



CONTROL OF SURFACE SETTLEMENTS WITH UMBRELLA ARCH METHOD IN SECOND STAGE EXCAVATIONS OF ISTANBUL METRO

İbrahim OCAK* & K. MÖRÖY**

*Dr., İBB, İETT Genel Müdürlüğü, Raylı Taşıım Daire Başkanlığı, Karaköy-İstanbul
iocak@iett.gov.tr

**Yük. Müh., Yüksel Proje Uluslar Arası AŞ, Haliç-İstanbul.
kmoroy@yukseproje.com.tr

ABSTRACT

In metro tunnel excavations, it is important to control surface settlements observed before and after excavation, causing damages for the surface structures. Otherwise, metro tunnel can not be perform the task expected and the advantages of metro tunnel are lost. For this purpose, 2. stage excavation of Istanbul Metro between Unkapanı and Yenikapı in various geological formation was studied. In this study the New Austrian Tunneling Method (NATM) and the Umbrella Arch Method which was applied additionally to NATM in sensitive regions were compared. After the study, it was found out that surface deformations especially in clay bearing formations could be controlled at a high degree by using the Umbrella Arch Method.

Key Words: *Istanbul Metro, Umbrella Arch, Metro Tunnel, Surface Settlement.*

İSTANBUL METROSU 2. AŞAMA KAZILARINDA YÜZEY OTURMALARININ KORUYUCU KEMER YÖNTEMİ İLE KONTROLÜ

ÖZET

Metro tünellerinde, kazı öncesinde ve sonrasında yüzeyde oluşan ve yüzeyde bulunan yapılara zarar veren, hatta yıkılmalarına neden olan yüzey oturmalarının, müsaade edilebilir değerler arasında tutulabilmesi çok önemlidir. Aksi halde, metro tüneli kendisinden beklenen vazifeleri yerine getiremeyeceği gibi metrodan beklenen kazanımlar da yok olacaktır. Bu amaçla, İstanbul Metrosu 2. Aşama kazıları Unkapanı-Yenikapı bölümünde değişik formasyonlarda yapılan tünel kazıları üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu (NATM) ve özellikle hassas bölgelerde bu metoda ek olarak yapılan koruyucu kemer (KK) yöntemi mukayese edilmiştir. Çalışma sonucunda özellikle killi zeminlerde koruyucu kemer yöntemi ile yüzey deformasyonlarının büyük ölçüde kontrol edilebildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *İstanbul Metrosu, Koruyucu Kemer, Metro Tüneli, Yüzey Oturması.*

1. GİRİŞ

Günümüzde, dünya nüfusu hızla artmaya devam etmekte ve bu artışa paralel olarak da plansız ve çarpık kentleşmeler meydana gelmektedir. Bundan dolayı da büyük şehirlerde; trafik, su, çevre kirliliği, plansız yapılaşma, alt yapı, sağlık ve eğitim gibi temel hizmetlerde önemli sorunlar yaşanmaktadır. Ancak yapılan bir ankete göre İstanbul'da bu sorunlar arasında ilk sırayı % 29'luk bir oranla trafik ve ulaşım sorunu almaktadır [3].

Metro tünelleri, özellikleri gereği yerleşimin en yoğun olduğu bölgelerde yer alırlar. Çünkü doğal olarak metro sistemleri, trafik probleminin en yoğun olduğu yerlerde trafiği rahatlatmak için inşa edilirler. Bu nedenle metro tünellerinin yapımında yüzeyde oluşan oturmaların limit değerler arasında tutulabilmesi son derece önemlidir.

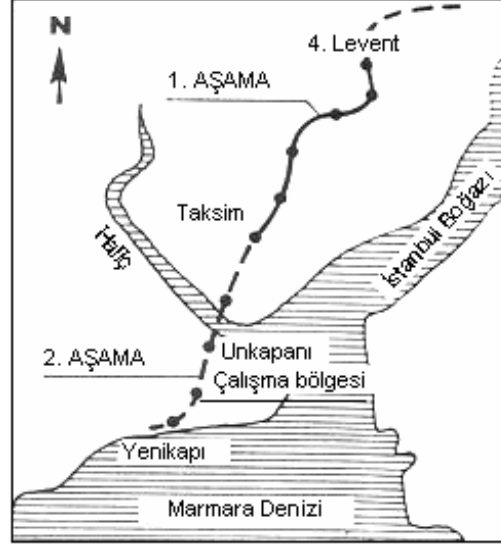
Başarılı bir tünelleme, kazı ve tahkimatın başarısı yanında kazı sonrasında da konverjans ve yüzey oturmasının hem tünele hem de yüzeyde bulunan binalara zarar vermeyecek şekilde limit değerler arasında kalması ile mümkün olur. Bu parametreler, madencilikte sürülen galerilerde, metro tünellerinde olduğu kadar hassas değildir. Çünkü madencilikte, tünel ayakta kaldığı ve vazifesini yapabildiği müddetçe konverjans ve yüzey oturmasının çok büyük bir önemi yoktur. Eğer yüzeyde bir yerleşim birimi yok ise müsaade edilebilecek yüzey oturması sınırları da geniş olacaktır. Ancak metro tünellerinde durum çok hassastır. Çünkü tüneller büyük ölçüde yerleşim birimlerinden ve daha da önemlisi binaların altından geçmektedir. Dolayısıyla yüzey oturması ve konverjans kontrol altında tutulamaz ise bunun sonucu olumsuz gelişmelere sebep olabilir.

Böyle olumsuzluk İstanbul Metrosu 2. aşama kazıları sırasında yaşanmış ve yüzeyde oluşan aşırı yüzey oturması önce binalarda küçük çatlaklara yol açmış ardından giderek büyüyen bu çatlaklar üç binanın tamamen yıkılmasına sebep olmuş ve bu olayda 4 kişi hayatını kaybetmiştir [4]. Bu olay, yazılı ve görsel basında günlerce işlenmiştir. Sonuç olarak, İstanbul Büyükşehir Belediyesi yıkılan bu binaları istimlak ederek yeraltında sürdürülmekte olan o bölgedeki kazıları aç kapa tünelleri şeklinde yapmak zorunda kalmıştır. Oysa metronun bir amacı da istimlak giderlerinden kurtulmak ve bölgede yer alan iş hayatını olumsuz etkilememek iken çok başarılı bir kazı yapılmış olsa bile yüzey oturması ve konverjansın belirli sınırlar içinde tutulamaması metro ile amaçlanan kazanımları da yok edebilmektedir.

Bu çalışmada, İstanbul Metrosu 2. Aşama kazıları sırasında Unkapanı-Yenikapı arası bölgede görülen aşırı yüzey oturmalarının koruyucu kemer yöntemi ile nasıl limit değerler arasına çekildiği anlatılmış ve benzer zeminlerde NATM ve koruyucu kemer yöntemi ile desteklenen tünel kazılarında gözlenen yüzey oturmaları mukayese edilmiştir.

2. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN TANITIMI

Bu çalışma, İstanbul Metrosu 2. aşama kazılarının yapıldığı Yenikapı-Unkapanı arasındaki bölgeyi kapsamaktadır. İstanbul Metrosu, 4. Leventten başlayıp Yenikapı'ya kadar uzanacak olan, 4. Levent-Taksim arasını kapsayan yaklaşık 8 kilometrelik 1. aşaması tamamlandı Eylül 2000 yılında hizmete açılan, Taksim- Yenikapı arasını kapsayan ve dört adet istasyonu içeren yaklaşık 5,2 kilometrelik 2. aşama çalışmalarına ise devam edilen bir projedir (Şekil 1).



Şekil 1. İstanbul Metro 2. Aşama Genel Görünüşü [1]

2.1. Kazı ve Tahkimat

İstanbul Metro 2. Aşama kazıları, Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu (NATM) ile yapılmaktadır. Ancak tünellerin bir kısmı kritik zemin koşullarında yer aldığından yada hassas yapıların altında bulduklarından NATM yöntemine ilave olarak koruyucu kemer yöntemi de kullanılmaktadır. Koruyucu kemer yöntemine geçilip geçilmemesi gerektiğine jeolojik koşullar ve yüzeydeki kritik binaların durumuna göre karar verilmektedir. NATM ile kazının belli ilkeleri vardır. Burada esas ilke hemen kazı sonrası kazı yapılan kısmın desteklenmesidir. Yani destekleme için tünel kesitinin tamamen açılması beklenmez. İksa yerleştirilebilecek kadar bir kısım kazılır ve iksa yerleştirilir. Bunun amacı kayanın mukavemetini koruyarak hemen harekete geçirmek ve böylece tünel çevresindeki kayada kendini destekleyen genişçe bir halka oluşturmaktır. İkinci temel ilkesi ise, konverjans ve yüze oturmalarının sürekli ölçülmesi ve elde edilen oturma değerlerine göre kazı yöntemine karar vermektir.

Kazı biçimi değişik tünel tiplerinde farklılıklar göstermekle birlikte, metroda kazılan tünellerin büyük bölümünü oluşturan A tipi ana hat tünellerinde önce 28 m²'lik üst yarı kazısı yapılmakta daha sonra 8 m²'lik alt yarı kazısı yapılmaktadır. Tünellerde dört çeşit tahkimat kullanılmakta olup bu tahkimat çeşitlerinin genel özellikleri Çizelge 1'de görülmektedir.

Kazı yapıldıktan hemen sonra tel kafes ve çelik bağ yerleştirilmekte ve ardından püskürtme beton uygulamasına geçilmektedir. Bu işleme çelik hasır ve çelik giydirme bağlar tamamen kaplanıncaya kadar devam edilmektedir. 1 veya 2 gün sonra ise püskürtme beton yapılan yere tünelin özelliğine göre 4-8 adet kaya civatası şaşırtmalı olarak çakılmaktadır. Tüm işlemler bittikten sonra da 40 cm kalınlığındaki BS 25 sınıfı kaplama betonu yapılmaktadır

(Ek 1). Tüneller yüzeyden 20-40 metre derinlikte olup geliş-gidiş tünelleri arası yaklaşık 30-32 metredir.

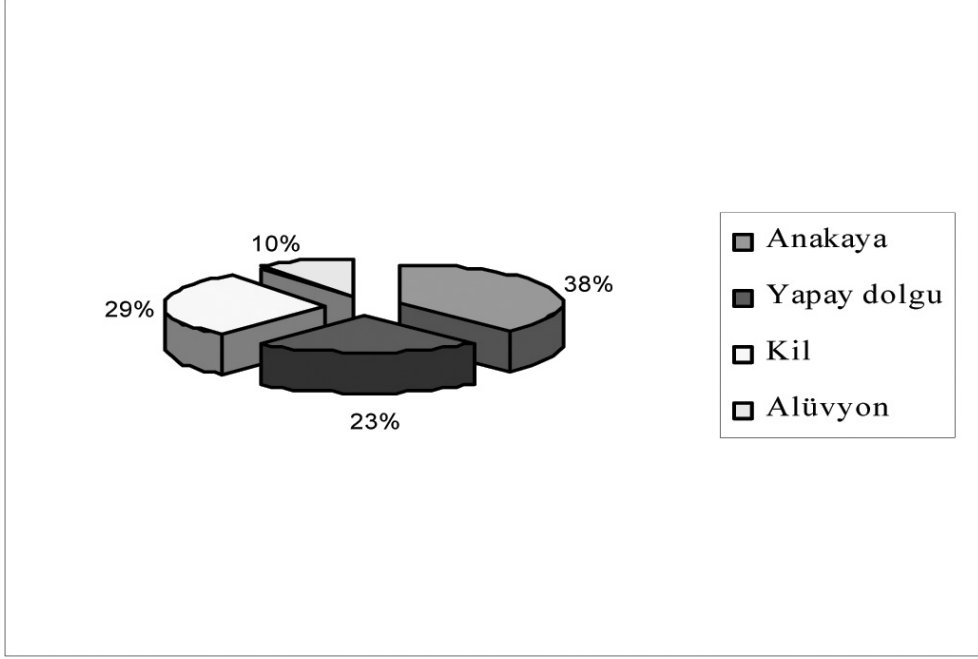
Çizelge 1. İstanbul Metro 2. Aşama Kazılarında Kullanılan Tahkimat Çeşitleri

Tahkimat cinsi	A1	A2	A3	A4
Ortam	Sağlam kaya	Orta - sağlam kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya/zemin
Çelik iksa (kafes kiriş)	yok	var	var	var
Çelik hasır (Q221/221)	tek kat	tek kat	çift kat	çift kat (Q589/378)
Püskürtme beton kalınlığı (cm)	10-15	20	20	25-30
Kaya bulonu (adet)	4-5	6-7	7-8	7-8
Sürgü çubuğu (ϕ 1¼" -1½") (adet)	yok	12 (mak.)	20 (mak.)	30 (ϕ 4") (mak.)
Kazı adımı (m)	1.5 m	1.0-1.2	0.8-1.0	0.6-0.8

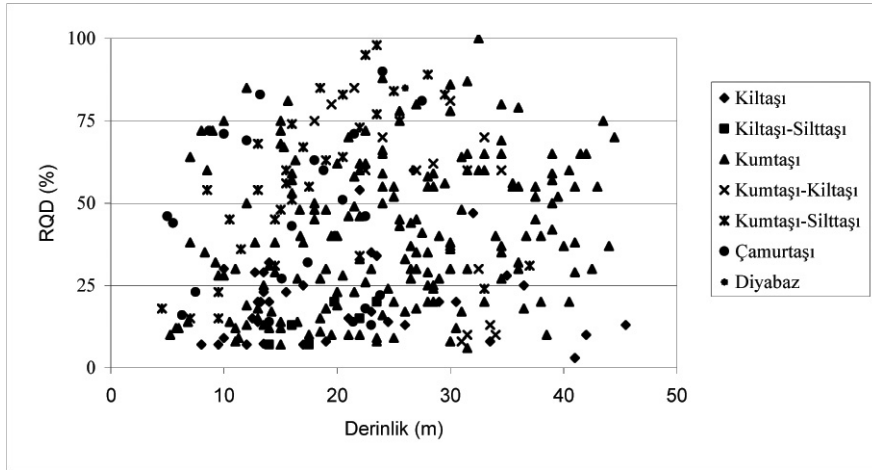
2.2. Mühendislik Jeolojisi

İstanbul Metro 2. aşama kazıları genellikle Trakya formasyonu ve Güngören formasyonu içinde açılmaktadır. Trakya Formasyonu genellikle kumtaşı-silttaşı-kiltaşı-şeyl aralanmalarından oluşmaktadır. Birimin içinde seyrek olarak kireçtaşı ve konglomera seviyeleri de görülmektedir. Formasyon, kalınlıkları birkaç on metreyi bulan diyabaz ve andezit sokulumlarıyla kesilmektedir. Tünel güzergahının güneyinde Trakya Formasyonu'nun üzerine açılacak bir uyumsuzlukla Orta-Üst Miyosen yaşlı çökeller gelmektedir. Miyosen çökellerini, sırasıyla alttan üste doğru gevşek çakıl-kum-siltten oluşan Çukurçeşme Formasyonu, kil-marn aralanmalı Güngören Formasyonu kavkılı kireçtaşı ve marndan oluşan Bakırköy Formasyonu oluşturmaktadır [6].

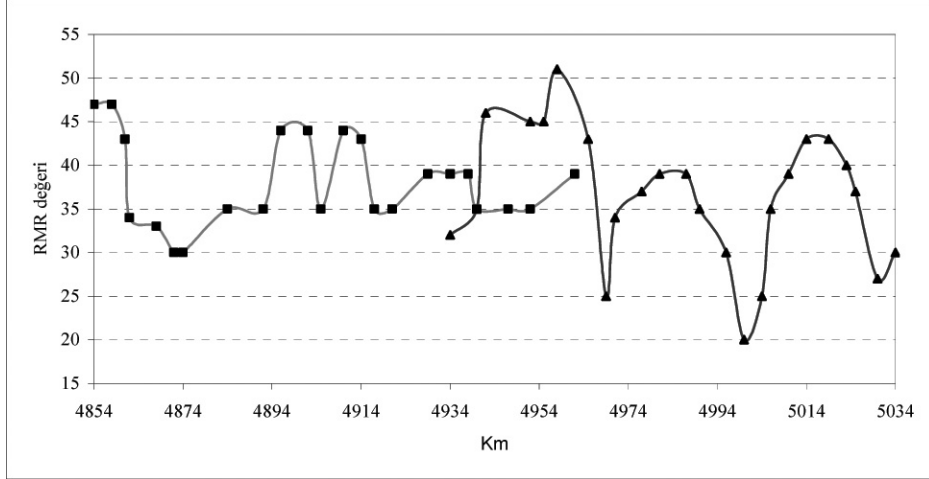
Güzergâhta yapılan yaklaşık 2600 metre boyundaki sondajlarda kesilen birimlerin dağılımı Şekil 2'de görülmektedir. Bölgede yapılan 42 sondajın değişik derinliklerinde ölçülen RQD değerine göre, ana kayanın kaya kalitesi çok zayıf kaya -orta kaya sınıfında yer almaktadır (Şekil 3). YH1U-2A ve YH2U-2A tüplerinde 5 metrede bir yapılan gözlemlere göre oluşturulan jeoteknik bilgi formlarındaki puanlamalardan elde edilen RMR değerleri de Şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 2. Güzergahta Kesilen Birimlerin % Dağılımı [6].



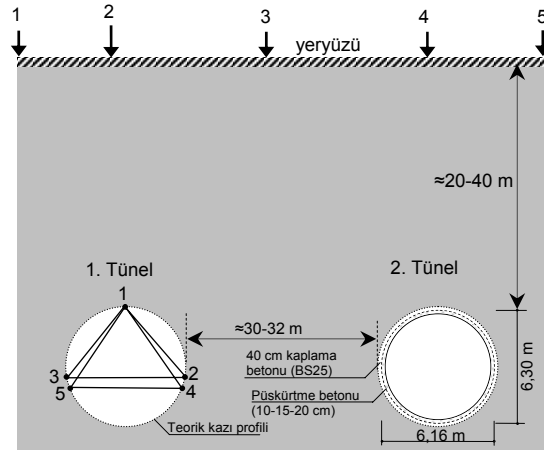
Şekil 3. Yenikapı-Unkapanı Arası Sondajların RQD Değerinin Derinliğe Bağlı Değişimi [6].



Şekil 4. YH1U-2A Ve YH2U-2A Tünellerinde RMR Değerleri [6].

2.3. İstanbul Metrosunda Yapılan Konverjans ve Yüzey Oturması Ölçümleri

Çalışmaya esas olan bölgede, yapımcı firmalarca tünel içerisinde, yaklaşık her 3-10 metrede bir konverjans ölçümü ve yüzeydeki yapılaşmanın durumuna göre her 3-5 metrede bir yüzey oturma ölçüleri alınmıştır. Gerek yüzey oturması okumaları gerekse konverjans okumalarında, tünel kazı kesiti ölçüm yapılan noktaya gelmeden başlanan okumalara tünel kesiti ölçüm yapılan noktayı geçip yüzey oturması ve konverjans değerlerinin belirli bir kabul edilebilir sınıra oturmasına ve kaplama betonunun tamamlanmasına kadar devam edilmiştir. Yüzey oturması ölçümleri, her iki tünel kesitindeki çökmeleri ölçecek şekilde yüzeyde genellikle beş ayrı noktada yapılmıştır [2] (Şekil 5). Konverjans ölçümleri Şekil 5’de tünel kesiti üzerinde gösterilen 5 adet noktaya yerleştirilen konverjans bulonlarından yapılmıştır.

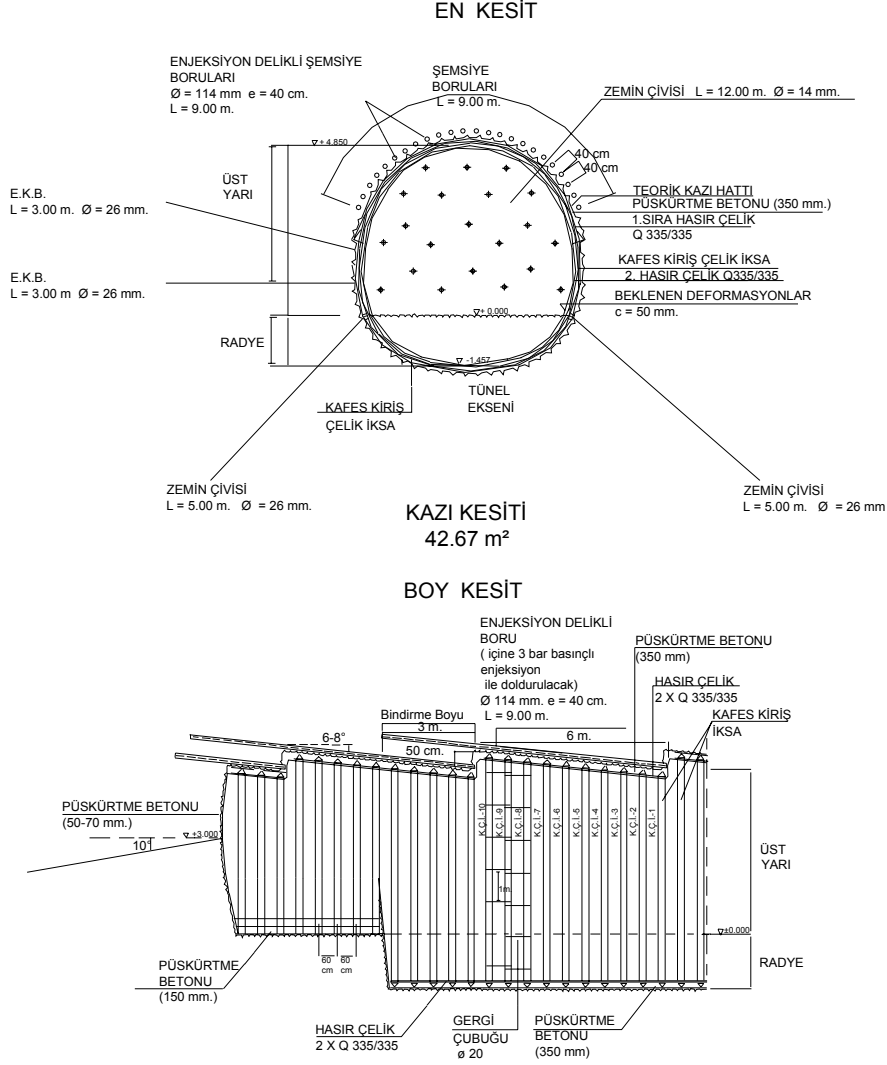


Şekil 5. Konverjans ve Yüzey oturması Ölçüm Noktaları [5].

3. KORUYUCU KEMER YÖNTEMİNİN YAPILIŞI

Yenikapı-Unkapanı tünel güzergahı iki ayrı hattın oluşmaktadır. Yenikapı Şaftında kazıya 2000 yılı başında başlanmış, yaklaşım tüneli ile ana hatlara ulaşılmış ve Unkapanı yönünde tünel açımına devam edilmiştir. Güngören kilinde açılan bu tünelin ilk 100 m.lik kısmında tünel içi deformasyonları yer yer 20-30 cm. ye ulaşmıştır. Bu nedenle, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Metro Kontrollük Teşkilatı tarafından, daha önce İtalya ve Japonya'da kullanılan bir yöntem olan koruyucu kemer yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

Ambrella arch (koruyucu kemer) yönteminde ayna üzerine gelecek basınçları karşılayabilmek amacıyla, kazı tavanına 9 metre uzunluğunda çelik borular yerleştirilmektedir (Şekil 6). Bu boruların yerleştirilebilmesi için kazı kesiti projedekinden 50 cm daha geniş açılmaktadır. Makinelerin çalışması ve boruların yerleştirilebilmesi için bu 50 cm lik boşluk kullanılmaktadır. Bu boşluk başlangıçta 3 m.lik bölümde genişletme kazısı altında, genişleyen ve yükselen iksalar monte edilerek elde edilmektedir. Daha sonra, delik çapı 130 mm., delik açısı baş yukarı 6°-8° olacak şekilde delikler açılarak içine et kalınlığı 6,3 mm. ve boyu 9 m. olan 114 mm çapında çelik borular yerleştirilmektedir. Bu boruların aralığı 30-40 cm olup bir kesite 24-30 arasında çelik boru monte edilmektedir. Boru ağzı enjeksiyon manşonu ile kapatılarak, etrafı alçı ile sıvanmakta ve boru içine enjeksiyon basıncı 2-3 bar ve su/çimento oranı 7/5 olan çimento enjeksiyonu yapılmaktadır. Bu işleme geri dönüş borusundan enjeksiyon gelinceye kadar devam edilmektedir. Boruların delik içerisinde kolay ilerleyebilmesi için uçları sivri hale getirilmektedir. Çimentonun kayadaki çatlakları ve borunun etrafını tam olarak doldurabilmesi içinde boruların uç kısmında delikler açılmaktadır (Şekil 7). Bu boruların 6 m lik kısmı kazılan kesimin üzerinde kalmakta, 3 metrelik kısmı ise bindirme olarak bırakılmaktadır. Böylece kemeri oluşturan çelik boruların bir kısmı iksaya basarak diğer ucu da ayna içinde kalarak iki ucu mesnetli giriş gibi çalışmakta ve üzerine gelen gerilmeleri emniyetle taşıyabilmektedir. Çelik boruların montajı ve enjeksiyon tamamlandıktan sonra tünel kazısına geçilmektedir. Ayna zayıf kaya ortamlarda iki aşamada, kil ortamlarda ise üç aşamada kazılmakta olup her bir kazı adımı 60 cm olmaktadır. Böylece bir periyotta 10 adet çelik iksa kullanılmakta ve kazı tekrar eden periyotlar halinde devam etmektedir.



Şekil 6. Koruyucu Kemer Yönteminin Plan ve Kesit Görünüşü.

Bu yöntemde tavanın olduğu kadar aynanın da kontrol altına alınması önemlidir. Bunun için de ayna önünden 10°-12° derece baş aşağı eğimli 125 mm. çapında delikler açılarak içine 12 m uzunluğunda, 14 mm çapında tor çelikten imal edilmiş nervürlü çubuklar yerleştirilmektedir. Zemin çivisi olarak adlandırılan bu çubukların sayısı ortam koşullarına göre 16 ile 24 arasındadır. Bu deliklerin içine 2-3 bar basınç altında çimento/su oranı 2/1 olan karışım enjekte edilerek ayna sağlamlştırılmaktadır. 12 metrelik bu çivilerin 6 metresi kazı içinde kalırken diğer 6 metresi bindirme olarak kalmaktadır.



Şekil 7. Koruyucu Kemerini Oluşturan Çelik Borular.

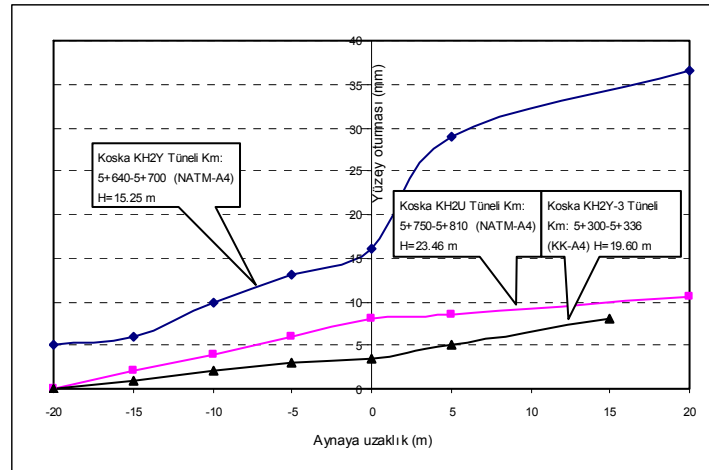
4. KORUYUCU KEMER VE NATM YÖNTEMİNDE YÜZEY OTURMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Yenikapı-Unkapanı arası metro kazılarında yüzeyde oluşan oturumların 20-30 cm mertebelerine ulaşması sonucunda değişik ülkelerde ve özellikle İtalya'da başarı ile uygulanan koruyucu kemer yönteminin incelenmesine karar verilmiştir. Bu amaçla İtalya'ya teknik bir gezi gerçekleştirilmiş ve yöntem yerinde incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda da yöntemin İstanbul Metrosu kazılarında zayıf ve akıcı zemin koşullarında kullanılmasına karar verilmiştir. Koruyucu kemer yöntemi NATM yöntemi ile kazı yapılan tünellerde ek bir tahkimat olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde modifiye NATM yöntemi de denilmektedir.

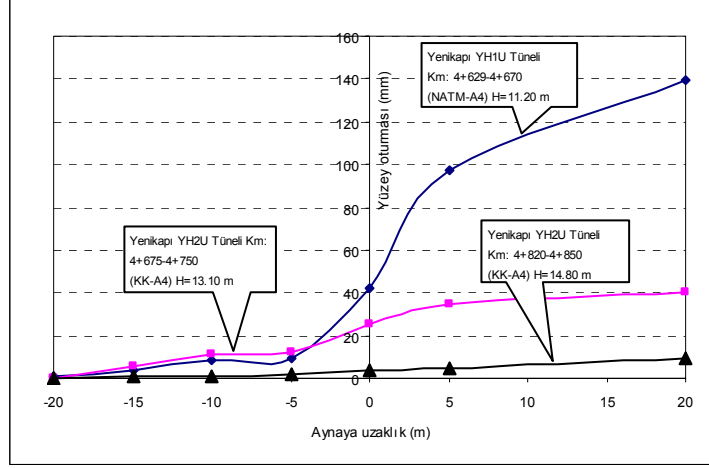
Koruyucu kemer yönteminde çelik borular içleri ve çevreleri çimento ile doldurularak bir kiriş gibi çalıştırılmakta ve tavandan gelen basınçları karşılamaktadır. Ek 2'de benzer şartlar altında NATM ve koruyucu kemer yöntemiyle tahkim edilmiş tünellere ait örnekler verilmiştir. Şekil 9, Şekil 10 ve Şekil 11'de ise aynı bölgede ve benzer zemin şartlarında açılmış bu tünellerde kazının, yüzey oturumlarının ölçüldüğü noktaya 20 metre öncesinden başlanıp ölçüm yapılan noktayı 20 metre geçinceye kadar zamana bağlı olarak ölçülen oturumlar gösterilmektedir. Yönteme ait elemanlar Çizelge 2'de görülmektedir.

Çizelge 2. Koruyucu Kemer Yönteminde Sağlamaştırma ve Destekleme Elemanları [6].

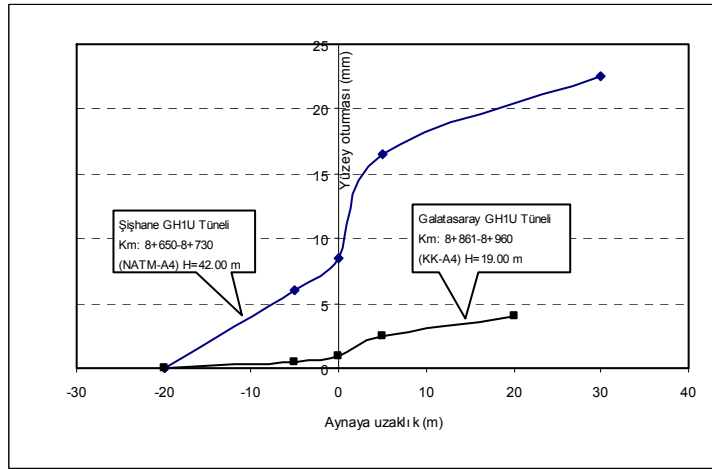
Kazı Tipi	A4
U.A. boruları (L =9 m)	24-30 adet
Ayna Zemin Çivisi (L= 12m)	16-24 adet
Çelik İksa	Kafes tipi
Hasır Çelik (Q335/335)	Çift kat
Püskürtme beton kalınlığı	35 cm
Bulon (L= 3m)	2/2 adet
Zemin Çivisi (L= 5 m)	1/1 adet
Kazı ilerleme adımı	0,6 m



Şekil 9. Koska Bölgesindeki NATM ve KK Yönteminin Karşılaştırılması.



Şekil 10. Yenikapı Bölgesindeki NATM ve KK Yönteminin Karşılaştırılması.



Şekil 11. Her ikisi de Zayıf Trakya Formasyonunda Açılan NATM ve KK Yöntemi ile Desteklenmiş İki Tünelin Karşılaştırılması.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Şekil 9, Şekil 10 ve Şekil 11 incelendiğinde koruyucu kemer yöntemi ile desteklenen tavanın NATM yöntemi ile desteklenen tavana göre daha stabil olduğu ve yüzeyde oluşan oturumlarının 4-6 kat daha az olduğu görülmektedir. Şüphesiz ki koruyucu kemer yönteminin uygulaması için ekstra bir maliyet söz konusudur. Ancak burada dikkat edilmesi gereken, yöntemin uygulanması ile oluşacak maliyet değil, uygulanmaması sonucu oluşacak çok daha büyük maliyetlerdir. Çünkü yöntemin kullanılmaması durumunda aşırı yüzey oturumları oluşacak ve bunun sonucu olarak binalarda büyük hasarlar ve hatta yıkılmalar meydana gelecektir. Oluşan bu deformasyonlar neticesinde binalarda oluşan hasarların tazmini çok daha büyük masraflar oluşturmaktadır. Bu tür olayların hemen basına yansması nedeniyle İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve inşaatı gerçekleştiren kurumların uğradığı prestij kaybı ise maddi kayıplardan daha büyük olmaktadır.

Zayıf ve akıcı zemin koşullarında aç-kapa yapmak ta bir alternatiftir. Ancak aç-kapa yapılabilmesi için yine yüzeydeki binaların ve arazilerin kamulaştırılması gerekmektedir ki bu gerek maliyet gerekse oluşan anlaşmazlıklar nedeniyle olayın yargıya intikali nedeniyle başlangıçta asla kestirilemeyen zaman kaybı ve maliyet artışlarına sebep olmaktadır.

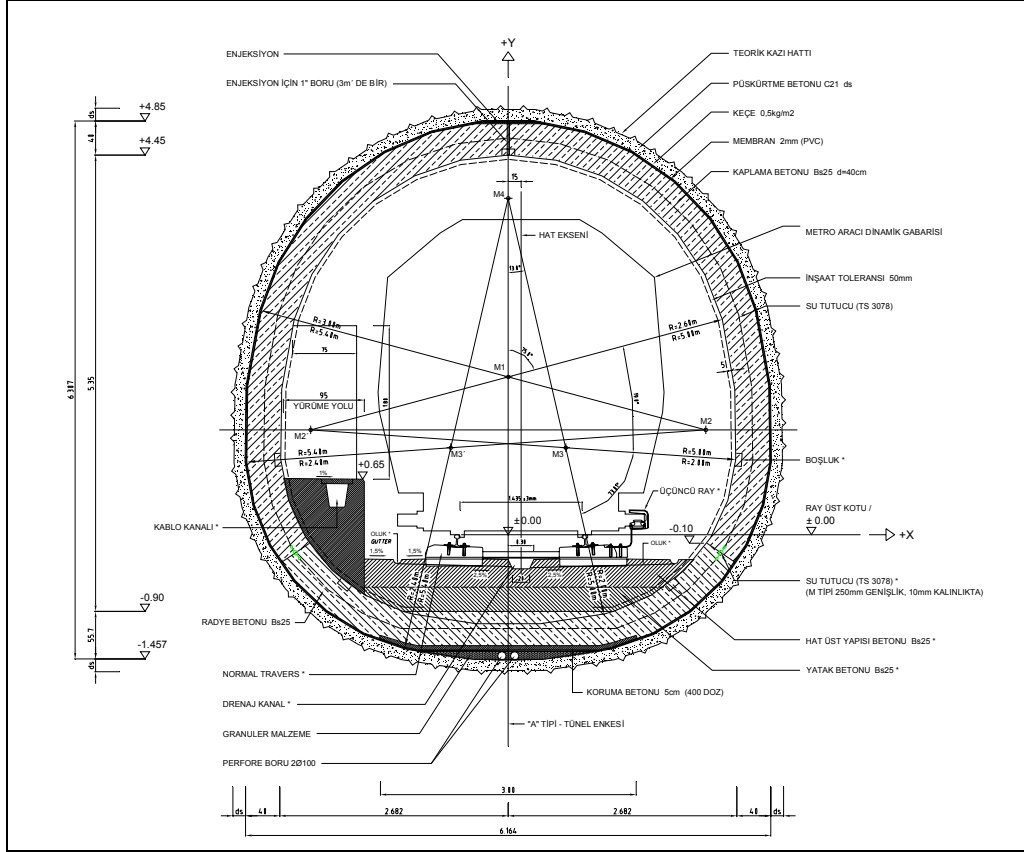
Sonuç olarak, koruyucu kemer yöntemi NATM ile kazıda yüzey deformasyonları açısından hassas bölgelerde çok önemli bir çözüm yöntemidir. Günümüzde metro tünelciliğinde her ne kadar kazıda NATM yerine TBM (Ankara Metrosu, Kadıköy-Kartal Metrosu) yada zayıf zeminlerde EPBTBM (İzmir Metrosu, Otogar-bağcılar LRT hattı) kullanılmakta ise de bunların kullanılması durumunda bile tüm kazıların yaklaşık % 40'ı NATM ile kazılmak zorundadır. Çünkü tünel eksenine ulaşmak için gerekli olan düşey shaft, yaklaşım tünelleri ve iki hat arasında belirli aralıklarla bırakılan bağlantı tünelleri NATM ile kazılmak durumundadır. İstasyonların ise tamamı NATM ile kazılmak zorundadır.

Dolayısı ile ülkemiz şartları açısından hem her türlü malzemenin yerli olarak temini, hem de artık uygulamada belirli bir bilgi birikimi olması nedeniyle koruyucu kemer yöntemi zayıf zemin koşullarında yüzey oturumlarını minimum seviyede tutabilmek açısından uygun bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Ayaydın, N., 1997, Metro İstanbul, Tunnel For People, 561-567, Rotterdam.
- [2] Biberoglu, S., 2000, Kişisel Görüşme ve Yayınlanmamış Notlar, Tefken İnşaat ve Tesisat A.Ş. Kontrol Mühendisi, İstanbul.
- [3] İBB, 2004, Ulaşım Master Raporu,
[http:// www. ibb.gov.tr/ibbtr/140/14005/1400501/ulasim _raporu.htm](http://www.ibb.gov.tr/ibbtr/140/14005/1400501/ulasim_raporu.htm)
- [4] Ocak, İ., 2003, Metro Tüneli Kazılarında, Kazı Hızı, Yüzey Oturması ve Konverjansa Kayaç Özelliklerinin Etkisi Üzerine İstatistiksel Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, Eskişehir, 126.
- [5] Ocak, İ., 2005, Metro Tünellerinde, Kayaç Özelliklerinin Tasman ve Konverjansa Etkilerinin Araştırılması, İstanbul Üniversitesi Müh. Fak. Yer Bilimleri Dergisi, İstanbul
- [6] Usta, E., 2004, İstanbul Metrosu Yenikapı – Unkapanı Arasının Mühendislik Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Ek 1. Ana Hat Tünellerinde Kullanılan A Tipi Tünel Kesiti



Ek 2. Değişik Formasyonlarda NATM ve Koruyucu Kemer Destekleme Tiplerinin Karşılaştırılması.

Yeri	Zemin Profili	Tünel Örtü Kalınlığı (m)	Üst Yarık Alt Yarık Zemin Durumu	Umbrella Arch Yöntemi								Klasik Kazı Yöntemi					Yüze Deform. (mm)	
				İksa Tipi ve Kotu	Kazı adımları	Shotcrete Kalınlığı (cm)	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Zemin çivisi	Umbrella Boru Ad.	İksa Tipi ve Kotu	Kazı adımları (m)	Shotcrete Kalınlığı (cm)	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Altyarı-Üst yarık Tak. Mesafesi (m)	Ayna ile Bulon Arası Mesafe (m)	Deformasyon Değeri (mm)	
Yenikapı sağıt YH2U tünelli km:4+629-4+670	Dolma zemin 2,00 m, alıyın 2,50 m, Kil 7,00 m	11,20	Tamamı kil zemin içerisinde	İksa Tipi ve Kotu	Kazı adımları	Shotcrete Kalınlığı (cm)	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Zemin çivisi	Umbrella Boru Ad.	İksa Tipi ve Kotu	Kazı adımları (m)	Shotcrete Kalınlığı (cm)	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Altyarı-Üst yarık Tak. Mesafesi (m)	Ayna ile Bulon Arası Mesafe (m)	Deformasyon Değeri (mm)	
Koska sağıt KH2Y tünelli Km 5+640-5+700	Dolma Zemin 3,75 m Kil 11,50	15,25	Tünel üst yarık Süleymaniye kili, alt yarık tamamen ayrışmış killeşmiş, zeminleşmiş Trakya formasyonu	İksa Tipi ve Kotu	Kazı adımları	Shotcrete Kalınlığı (cm)	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Zemin çivisi	Umbrella Boru Ad.	İksa Tipi ve Kotu	Kazı adımları (m)	Shotcrete Kalınlığı (cm)	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Altyarı-Üst yarık Tak. Mesafesi (m)	Ayna ile Bulon Arası Mesafe (m)	Deformasyon Değeri (mm)	
Koska sağıt KH2U tünelli km: 5+750-5+810	Dolma Zemin 5,00, alıyın 4,50 m, Kil 13,00 m	23,46	Tünel üst yarık Süleymaniye kili, alt yarık tamamen ayrışmış killeşmiş, zeminleşmiş Trakya formasyonu	İksa Tipi ve Kotu	Kazı adımları	Shotcrete Kalınlığı (cm)	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Zemin çivisi	Umbrella Boru Ad.	İksa Tipi ve Kotu	Kazı adımları (m)	Shotcrete Kalınlığı (cm)	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Altyarı-Üst yarık Tak. Mesafesi (m)	Ayna ile Bulon Arası Mesafe (m)	Deformasyon Değeri (mm)	
Koska sağıt KH2Y-3 tünelli km:5+330-5+336	Dolma zemin 8,80, alıyın 3,50 m, Trakya formasyonu 7,30 m	19,60	Tamamı ileri derecede ayrışmış, yer yer zeminleşmiş trakya formasyonu, fay zonu	Kafes İksa 174 mm, +0,85 kotu	0,6	35	EKB, 3.00 m, 4 adet	üst yarık İksa L=12,00 m 20-24 adet Ø26 mm L=5,00 m her İksa 2 adet	3-9	Ø114 mm, L=9,00 m, 24-30 adet	Kafes İksa 136 mm ±0,00 kotu	0,6-0,8 m	25	EKB, 4 m, 7/8	3-8	-20 -15 -10 -5 0 5 10,5 20 -20 -15 -10 -5 0 5 8,5	20 139,5	

Ek 2'nin devamı.

Yer	Zemin Profili	Tünel Ortü Kalınlığı (m)	Üst Var-Alt Varı Zemin Durumu	Umbrella Arch Yöntemi							Klasik Kazı Yöntemi					Yüzey Deform. (mm)	
				İksa Tipi ve Kotu	Kazı adımları	Shotcrete Kalınlığı (cm)	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Zemin givisi	Umbrella Boru Ad.	İksa Tipi ve Kotu	Kazı adımları (m)	Shotcrete Kalınlığı (cm)	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Ahyan-Üst yan Tak. Mesafesi (m)	Ayna ile Bulon Arası Mesafe (m)	Deformasyon Değeri (mm)
Yenikapı sağı YH2U	Dolma zemin 3,50 m, alüvyon 4,00 m, Kil 5,60 m	13,10	Üst Var-Alt Varı Zemin Durumu	Kates iksa 174 mm, I. Kademe +2,00 kotu, II. Kademe ±0,00 kotu, III. Kademe -1,50 kotu	0,60	30	KDB I. Kademe iksa ayaklarından karşıtlık L=6,00 m, II. Kademe iksa ayaklarından karşıtlık 5,00 m	Ayaya Ø 14 mm L=12,00m 12 adet	2-4	Ø114 mm, L=9,00 m, 24 adet	İksa Tipi ve Kotu	Kazı adımları (m)	Shotcrete Kalınlığı (cm)	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Ahyan-Üst yan Tak. Mesafesi (m)	-20	0
Yenikapı sağı YH2U	Dolma zemin 3,50 m, alüvyon 5,80 m, Kil 14,80	14,80	Tünel üst yarısı Süleymaniye kili, alt yarısı ise kaya (Trakya formasyonu)	Kates iksa 174 mm, I. Kademe +2,00 kotu, II. Kademe ±0,00 kotu, III. Kademe -1,50 kotu	0,80	30	EKB I. Kademe iksa ayaklarından karşıtlık L=3,00 m, II. Kademe iksa ayaklarından karşıtlık 3,00 m	Ayaya Ø 14 mm L=12,00m 6-8 adet	2-4	Ø114 mm, L=9,00 m, 14-18 adet	İksa Tipi ve Kotu	Kazı adımları (m)	Shotcrete Kalınlığı (cm)	Bulon Tipi, Uzunluğu ve Adedi	Ahyan-Üst yan Tak. Mesafesi (m)	-15	0,5
Şişane sağı GH1U	Dolma zemin 3,50 m, alüvyon 3,80 m, silttaş 3,50 m, kilittaş 3,50 m	42,00	Tamamı kilittaş-silttaş içerisinde, zayıf kaya (Trakya formasyonu)	Kates iksa 174 mm, I. Kademe +2,00 kotu, II. Kademe ±0,00 kotu, III. Kademe -1,50 kotu	0,80	30	Kaya içerisinde, kumtaşı-kilittaş zayıf kaya, (diyabaz dayaklarla kesilmiş Trakya formasyonu)	Ayaya Ø 14 mm L=12,00m 12-20 adet	3-6	Ø114 mm, L=9,00 m, 24 adet	Kates iksa 136 mm ±0,00 kotu	0,6-0,8 m	25	EKB, 4 m, 7/8	3-8	-5	0
Yaklaşım GH1U	Dolma zemin 8+730 sarayın altı)	19,00	Kaya içerisinde, kumtaşı-kilittaş zayıf kaya, (diyabaz dayaklarla kesilmiş Trakya formasyonu)	Kates iksa 174 mm, I. Kademe +2,00 kotu, II. Kademe ±0,00 kotu, III. Kademe -1,50 kotu	0,80	30	EKB L=4,00 m, her iksada 6 adet, II. Kad. iksa ayaklarından karşıtlık L=4,00 m, her iksada 2 adet	Ayaya Ø 14 mm L=12,00m 12-20 adet	3-6	Ø114 mm, L=9,00 m, 24 adet	Kates iksa 136 mm ±0,00 kotu	0,6-0,8 m	25	EKB, 4 m, 7/8	3-8	-20	0
Yaklaşım GH1U	Dolma zemin 8+960 (Fransız)	19,00	Kaya içerisinde, kumtaşı-kilittaş zayıf kaya, (diyabaz dayaklarla kesilmiş Trakya formasyonu)	Kates iksa 174 mm, I. Kademe +2,00 kotu, II. Kademe ±0,00 kotu, III. Kademe -1,50 kotu	0,80	30	EKB L=4,00 m, her iksada 6 adet, II. Kad. iksa ayaklarından karşıtlık L=4,00 m, her iksada 2 adet	Ayaya Ø 14 mm L=12,00m 12-20 adet	3-6	Ø114 mm, L=9,00 m, 24 adet	Kates iksa 136 mm ±0,00 kotu	0,6-0,8 m	25	EKB, 4 m, 7/8	3-8	-10	1
Yaklaşım GH1U	Dolma zemin 8+960 (Fransız)	19,00	Kaya içerisinde, kumtaşı-kilittaş zayıf kaya, (diyabaz dayaklarla kesilmiş Trakya formasyonu)	Kates iksa 174 mm, I. Kademe +2,00 kotu, II. Kademe ±0,00 kotu, III. Kademe -1,50 kotu	0,80	30	EKB L=4,00 m, her iksada 6 adet, II. Kad. iksa ayaklarından karşıtlık L=4,00 m, her iksada 2 adet	Ayaya Ø 14 mm L=12,00m 12-20 adet	3-6	Ø114 mm, L=9,00 m, 24 adet	Kates iksa 136 mm ±0,00 kotu	0,6-0,8 m	25	EKB, 4 m, 7/8	3-8	0	0,5
Yaklaşım GH1U	Dolma zemin 8+960 (Fransız)	19,00	Kaya içerisinde, kumtaşı-kilittaş zayıf kaya, (diyabaz dayaklarla kesilmiş Trakya formasyonu)	Kates iksa 174 mm, I. Kademe +2,00 kotu, II. Kademe ±0,00 kotu, III. Kademe -1,50 kotu	0,80	30	EKB L=4,00 m, her iksada 6 adet, II. Kad. iksa ayaklarından karşıtlık L=4,00 m, her iksada 2 adet	Ayaya Ø 14 mm L=12,00m 12-20 adet	3-6	Ø114 mm, L=9,00 m, 24 adet	Kates iksa 136 mm ±0,00 kotu	0,6-0,8 m	25	EKB, 4 m, 7/8	3-8	5	2,5
Yaklaşım GH1U	Dolma zemin 8+960 (Fransız)	19,00	Kaya içerisinde, kumtaşı-kilittaş zayıf kaya, (diyabaz dayaklarla kesilmiş Trakya formasyonu)	Kates iksa 174 mm, I. Kademe +2,00 kotu, II. Kademe ±0,00 kotu, III. Kademe -1,50 kotu	0,80	30	EKB L=4,00 m, her iksada 6 adet, II. Kad. iksa ayaklarından karşıtlık L=4,00 m, her iksada 2 adet	Ayaya Ø 14 mm L=12,00m 12-20 adet	3-6	Ø114 mm, L=9,00 m, 24 adet	Kates iksa 136 mm ±0,00 kotu	0,6-0,8 m	25	EKB, 4 m, 7/8	3-8	5	2,5
Yaklaşım GH1U	Dolma zemin 8+960 (Fransız)	19,00	Kaya içerisinde, kumtaşı-kilittaş zayıf kaya, (diyabaz dayaklarla kesilmiş Trakya formasyonu)	Kates iksa 174 mm, I. Kademe +2,00 kotu, II. Kademe ±0,00 kotu, III. Kademe -1,50 kotu	0,80	30	EKB L=4,00 m, her iksada 6 adet, II. Kad. iksa ayaklarından karşıtlık L=4,00 m, her iksada 2 adet	Ayaya Ø 14 mm L=12,00m 12-20 adet	3-6	Ø114 mm, L=9,00 m, 24 adet	Kates iksa 136 mm ±0,00 kotu	0,6-0,8 m	25	EKB, 4 m, 7/8	3-8	20	4