

DERİN KAZI ÇUKURU İKSA PROJELENDİRİLMESİNE BİR ÖRNEK

Ender ÇETİN (*), Yasin BAYRAKLI (*), Erol GÜLER (**)

ÖZET

Bu çalışmada, Şişli, Harbiye Mahallesi, Taşkışla Caddesi, 95 Pafta, 808 Ada, 2 Parselde inşa edilecek "Taksim Residence" kompleksi kapsamında güvenli derin kazı çalışmaları için gerekli her türlü stabilite tedbirlerini içeren iksa projelendirme çalışmaları ve iksa imalatlarını müteakip kontrollü kazı amacıyla sahada yerinde gerçekleştirilen geoteknik ölçüm işleri konu edilmektedir. Derin kazı projeleri stabilite analiz programı ve sonlu elemanlar programı kullanılarak çözülmüş ve projeye ait imalatlar geoteknik ölçümlerle birlikte yürütülmüştür.

1. GİRİŞ

"Taksim Residence" kompleksi A Blok, Havuz ve C Blok olmak üzere 3 ayrı kısımdan oluşmaktadır. A Blok yapısı için temel taban kotu 48.30 m, Havuz için temel taban kotu 59.80 m ve C Blok yapısı için temel taban kotu 58.00 m olarak üstyapı projelerini hazırlayan grup tarafından belirlenmiştir. Söz konusu sahada gerçekleştirilecek derin kazılar için (mevcut – komşu) binalar ve temelleri, yollar, altyapı (kanalizasyon, PTT, doğalgaz, su vb.) vb etkenler göz önüne alınarak gerekli her türlü stabilite tedbirlerini içeren ve aşağıda detayları verilen iksa uygulama projesi hazırlanmıştır. Uygulama projeleri hazırlanma aşamasında saha için hazırlanan 29/11/1999 tarihli raporda⁽¹⁾ gerçekleştirilen çalışmalara ilave olarak 2 adet zemin sondajı gerçekleştirilmiştir.

2. TABAKALANMA KOŞULLARI ve GEOTEKNİK PARAMETRELER

Sahada yapılaşma kriterlerinin belirlenebilmesi amacıyla toplam 120 m derinliğinde beş adet zemin sondajı gerçekleştirilmiştir. Sondajlarda yaklaşık 10 cm - 150 cm kalınlığında beton ve/veya bitkisel

toprak altında kahve-gri renkli, çok çatlaklı, çatlak araları kil, silt ve kum dolgulu, kaya kalitesi ve dayanımlılığı çok zayıf – orta dayanımlı olarak tanımlanan grovak ile karşılaştığı hazırlanan 29/11/1999 tarihli raporda ifade edilmiştir. Yine aynı raporda SK-1 sondajında 16.50 m – 18.00 m arasında granit daykı geçildiği belirtilmektedir. Karot numuneleri üzerinde yapılan Schmidt deneyleri sonucunda kübik basınç mukavemeti değerlerinin <150 – 330 kg/cm² arasında değiştiği belirlenmiştir.

Sahada iki adet ilave sondaj yapılmıştır. Bu sondajlardan SK-1 sondajı A Blok'un inşa edileceği alanda 23.00 m derinliğindedir. Sondaj sırasında en üstte 2.50 m kalınlığında inşaat molozlarından oluşan dolgu birim yer almaktadır. Bu birim sondaj üst kotu göz önüne alındığında araziden 67.00 m kotuna kadar sıyrılacak kalınlık içerisinde yer almaktadır. Daha sonra 18 m derinliğe kadar devam eden koyu kahve boz renkli, çok çatlaklı kumtaşı – kiltası – silttaşı ardalıması grovak birime girilmiştir. En altta sondaj sonu olan 23.00 m derinliğe kadar devam eden koyu gri – siyah renkli, çok çatlaklı çatlakları kalsit dolgulu kumtaşı - kiltası – silttaşı ardalıması grovak birime girilmiştir. Sondaj kesiti boyunca TCR değerleri (% 10 - % 41), SCR değerleri (% 7 - % 27) ve RQD değerleri ise (% 0 - % 23) arasında değişmektedir. SK-2 sondajı C Blok'un inşa edileceği alanda yer almakta olup 17.00 m derinliğinde gerçekleştirilmiştir. Sondaj sırasında en üstte 0.80 m kalınlığında inşaat molozlarından oluşan dolgu birime girilmiştir. Daha sonra sondaj sonu olan 17 m derinliğe kadar devam eden koyu kahve boz renkli, sık çatlaklı kumtaşı – kiltası – silttaşı ardalıması grovak birime girilmiştir. Sondaj kesiti boyunca TCR değerleri (% 9 - % 35), SCR değerleri (% 0 - % 3.50) ve RQD değerleri ise % 0 olarak belirlenmiştir.

Sondajlarda yeraltı su seviyesine 13.80 m – 15.00 m derinlikleri arasında rastlanılmıştır. Basıncılı su deneyi sonucunda elde edilen verilere göre kayacın geçirimsiz olduğu belirlenmiştir.

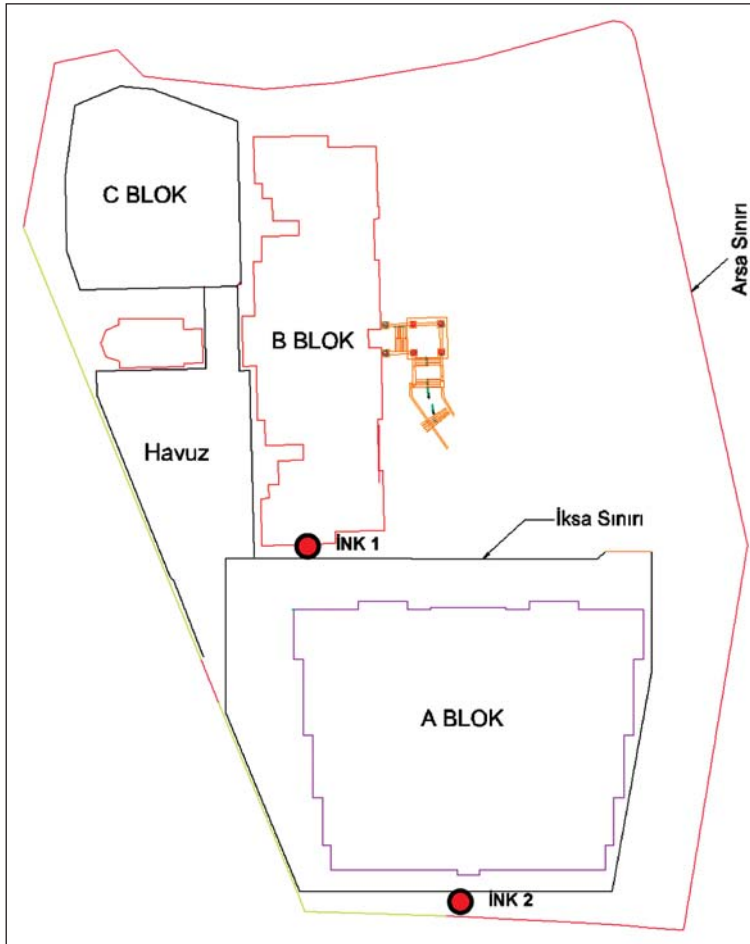
(*) İnş. Yük. Müh. ELC Group Ltd. Şti., İstanbul

(**) Boğaziçi Üniversitesi İnş. Müh. Bölümü, İstanbul

Kazı derinliğinin fazla oluşuna bağlı olarak sahada gerçekleştirilecek iksa uygulamaları sırasında kazı çukuruna doğru olabilecek yanal hareketler büyük önem arz etmektedir. İksa sistemi hesaplarına esas olan geoteknik parametrelerin uygun seçilmiş olması gerekmektedir. Aksi takdirde iksa sistemi ve iksaya cephe olan komşu – mevcut yapılarda istenmeyen hasarların oluşması muhtemeldir. Bu doğrultuda proje kapsamında aşağıda Tablo 1’de verilen geoteknik parametreler kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1 - Geoteknik Tasarım Parametreleri

Zemin Cinsi	Parametre	Sembol	Tavsiye Edilen Değerler
Ayrışmış Grovak	İçsel Sürtünme Açısı	ϕ	33°
	Kohezyon	c	0 kPa
	Birim Hacim Ağırlık	γ	20 kN/m ³
Grovak	İçsel Sürtünme Açısı	ϕ	38°
	Kohezyon	c	0 kPa
	Birim Hacim Ağırlık	γ	20 kN/m ³



Şekil 1 - Yerleşim Planı

3. İKSA UYGULAMA PROJESİ DETAYLARI

Kompleksi A Blok, C Blok ve Havuz olmak üzere 3 ana bölümden oluşmaktadır. Komplekse ait yerleşim planı Şekil 1’de gösterilmiştir. Aşağıda sırasıyla komplekse ait her bir bölüm için iksa uygulama proje detayları ayrıntılı olarak verilmektedir.

A BLOK İKSA SİSTEMİ:

A Blok’a ait cephelerdeki iksa üst kotları 66.00 – 70.00 m arasında ve kazı derinliği yaklaşık 17- 22 m olarak arasında değişmektedir.

HAVUZ İKSA SİSTEMİ:

Havuz, A - C bloklar arasında yer almaktadır. Havuza ait cephelerdeki iksa üst kotları 68.00 – 70.00 m arasında ve kazı derinliği yaklaşık 7- 10 m olarak alınmıştır.

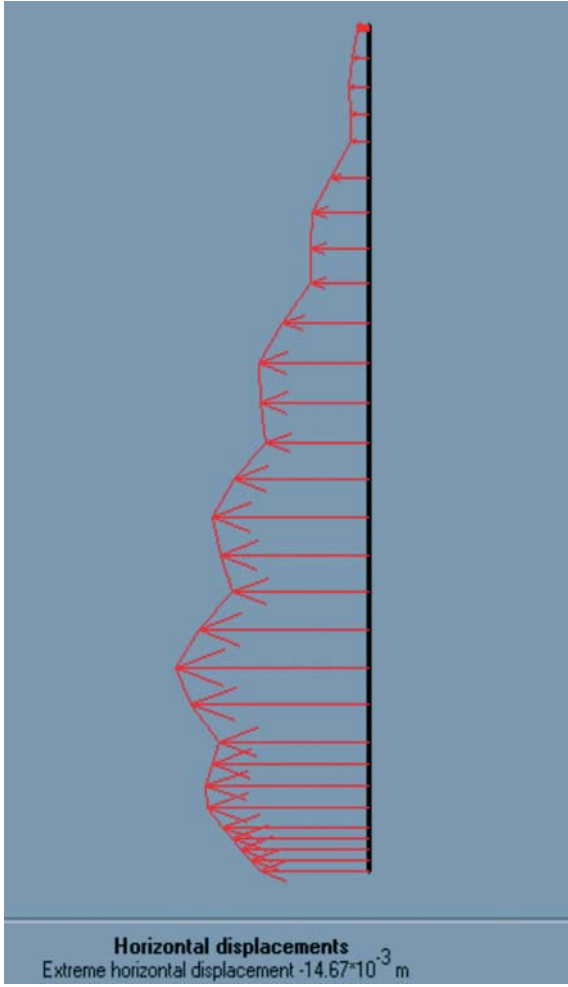
C BLOK İKSA SİSTEMİ:

C Blok’a ait cephelerdeki iksa üst kotları 64.00 – 70.00 m arasında ve kazı derinliği yaklaşık 6 – 12 m olarak alınmıştır.

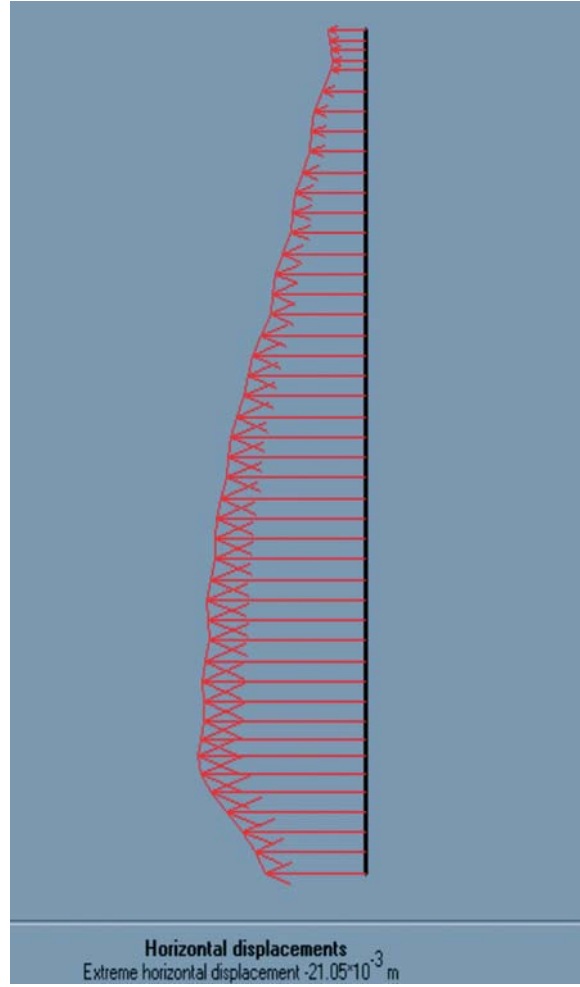
Proje kapsamında tüm bloklarda cephelere komşu mevcut yapıların durumuna ve arsa sınır koşullarına bağlı olarak mini kazık + ankraj sistemi tercih edilerek boyutlandırılma yapılmıştır. Cepheler üzerinden alınan kesitlerde kısa süreli stabilite analizleri G-STABL programı ile yapılmıştır. Analizlerde kısa süreli stabilite koşullarında statik durumda 1.35 güvenlik değeri sınır koşul olarak kabul edilmiştir. Kesit boyutlandırması ve deplasman kriterlerinin kontrolü PLAXIS 7.2 programı kullanılarak yapılmıştır. PLAXIS 7.2 analizleri neticesinde elde edilen deplasman eğrileri A Blok’a ait Hyatt Regency Otel ve B Blok cepheleri için Şekil 2 ve Şekil 3’te verilmektedir.

Mini kazık ve ankrajlarla teşkil edilen iksa sisteminde 25 cm çapında mini kazıklar 80 cm ara ile gerçekleştirilmiştir. Mini kazıklar kafa kirişi ile birbirlerine bağlanmıştır. Ankrajlar ise her kazı kademesinde teşkil edilen kuşak kirişler üzerinden yatayla 15°’lik açı yapacak şekilde teşkil edilmiştir. Ankrajlar 0.6”/4 halatlı olarak teşkil edilmiştir.

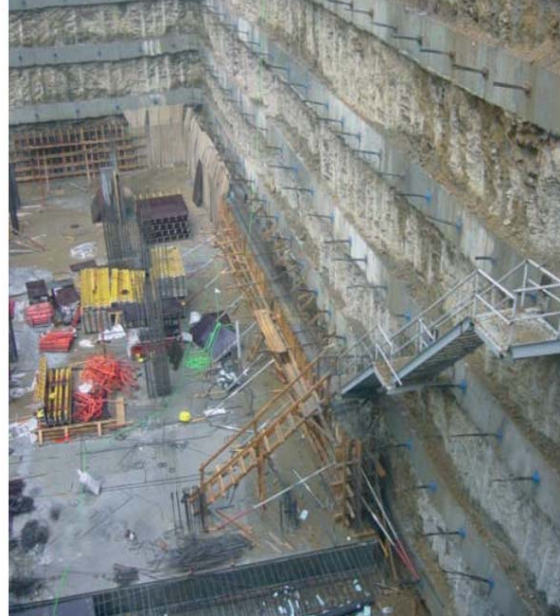
A Blok için tasarımı yapılan iksa sistemine ait detaylar kazının ilerlemiş bir safhası için aşağıda Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 2 - Hyatt Regency Cephesi Deplasman Eğrisi



Şekil 3 - B Blok Cephesi Deplasman Eğrisi



Şekil 4 - Derin Kazı Çukuruna Ait Fotoğraflar

4. DEFORMASYON SINIRLARI

Derin kazı uygulamalarının önemli bir aşaması da ölçüm işleridir. Yapılan her türlü imalatın kalite kontrolünün sağlanması ve kabul sınırlarının proje aşamasında belirlenmesi mühendis olarak görevimizdir. Bu proje kapsamında izin verilen yatay deformasyon miktarı ankrajlı geçici iksa sistemleri için NAVFAC-DM25'te $0,001 \times H_{\text{kazı}}$ ($H_{\text{kazı}}$: kazı derinliği) olarak verilmiştir. Bu kriter göz önünde bulundurularak derin kazı uygulamasının her aşamasında ölçülen yatay deformasyon miktarları değerlendirilmiştir. Söz konusu kritere göre projenin en yüksek cephesi olan 21.70 m'lik kazı derinliği için izin verilen yatay deformasyon miktarı 2.2 cm'dir.



Şekil 5 - Hyatt Reg.Cephesi İnklinometre Çukuru

5. GEOTEKNİK ÖLÇÜMLER

Projelendirilmiş olan derin kazı iksa sisteminin yeterliliğinin ve güvenliğinin araştırılması amacıyla ankraj çekme deneyleri yapılmış, yanal deformasyonların belirlenmesi amacıyla inklinometre ölçümleri alınmıştır. Bu çalışmalara ait ayrıntılı açıklamalar aşağıda verilmiştir:

Ankraj Çekme Deneyleri:

Bu deneyler her bir ankraj için proje yükünün 1.15 katına kadar çekilen ankrajların proje yüküne kilitlenmesi ve her cephede her ankraj sırasında 3 adet çekme deneyleri yapılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Çekme deneylerinde proje yükünün 1.20 katına kadar çıkılarak deplasman kriterleri kontrol edilmiştir. Yapılan analizler neticesinde proje kapsamında seçilen kök boyu ve serbest boyların yeterli olduğu ve ankraj taşıma kapasitelerinin sağlandığı belirlenmiştir.

İnklinometre Ölçümleri:

Proje kapsamında kazının en derin olduğu ve kazıya komşu nispeten yapı önemi açısından daha ciddi yapıların bulunduğu A Blok etrafında 2 adet inklinometre gözlem kuyusu yerleştirilmiştir. Bu kuyular Hyatt Regency ve B Blok cephesine 21.5 m ve 23.5 m olarak teşkil edilmiştir. Proje kapsamında yerleştirilen inklinometre gözlem kuyuları Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.

Proje kapsamında bu iki gözlem kuyusu içersinden



Şekil 6 - B-Blok Cephesi İnklinometre Çukuru

sürekli okumalar alınarak deplasman kontrollü kazı işlemi gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında her iki kuyudan alınan okumalara ait deformasyon eğrileri Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmektedir.

İksa sisteminde kazı derinliğine bağlı olarak sonlu elemanlar analizleri sonucunda bulunan, inklinometre sistemlerinde ölçülen ve izin verilen deformasyon miktarları aşağıda Tablo 2'de özetlenmiştir.

Gerek sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanan gerekse inklinometre ölçümleri sonucunda elde edilen deformasyon miktarları birbirleri ile uyumludur. Ayrıca aynı cephe için ölçülen ve hesaplanan deformasyon değerleri, ankrajlı geçici iksa sistemlerinde izin verilen yatay deformasyonla da uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. İksa sistemini meydana getiren betonarme elemanlar üzerine yerleştirilen reflektör ile alınan üç boyutlu okuma sonuçlarının da Hyatt Regency ve B Blok cephelerinde oluşan yatay deformasyonları aynı mertebededir.

5. SONUÇLAR

- Sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analiz sonuçları, inklinometre ölçüm sonuçları ve reflektör

Tablo 2 - Deformasyon Miktarları

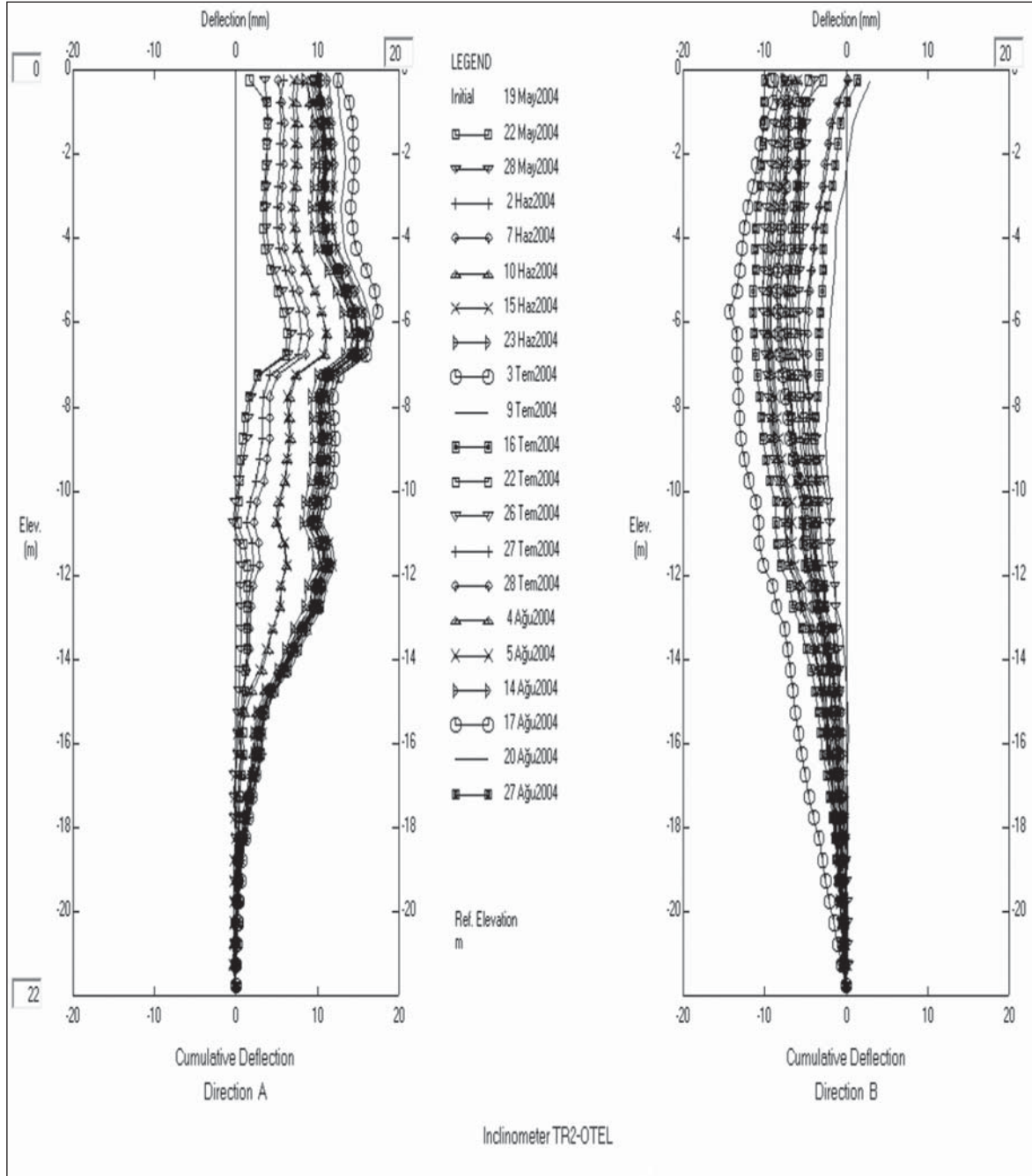
Yöntem	İNK-1 Cephesi (B – Blok Cephesi)	İNK-2 (Hyatt Reg. Cephesi)
Sonlu Elemanlar	21,05 mm	14,67 mm
İnklinometre	20 mm	17 mm
İzin Verilen	19,65 mm	18,70 mm

okumalarından elde edilen yatay deformasyon miktarları birbiriyle uyumlu olup meydana gelen maksimum deformasyonlar geçici iksa sistemleri için izin verilen deformasyon sınırları içinde kalmaktadır.

- Derin kazı projelerinde yerel zemin koşullarını temsil etmek üzere seçilen parametrelerinin doğruluğu ve iksa sistemini meydana getiren elemanların yeterliliği uygulama aşamasında uygunluk-yeterlilik testleri ile kontrol edilmelidir.

Bu sayede projeye zamanında müdahale edilerek revizyona gidilerek olası can ve mal kaybının engellenebilir.

- Grovak birimlerde gerçekleştirilecek derin kazılarda projelendirme aşamasında tabakalanmanın yönü, ayrışmanın derecesi, kazı çukuruna gelen yüzeysel su ve diğer suların birime etkisi, sürşarj yüklerinin konumu ve etkisi gibi etkenler meydana gelecek olan deformasyon mertebisini önemli ölçüde etkilemektedir.

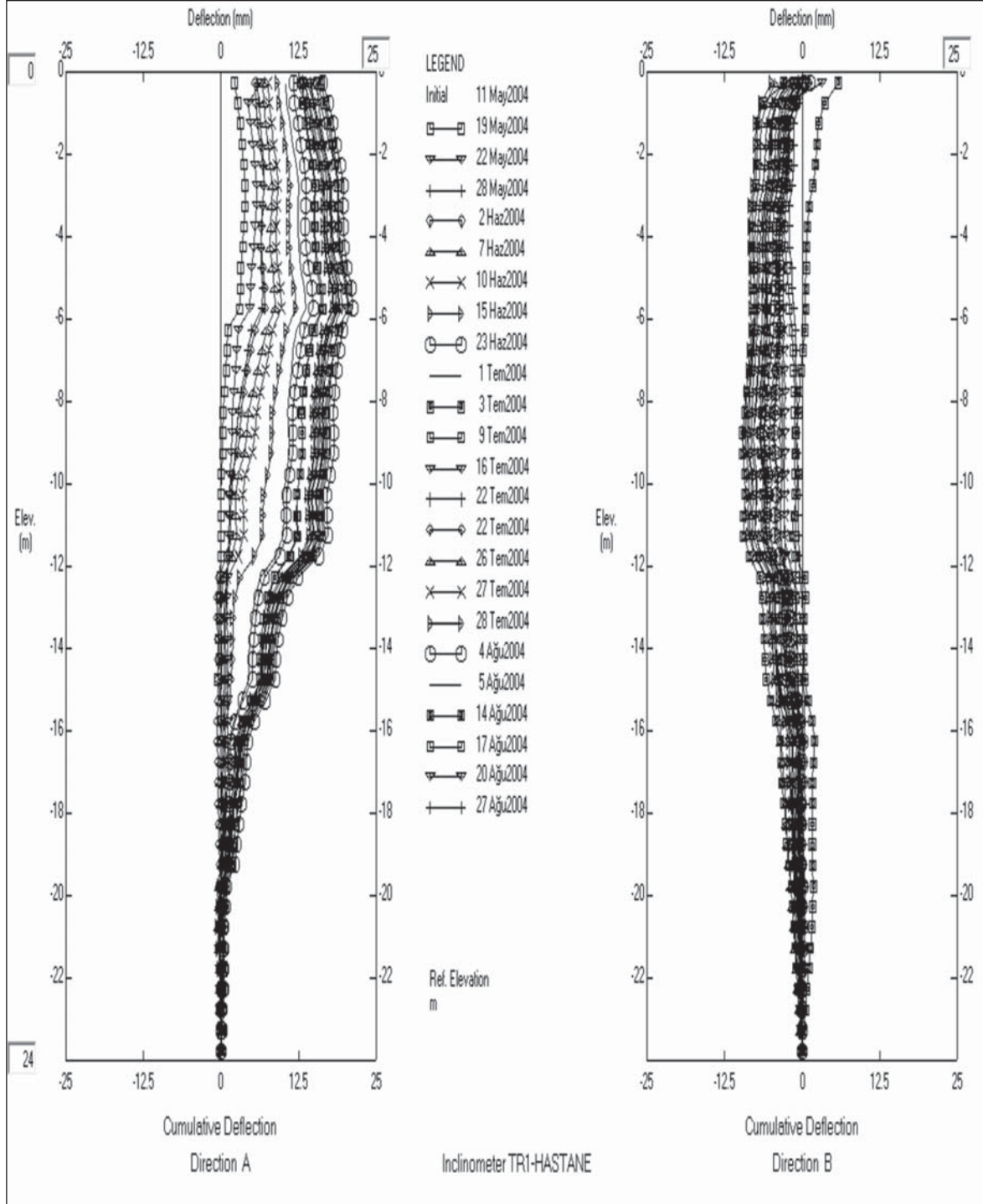


Şekil 7 - Hyatt Regency Cephesi Deplasman Eğrileri

KAYNAKLAR

- (1) Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş., (1999), *Tekfen İnşaat ve Tesisat A.Ş. Taksim Residence Taksim, İstanbul Zemin ve Temel Mühendisliği Değerlendirme Raporu*
- (2) Canadian Geotechnical Society, (1985), *Canadian Foundation Engineering Manual*

- (3) Bowles, (1988), *Foundation Analysis And Design*
- (4) Naval Facilities Engineering Command, (1971), *Navfac Design Manual*
- (5) Plaxis User Manual, (1998), *Finite Element Code For Soil and Rock Analysis*
- (6) G-Stabl 7.2 User Manual, (2003), *Slope Stability Analysis*



Şekil 8 - B-Blok Cephesi Deplasman Eğrileri