

METRO İSTASYONLARI KAZI ÇALIŞMALARINI VE TAKSİM İSTASYONUNDAKİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

M. Salih ALKAN (*)
Reşat ERBAŞ (**)

ÖZET

Bu makale İstanbul Metrosu 1. aşama inşaatında yapımı planlanan projelendirilen ve tebliğ tarihine kadar yapılan istasyon açık kazılarının yapım metodu hakkında kısa bir bilgi vermek amacı ile hazırlanmıştır.

1 - GİRİŞ

Büyük kentlerin ulaşım sorunlarına çözüm yolu olarak görülen metro günümüz toplu taşımacılık sistemlerinin yaygın bir türü olarak tüm dünyada giderek artan oranda kullanılmaktadır. Bu amaçla projelendirilen İstanbul Metrosu 1. Aşaması Taksim, Osmanbey, Şişli, Gayrettepe, Levent, 4. Levent istasyonlarından ve bunlar arasında bağlantıyı sağlayan gidiş - gelişli hat tünellerinden oluşmaktadır.

İstanbul Metrosu 1. Aşama inşaatında yapılacak istasyonlar genellikle insan yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde ve ana caddeler üzerinde seçilmiştir. Bu altı istasyon zeminden 8 ile 28 m 'ye ulaşan derinlikteki geniş kazı alanları içinde inşa edilecek kazı stabilitesi civar yapılarla zarar vermeyecek şekilde perde, duvar ve öngermeli ankrajlarla sağlanacaktır.

Kısa bir bilgi vermek gerekirse, projelendirilen altı istasyonda 594 bin metre kazı, 127.000 metre beton (destekleme ve betonarme betonu), 10 bin ton demir ve 85 bin metre öngermeli ankraj kullanılacaktır.

2- GENEL ZEMİN YAPISI

İstasyonların yerleşeceği zeminin genelde yüzeyden ilk üç metresi kumlu-çakıllı-kiremit parçalı dolgudan oluşmaktadır. Dolgunun altında zayıf - çok zayıf kaya sınıfına girebilecek nitelikte kumtaşı-kiltaşı, grovak mevcuttur. Kayaların tabakalaşması belli bir süreklilik takip etmemekte, tabakalar arasında ayrılmış ve ezilmiş zonlara rastlanmaktadır.

(') İnşaat Mühendisi - Garanti - Koza I Enka / Doğuş Ortak Girişimi
(") Mimarı, Garanti - Koza i Enka I Doğuş O) tak Gu isimi

3 - İSTASYONLAR

İstasyonlar, kullanılış amaçları ve inşaa edilmiş metodlarına göre üç tipe ayrılmaktadır

ATipi : İstasyon binası derin kazı çukurları içerisinde inşaa edilip, daha sonra üzerleri doldurularak yeraltında kalacak şekilde tamamlanır. Yolların vagonlara bindiği peron bölümleri tünel olarak inşaa edildiği tiptir.

B Tipi : Tüm yapıların (istasyon - peron) aç - kapa olarak inşaa edildiği tiptir

C Tipi : Tüm yapıların yerüstünde olduğu tiptir..

3.1. TAKSİM İSTASYONU

Üç adet konkors yapısından oluşmaktadır

3.1.1. 1 No 'lu Konkors Yapısı :

Taksim Meydanında AKM ile Taksim Atatürk Anıtı arasında yer alan (50 m x 36 m , h = 21 m.) boyutlarında ATipi İstasyon yapısıdır. İki girişli, içinde elektrik havalandırma va kumanda tesisleri bulunmaktadır.

3.1.2. 11 No'lu Konkors kısıpısı:

Ana giriş yapısındaki (1 No 'lu konkors) ekipman bölümleri dışında kalan metro kumanda merkezinin bulunduğu (25 m. x 20 m., h = 20 m) boyutlarında A tipi istasyon yapısıdır. Cumhuriyet Caddesi üzerindeki mevcut benzin istasyonunun bulunduğu yere inşaa edilecektir

3.1.3. III No *lu Konkors :

Harbiye yönünde, gezi parkının içerisinde (30 m x 25 m h = 15 m) boyutlarında A tipi istasyon yapısıdır

3.2. OSMANBEY İSTASYONU

İki adet konkors yapısından oluşmaktadır

3.2.1. I No'lu Konkors Yapısı :

Halaskargazi Caddesi üzerinde, Ergenekon ve Rumeli Caddelerinin arasında yer almaktadır (126 m. x 17 m. h = 12 m.) boyutlarında ATipi istasyon yapısıdır.

3.2.2. II No'lu Konkors Yapısı:

1 No'lu istasyon yapısından 25 m. daha Şişli tarafında (110 m. x 15 m. h = 18 m.) boyutlarında A tipi istasyon yapısıdır

3.3. ŞİŞLİ İSTASYONU

İki adet konkors yapısından oluşmaktadır

3.3.1. 1 No'lu Konkors Yapısı :

Büyükdere Caddesi üzerinde, eski İ.E.T.T. Garajının ön tarafında (88 m x 28 m. h = 10) boyutlarında A tipi istasyon yapısıdır.

3.3.2. II No'lu Konkors Yapısı :

Büyükdere Caddesi üzerinde I No lu konkors yapısından 65 m. Mecidiyeköy istikametinde (150 m. x 18 m. h = 10 m.) boyutlarında Atipi istasyon yapısıdır

3.4. GAYRETTEPE İSTASYONU

Büyükdere Caddesi üzerinde. Nimet Abla Camii önünde B tipi istasyon yapısıdır

3.5. LEVENT İSTASYONU

1. Aşama inşaatının son istasyonudur. C tipi istasyon yapısıdır.

4. TAKSİM İSTASYONU 1 NO 'LU KONKORS YAPI KAZI DESTEKLEME ÇALIŞMALARI

4.1. Jeolojik Yapı :

Taksim Meydanında The Marmara Oteli'nin kuzey cephesinde açık kazısı tamamlanmış 1. konkors yapısı Trakya Formasyonu olarak isimlendirilen alt karbonifer yaşlı istif içinde bulunmaktadır

Karbonifere ait Trakya serisinin ana kısmını killi, mikalı, silt taşı - kil taşı (çamur taşı - şeyi) feldspath, mikalı kum taşı (grovak), andezit - diyabaz daykları + kalsit ve kuvars damarları ile antik dolgudan oluşmaktadır.

Killi - mikalı - silt taşı - kiltası oluşan birimler koyu gri siyah renkli, ince tabakalı olup, içlerinde yer yer pirit kristalleri gözlenir. Feldspath, mikalı kumtaşı birimleri ise gri, sarımsı gri olup, orta ve kalın tabakalıdır. Oldukça bol çatlaklı bir yapıya sahip olup, çatlaklar arası kil - kuvars ve kalsit dolguludur. Andezit-diyabaz dayklarından oluşan birimin üst kısmında grimsi kahverenkte ayrılmış andezit dayklarına rastlanır. Alt

kademe kazılarında ise oldukça som, sık kalsit damarlarıyla kesilmiş andezit daykları ile karşılaşmıştır. Diya baz daykına rastlanmamıştır. 11. konkors yapısının bulunduğu alanda yaklaşık 2 - 3 metre kiremit - tuğla parçaları ve kaya bloku moloz örtü kaldırılmıştır. Bunlar antik dolguyu oluşturur

1. Konkors yapısının duvar pano kazılarında yapılan tabaka ölçümleri N 10-50 E-70-80 SE şeklinde yer almaktadır. Andezit daykları ile kesilen bölgelerde tabaka konumları kısa aralıklarla değiştiği gözlemlenmiştir. İstasyonun giriş yapısındaki çamur taşı - kum taşı ardalanmasında çamur taşının plastik özelliği yüksek olduğundan kıvrımlı bir yapı gösterir. Kum taşı ise kırılğan bir yapı gösterir. Çatlaklar ise, genelde kesme türünden olup, doğrultuları N15-75W/M10-60E ile eğimleri 35 - 70 NE/50-75 SE arasında değişmektedir. Kumtaşındaki çatlakların oluşturduğu birim kaya elemanlarının geometrisi prizmatik, boyları ise değişkendir. Çatlaklar arasında kil ve demiroksit e rastlanır. Çamur taşları ise laminerdir

I. Konkors yapısının duvar pano kazılarında genelde küçük akımlı tali faylar gözlenmektedir. Atımları (10-30 cm.) arasında değişir. 1. Konkors yapısında açık ve derin kazılar kademeli olarak anolar şeklinde yapılmıştır

İksa sistemi olarakta betonarme ve öngerilmeli zemin ankrajlı perdeler kullanılmıştır.

4.2. KAZI ÇALIŞMALARI

Belediyece teslim edilen çalışma alanı koruyucu perdelerle çevrilerek kazı çalışmalarına başlanır

4.2.1. Altyapı Aktarmaları :

Yerleşim alanı içerisinde yapılan metro inşaatlarında yoğun altyapı tesislerine rastlanması kaçınılmaz olmaktadır. Altyapıyla ilgili kamu kuruluşlarından (TEK, İSKİ, PTT vs.) mevcut altyapı tesislerinin yerleşim planları tedarik edilerek inşaat sahası içerisinde ön araştırma kazılarına başlanır. Tespit edilen altyapı tesisleri inşaat sahası dışında yetkili kurumların nezaretinde ilk üç metrelik kazı seviyesinde altyapı tesislerinin bulunma olasılığı yüksek olduğundan ilk üç metrelik kısım araştırma kazısı şefliğinde gerçekleştirilir. Bu aşamada en büyük güçlük altyapılara ait verilerin düzensiz ve plansız olması, hatta hiç bulunmadığı ya da hiç belirtilmeyen hatların bulunmasıdır

4.2.2. Kazı ve Destekleme Çalışmaları :

50 m x 36 m. lik bir kazı alan içerisinde, h = 21 m. lik denn kazı sek-

linde gerçekleştirilen kazı ve destekleme çalışmaları sırasında 36 400 m³ hafriyat, 4500 m² kalıp, 1500 m³ beton (BS 20) ve 12 600 m (62.5 t) öngermeli ankraj bulonu kullanılmıştır

Araştırma ve altyapı aktarma çalışmaları tamamlandıktan sonra konkors yapısında makinalı hafriyat çalışmalarına başlanır. Kazı ve desteleme çalışmaları alçalan kademeler halinde max. 3 m' ye varan kazı yükseklikleri halinde gerçekleştirilmiştir. Kazı çalışmaları nihai kazı yüzeyinin 20 cm. önüne kadar kırıcı uçlu (Jack - Hammer, Back - Hoe Ekskavatör paletli yükleyici vs.) kullanılarak kaba hafriyat şeklinde tamamlanır. Son 20 cm. lik yüzey hafriyatı aşın sökülmelemlerin (Jeofizik nedenler hariç) önlenmesi için kırıcı el tabancaları, kompresör ve diğer el aletleri kullanılarak nihai hale getirilir. Bu aşamada en önemli problem İstanbul Grovaklarında jeolojik nedenlerden dolayı oluşan aşırı sökülmedir

Kazı yüzeylerinin stabilitesi ankrajlı betonarme perde duvarları ile sağlanmaktadır. Perde duvar boyutları; yükseklik - genişlik ve uygulanacak ankaj tipine göre projelendirilmektedir. Alçalan kademeler halinde (şekil 1-2-3) inşaa edilen destek duvarları anolar halinde tatbik edilmekte ve anolar birer atlamalı şekilde inşaa edilecek, daha sonra aralarına girilerek (dama taşı modeli) kademe tamamlanmaktadır. Bir alt kademeye geçilebilmesi için üstteki döküm panosuna isabet eden öngermeli ankraj bulonunun gerilme işleminin tamamlanmış olması şartı vardır. Perde betonunda gerekli topoğrafik kontroller projesinde belirtilen donatılar (hasır çelik) ankraj başlığı için blok - aut ve bir alt kademede döküm panosu için düz demirden teşkil edilmiş filiz donatısı yerleştirilip, kalıp tamamlandıktan sonra beton döküm aşamasına geçilmektedir. Kullanılan beton tipi BS20 olup max. döküm hızı 1.0 m / hr olacak şekilde beton kalıp içerisine beton pompası ve el vibratörleri vasıtasıyla yerleştirilmektedir. 12 saat sonra kalıp sökülmelemlerde ankraj delgisi için delici ekipmana hazır hale getirilmektedir. Beton döküm işleminin her aşaması kalite - kontrol lab. denetimi altında-dır. (Şekil 3-4).

4.2.3. B. A. Perde Duvarlarında Yük Kabulleri :

Ankraj sistemlerde iksa perdesine etkiyen yanal toprak basıncının hesaplanmasında aktif veya sükunetteki toprak basınçları kullanılabilir. Perde duvarların inşaa sırasında az da olsa zeminin bir miktar deformasyonuna izin verildiği için perdeyi etkileyen gerçek basınçlar aktif ile sükunetteki halinin arasında olacaktır

$$\begin{aligned} K &= 0.50 K_a + 0.50 K_o && \text{veya} \\ K &= 0.75 K_a + 0.25 K_o && \text{veya} \end{aligned}$$

$$K = 0.25 K_a + 0.75 K_o \text{ (Alman EAB şartnamesi)}$$

Burada;

$$K = \text{Toprak basıncı} \quad K_a = \tan^2 (45 - \phi/2)$$

$$K_o = \text{Sükunetteki toprak basıncı} \quad K_o = 1 - \sin \phi$$

K_a = Aktif toprak basıncı

Yukarıdaki katsayıların hangisinin kullanılacağı çevre, çevre yapılarının durumuna göre projeciye bırakılmıştır

$$Y = K \cdot (Y_z + q_s)$$

$Y = (Z)$ derinliğindeki yanal toprak basıncı

$Z =$ Derinlik

$q_s =$ Sürsaj

$$z = \longrightarrow \cdot q_s$$

$$z = \longrightarrow K(Y \cdot H + q_s)$$

$H =$ Kazı derinliği

Duvara gelen toplam yük:

$$P = 0.5 K \cdot H (Y \cdot H + 2q_s)$$

Bu toplam yük duvara etkiyen eşdeğer düzgün yaylı yüke çevrilirse (yükseklığe bölünerek)

$$q_{eş} = 0.5 K (Y \cdot H + q_s)$$

$P_i =$ Ankraj servis yükü

$n =$ Ankraj sayısı

$G_s =$ Güvenlik sayısı (1.3)

$s =$ Ankraj yatay aralığı

= Ankrajın yatayla yaptığı açı

$$s = \frac{n \cdot P_i \cdot \cos}{1.3 q_{eş} \cdot H}$$

4.2.4 Ön Germeii Ankraj Bulonu :

Ön germeii ankraj üç kısımdan oluşur

a - Kafa ; Bu kısım ön germe kuvvetinin halatlarının gerilmesi suretiyle ankraja uygulandığı ve servis yüküne kilitlendiği yerdir. Ayrıca ön germe kuvvetinin perde üzerine yayılması yine burada sağlanır. (Şekil. 5)

b - Serbest Bölge ; Kafaya uygulanan ön germe kuvvetinin çeliğin uzaması yoluyla kök kısmına intikal ettirdiği kısımdır. (Bu projede 16-8 m olarak hesap edilmiştir.)

c - Kök: Ön germe kuvvetinin zemine aktarıldığı enjeksiyonlu bölgedir (Bu projede 8 m. olarak hesap edilmiştir)

Ankraj Uygulaması :

a - Ankraj delgisinin yapılması : Bölgenin hakim zemini grovak olduğundan delgi için 115 mm. delik çapını sağlayacak Down the hole (cop 42) tabanca kullanılmaktadır. Temizleme akışkanı olarak hava ve su kullanılmaktadır. Projede belirtilen delgi uzunluğu de lindikten sonra delik su ile yıkanarak hazır hale getirilir.

b - Ankraj demetinin hazırlanması ve yerleştirilmesi : Ankraj demeti projesindeki değerlere göre şantiyede hazırlanmaktadır. Bu ankraj demeti çelik halat, kılıf borusu ve enjeksiyon hortumundan oluşmaktadır. 6.5 tonluk ankraj demetinde 0.6 çapında dört adet düşük gevşemeli ön germe halatları kullanılmıştır. Çalışmanın her aşamasında çelik halatlar üniversitelerde test ettirilmiştir. (Şekil 6 - 7).

Polietilen borulardan teşekkül enjeksiyon borusu 16- 20 mm. çapında 20 - 25 bar basınca dayanıklı, kılıf borusu ise, 45 - 67 mm. çapında 6 bar basıncına dayanıklıdır. Demet teşkilinde kılıf içindeki serbest bölgeye enjeksiyon sızmasını önleyecek tedbirler alınarak demet hazır hale getirilir.

c - Ankraj demetinin yerleştirilmesi ve enjeksiyonu : Hazırlanmış demetler delgisi tamamlanmış, yıkanmış, deliklere itinalı şekilde yerleştirilir Enjeksiyon şerbetinde 43 kg. su , 100 kg çimento karışımı kullanılır. Bu karışım enjeksiyon pompası yardımı ile delik içine verilir. Enjeksiyon borusunun ucu atmosfere açık olduğundan basınç sıfırdır. Karışım verme işlemine karışım delik ağzına gelinceye kadar devam edilir

d - Ön germe kuvvetinin uygulanması : Enjeksiyon ve perde betonu alındıktan sonra (4-7 gün arasında) ön germe krikoları ile halatların tümüne birden gerilme yükü verilir. İlk önce 62.5 tonluk servis yükünün % 25 fazlası ile test edilen halatlar (78 ton) 62.5 ton servis yükünde kilitletir. Böylece ankraj işlemi tamamlanmış olur

Alçalan kademeler halinde gerçekleştirilen istasyon kazısında bir üst kademesinin desteklenme çalışması (perde betonu + ön germeli ankraj bulonu) tamamlandıktan sonra bir alt kademelerin kazısına geçilmektedir. Bu aşamada karşılaşılan problemler;

- 1 - Jeolojik nedenlerden dolayı olan fazla açılmalar ve bu nedenle perde beton kalınlığının 40 cm. den 65 - 70 cm. çıkması gibi fazladan dökülen betonlar.
- 2 - Perde betonun yerleştirilmesi sırasında kalıpta bırakılan dış nede niyle fazladan dökülen beton ve bu betonun sonradan kırılması.
- 3 - Ankraj delgisi sırasında çıkan boşluklar ve bu boşlukların enjeksiyonla doldurulması.

- 4 - Bir üst kademenin ön germesi yapılmadan bir alt kademeye geçilmediğinden oluşan zaman kaybı.

Programlandırma aşamasında bu etkenler gözönünde bulundurulmalıdır

5. GEOTEKNİK ÖLÇÜMLER

Kazı ve destekleme çalışmalarının her kademesinde geoteknik ölçümlerin sonuçları dikkate alınarak çalışmalar sürdürülmektedir. İki türlü geoteknik ölçüm yapılmaktadır

- a - Ankrajlarda yük ölçümleri (yük hücreleri vasıtasıyla,
- b - Ankraj duvarının deplasman ölçümleri,

Ankrajlarda yük ölçümleri; gerilme kuvvetini ve bu kuvvette oluşan değişiklikleri takip etmek amacıyla ankraj kafalarına yerleştirilen yük hücreleri (disc load cell) vasıtasıyla yapılmakta, normal şartlarda her on ön germeli ankraja bir adet olmak üzere yerleştirilir. Ölçüm değerleri periyodik aralıklarla alınıp, gelişmeler değerlendirilerek kazı çalışmalarını sürdürmek için

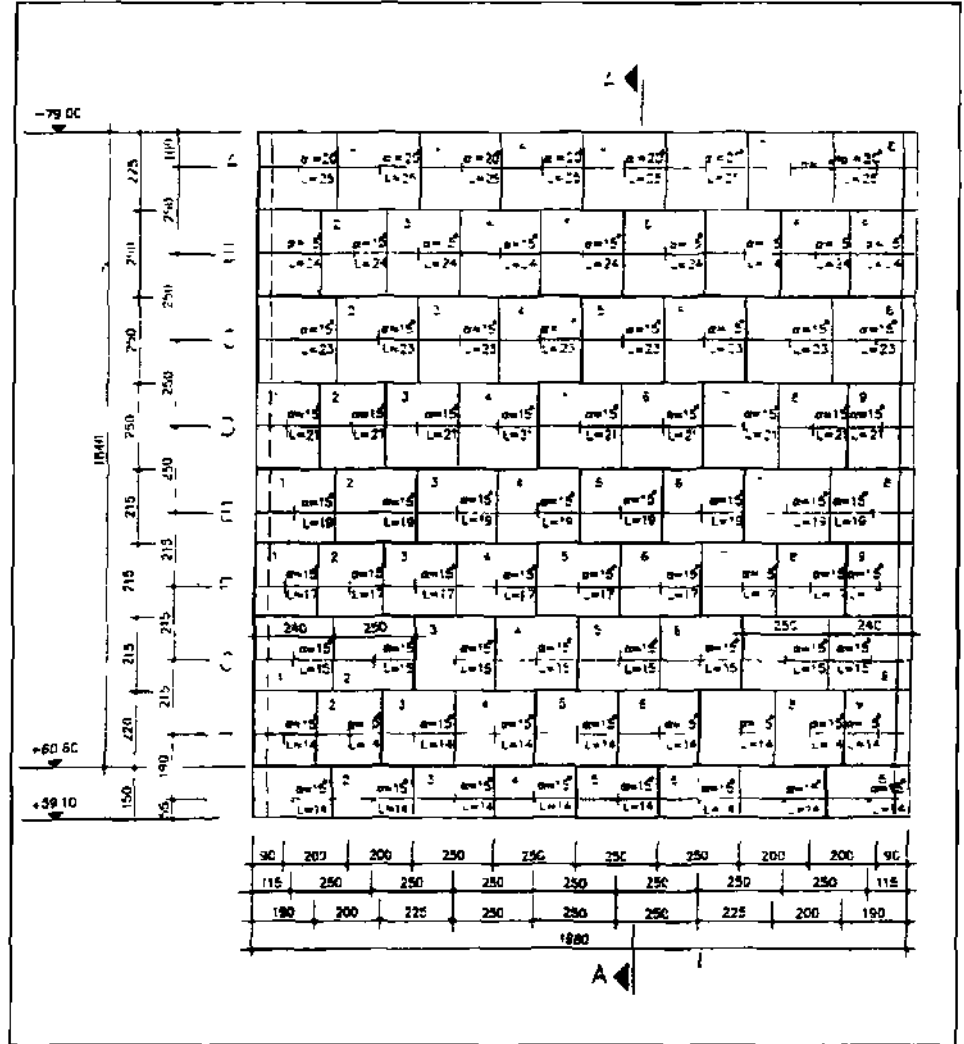
Ankraj duvarında deplasman ölçümleri;

Duvar deplasmanları perde duvar üzerinde oluşturulan noktaların açı - kot - mesafe okumaları ile optik olarak ölçülen değerlerdir. Kazının her kademesinde periyodik olarak ölçülüp, değerlendirilmektedir

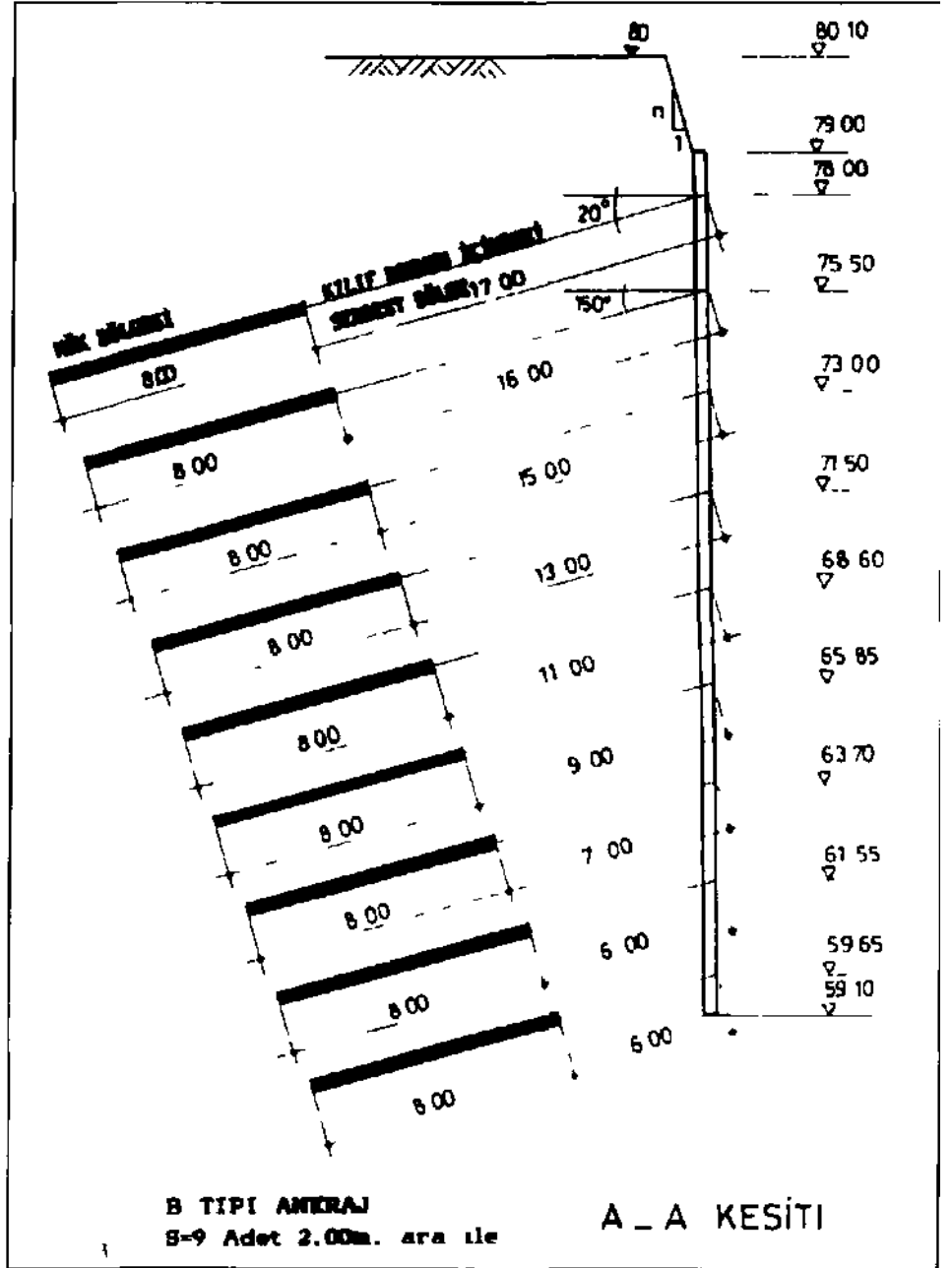
Geoteknik ölçümlerin sıklık derecesi ne kadar fazla olursa doğruluk derecesi ve buna bağlı olarak da değerlendirilmeleri o denli sağlıklı olacaktır.

Kaynaklar :

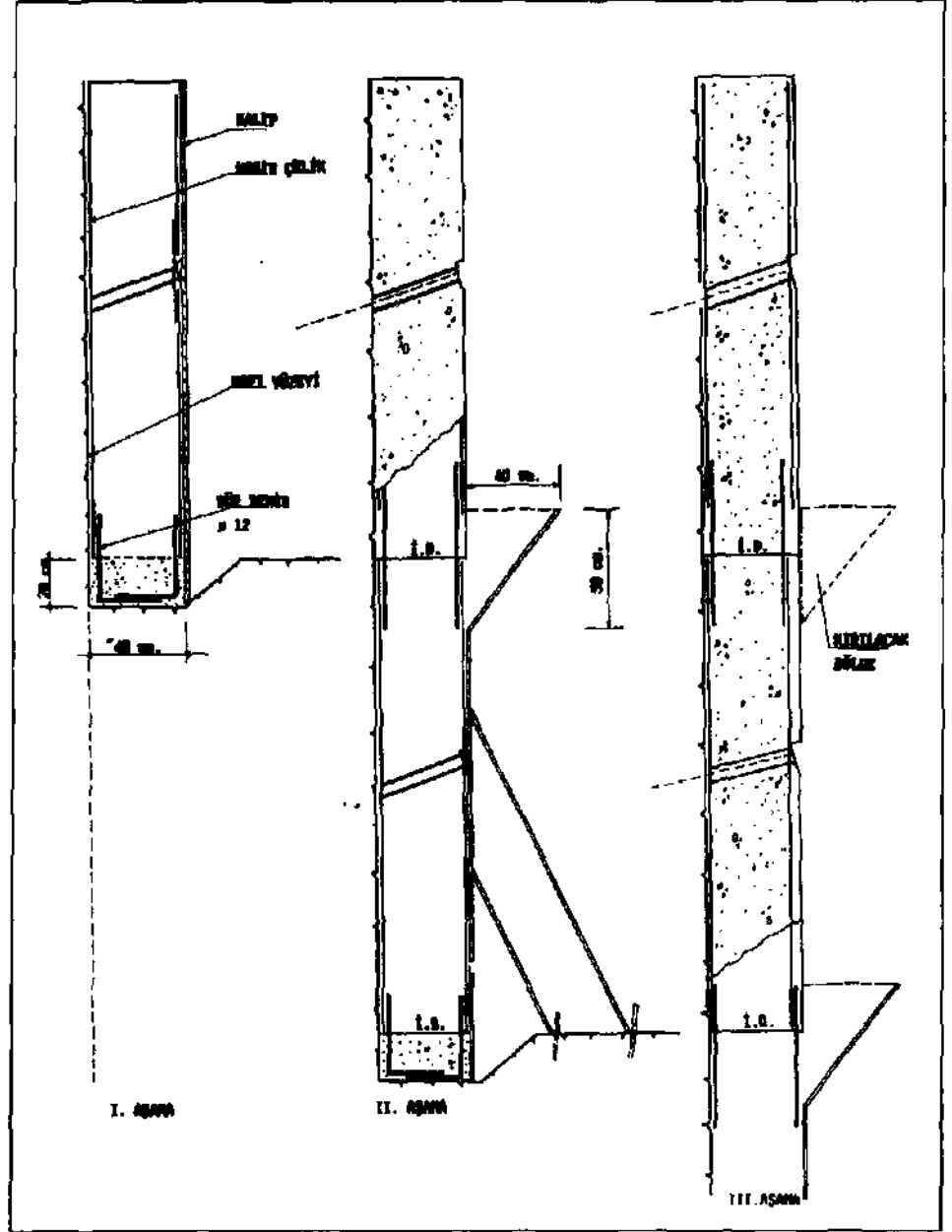
- 1 - *istanbul Metrosu Yapım Çalışmaları*, A.Yalçın , 1993
- 2 - *istanbul Metrosu, Ankraj İksa Duvarı Hesap Raporu*, Yüksel Proje Müh. Müşavirlik A. Ş.



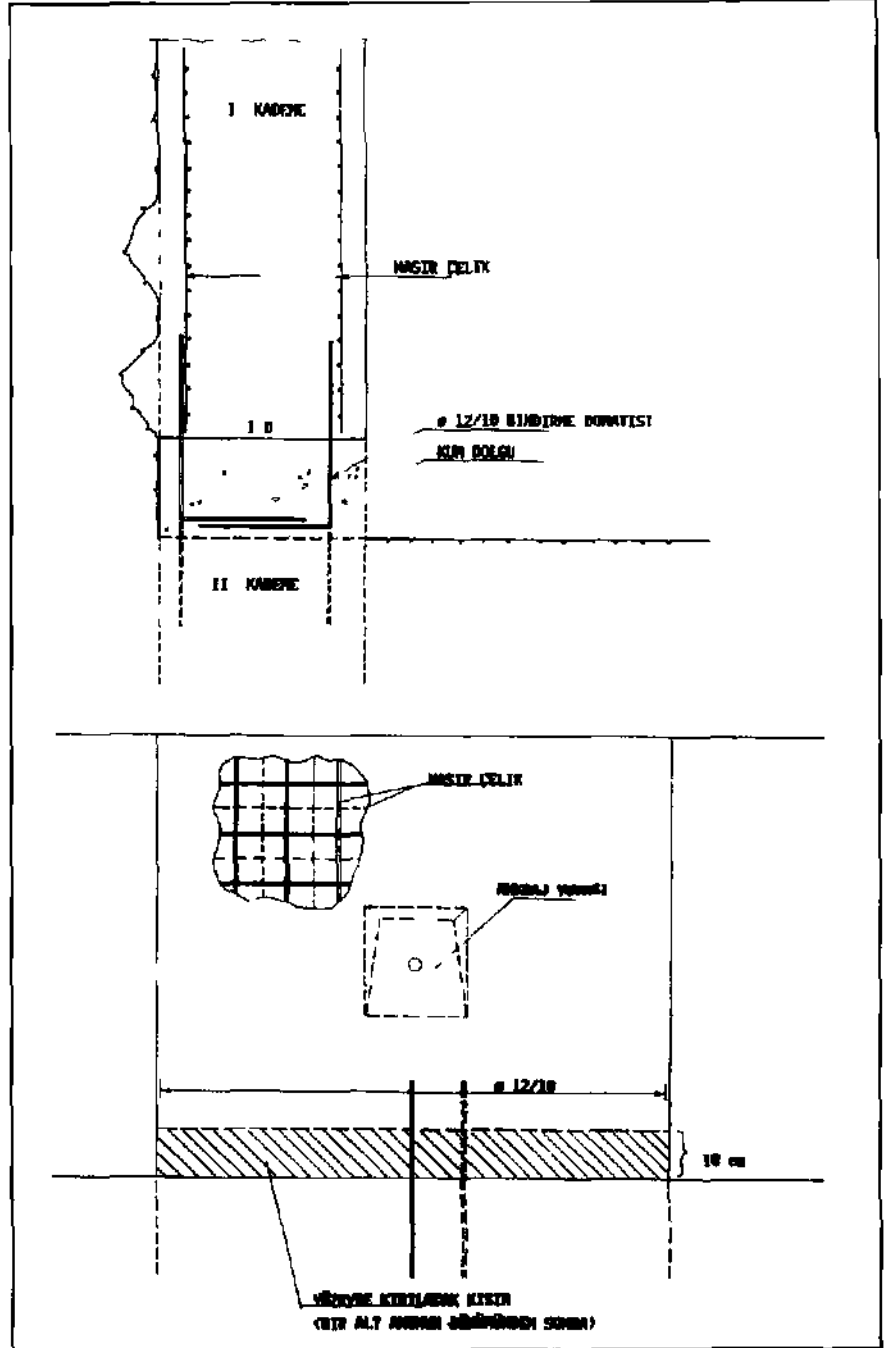
Şekil 1. Perde Önden Görünüşü



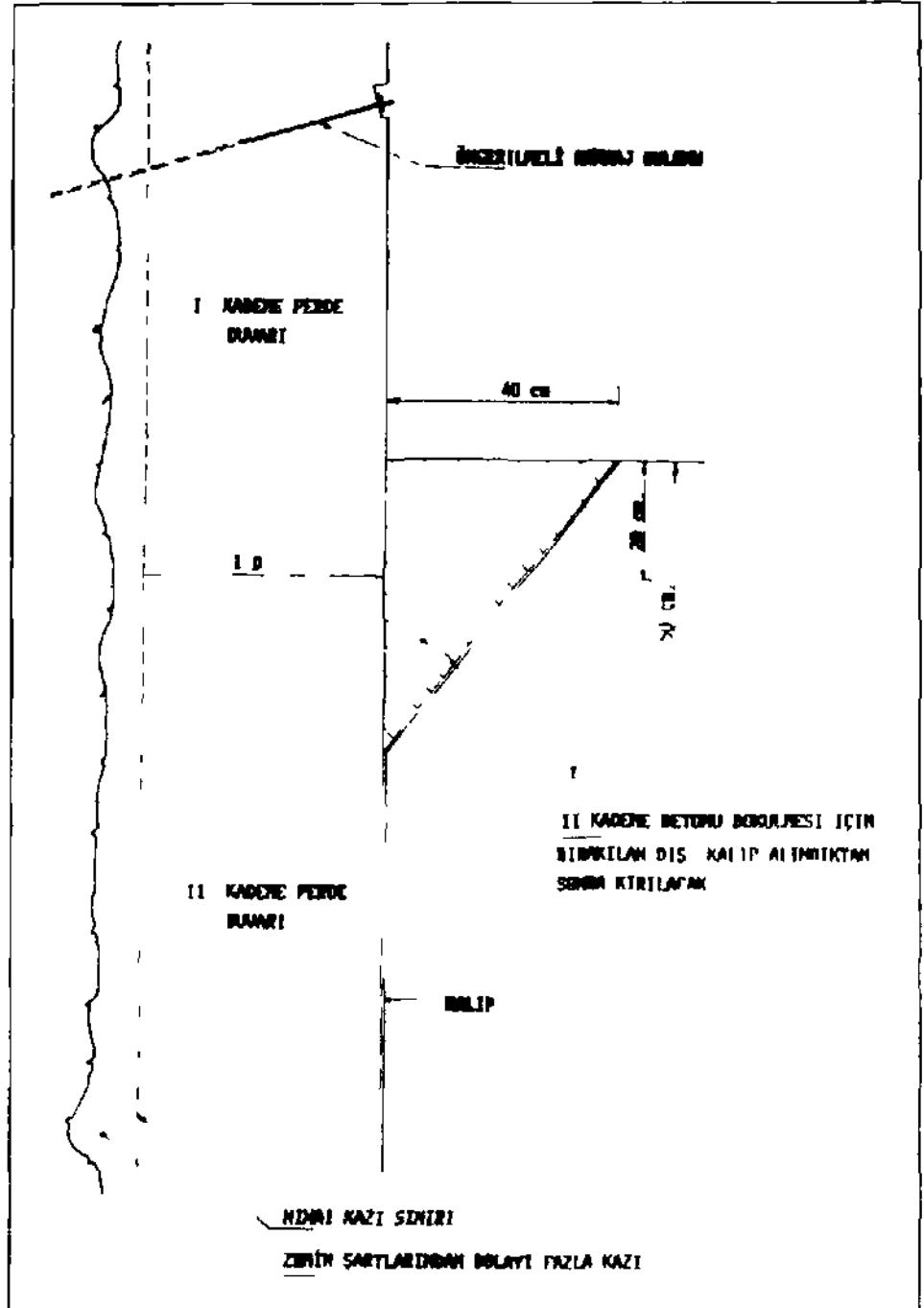
Şekil 2.



Şekil 3a. Ankrajlı Perde Duvarı Beton Döküm Aşamaları

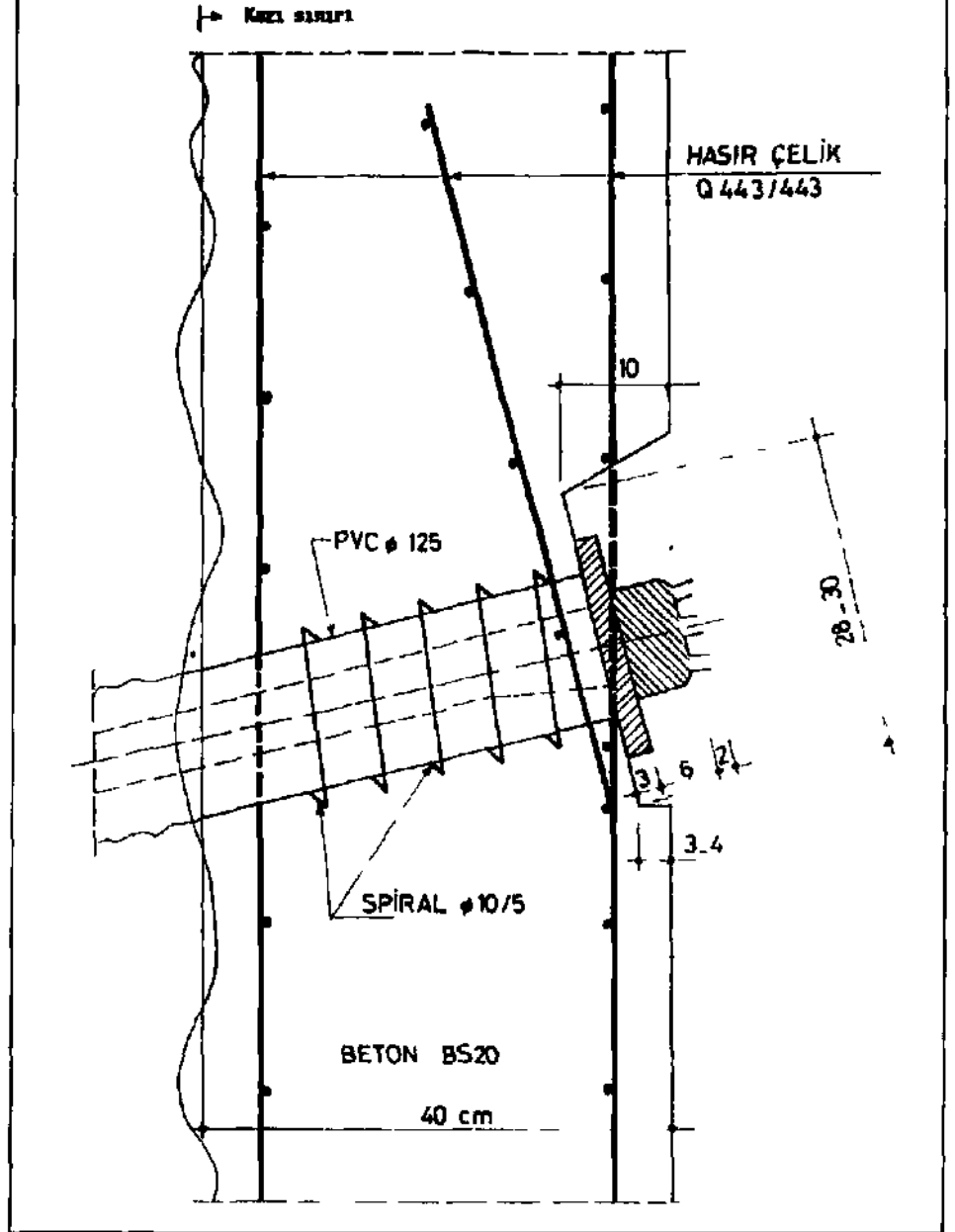


Şekil 3b.

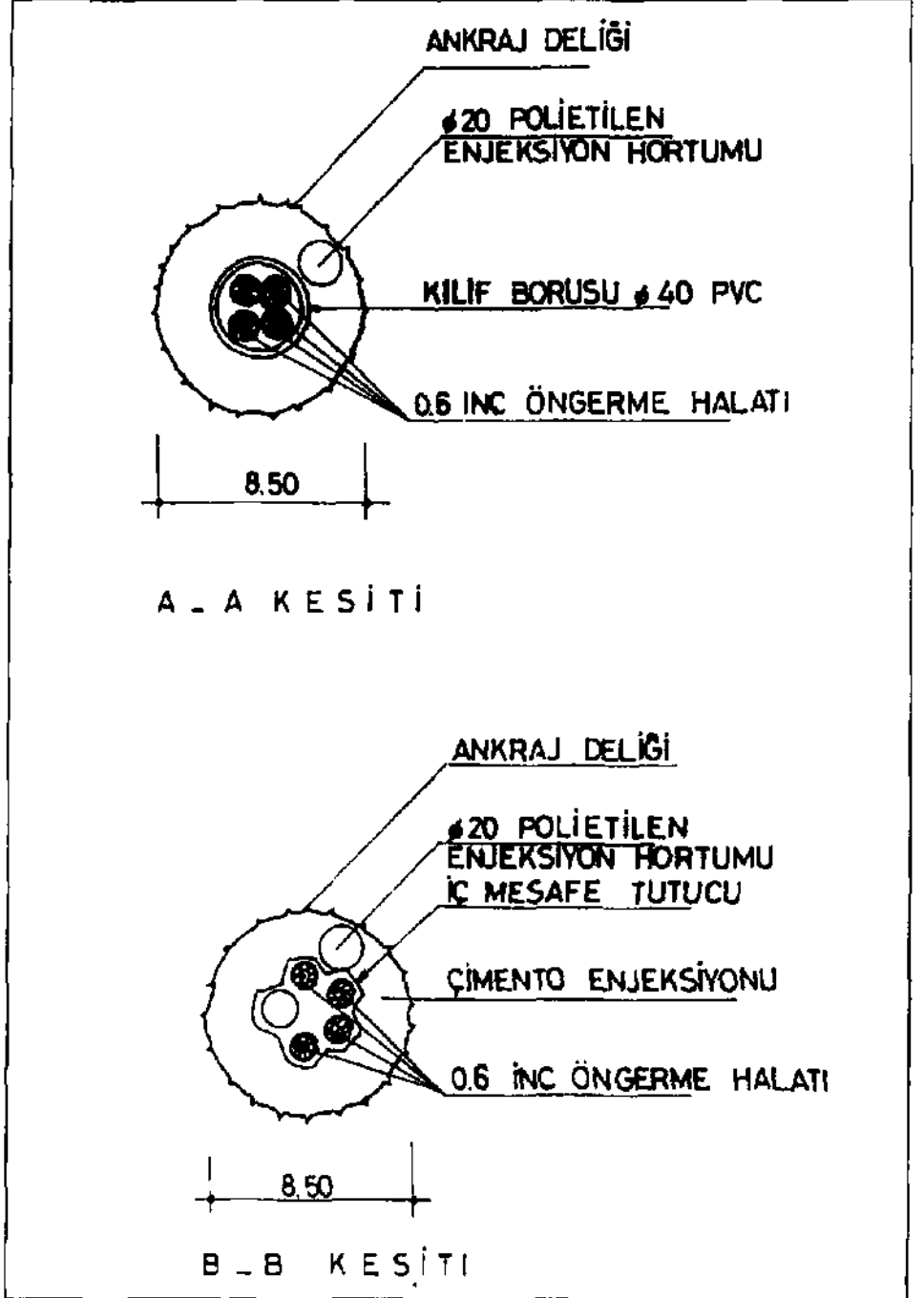


Şekil 4

BETONARME DUVARDA ANKRAJ BAŞLIĞI DETAYI 1/5



Şekil 5.



Şekil 7.