa projesinde gerçekleştirilen değer mühendisliği çalışması incelenmiştir. İhale aşamasında önerilen fore kazık + öngermeli ankrajlı iksa sistemi ile tarafımızca önerilen zemin çivisi + püskürtme beton iksa sistemi karşılaştırılmıştır. Bu iki iksa sistemi; zaman, güvenlik ve maliyet anlamında karşılaştırılarak, bu projede değer mühendisliği uygulamasının işveren firmaya sağladığı kazanç gözle görülür bir şekilde ortaya konmuştur.

- Oldukça eğimli bir arazide 8 ve 9 Bodrum Kat + Zemin Kat + 7 Normal kattan oluşan A ve B blok olmak üzere iki adet bina yapılması planlanmaktaydı. Bina temeli için h=5,0-31,0 m arasında değişen derinliklerde kazı yapılması gerekmektedir.
- Sahada yapılan 8 adet sondaj neticesinde hakim zemin profilinin 1,0 m kalınlığında dolgu, devamında kuyu sonuna kadar kaya niteliğinde yatay tabakalanmalı Kireçtaşı aratabakalı Kiltası birim olduğu anlaşılmıştır. Kiltası birim ilk 7.5 m kalınlıkta daha ayırışmış bir niteliktedir.

- İhale aşamasında bir Geoteknik Mühendislik firması tarafından, fore kazık – mini kazık + öngermeli ankraj yöntemi çözüm olarak sunulmuştur.
- Tarafımızca yapılan değer mühendisliği çalışması sonucu zemin koşullarına çok uygun olan zemin çivisi + püskürtme beton sistemi önerilmiştir.
- Tarafımızca yapılan iksa projesi için limit denge yöntemi ile çalışan Talren programı kullanılarak, kritik ve yüksek kesit için yapılan toptan stabilite analizinden elde edilen güvenlik katsayılarının (1,38-1,59  $\geq$ 1,30) tasarım kriterleri açısından uygun olduğu görülmüştür.
- Tarafımızca yapılan iksa projesi için sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan Plaxis programı kullanılarak, kritik ve yüksek kesit için yapılan gerilme-deformasyon analizinden elde edilen deplasman değerlerinin (%0.4-0.8 < %2) tasarım kriterleri açısından uygun olduğu görülmüştür.
- Yapılan analizlerden elde edilen verilere göre ihale aşamasında önerilen iksa projesi ile tarafımızca önerilen iksa projesi tasarım kriterleri açısından hemen hemen aynı mertebelerde güvenli sistemlerdir.
- İhale aşamasında önerilen iksa projesinin sahada uygulamasının önemli zorluklar içerdiği, dolayısıyla zaman ve iş güvenliği açısından aksamalar meydana gelebileceği tespit edilmiştir. Ancak tarafımızca önerilen iksa sistemi hem zaman hem de iş güvenliği açısından daha iyi bir performans gösterecektir.
- Sahada tarafımızca gerçekleştirilen bu iksa projesinin uygulaması neticesinde, inklinometre okumalarından elde edilen deplasmanların (1,4-1,9 cm) tasarım aşamasında öngörülen deplasmanlara (1,2-2,7 cm) yakın mertebelerde sonuçlar verdiği görülmüştür.
- Tarafımızca tasarım aşamasında önerilen ve istenen kalite, güvenlik ve taahhüt edilen süre içerisinde uygulanan iksa projesi, işverene ihale aşamasında önerilen projeye oranla %35 mali kazanç sağlamıştır. Bu çalışmayla iksa projelerinde değer mühendisliği uygulanmasının önemi ortaya konulmuştur.

## KAYNAKLAR

- Bekran Mühendislik "İstanbul ili, Üsküdar İlçesi, Ünalın Mahallesi, 74 Pafta, 1116 Ada, 68 Parsel Zemin Etüt Raporu" Haziran, 2016.
- Brinkgreve, R. B. J. (Ed.). (2002). Plaxis: Finite Element Code for Soil and Rock Analyses: 2D-Version 8:[user's Guide]. Balkema.
- FHWA, Soil Nail Walls, March, 2003.
- Ou, "Deep Excavation", 2006.
- Terrasol, "Talren Stability Analysis For Geotechnical Structures with or without reinforcements", 2005.

## SEMBOL LİSTESİ

|          |                                 |       |                          |
|----------|---------------------------------|-------|--------------------------|
| $\phi'$  | Drenajlı kayma mukavemeti açısı | $c'$  | Drenajlı kohezyon değeri |
| $\gamma$ | Doęal birim hacim ağırlık       | $q_s$ | Çevre sürtünmesi         |