

İSTANBUL METROSU TÜNEL KAZI ÇALIŞMALARINDA YAŞANAN PROBLEMLER VE ÇÖZÜMLERİ

Öner YILMAZ (*)
Muammer ÇINAR (*)
Teyfik ÖZDEMİR (**)
Ahmet VAROL (*)

ÖZET

Tüneller her türlü kaya koşullarında açılacağı gibi, çakıl, kum, su ihtiva eden killer gibi konsolide olmamış zeminlerde de açılabilir. Tünel-lerde inşaat esnasında veya kullanımında jeoteknik ve mühendislik bilin-meyenleri tam olarak çözülmediği taktirde özel problemler yaşanır. Başka bir deyimle bu problemler kaya ve zeminlerin bilinmeyen jeoteknik özel-lik ve etkilerinin ortadan kaldırılamaması ve inşaat hatalarından ileri gele-bilir Bu çalışmada İstanbul Metrosu tünel kazı çalışmalarına bu perspek-tifen bakılmıştır

GİRİŞ

Kazı sonrası tünel çevre kayasında oluşan yeni gerilmeler deforma-syona neden olacaktır. Bu deformasyona karşın tünel doğal kemerleme ile kendisini ne kadar süreyle tutabiliyorsa, bu süre için duraylılıktan söz ede-biliriz.

Tünelin kendi kendini tutabilme süresi içindeki en uygun zamanda oluşturulacak bazı sistemlerle direncinin artırılması gerekir Bunun için iksa, püskürtme beton, tel kafes bulon, süren vb. gibi tahkimat eleman-ları kullanılmaktadır

(*) Maden Mühendisi istanbul Metrosu İnşaatı, TEKFEN

(**) Maden Mühendisi, istanbul Metrosu inşaatı, MEKAS

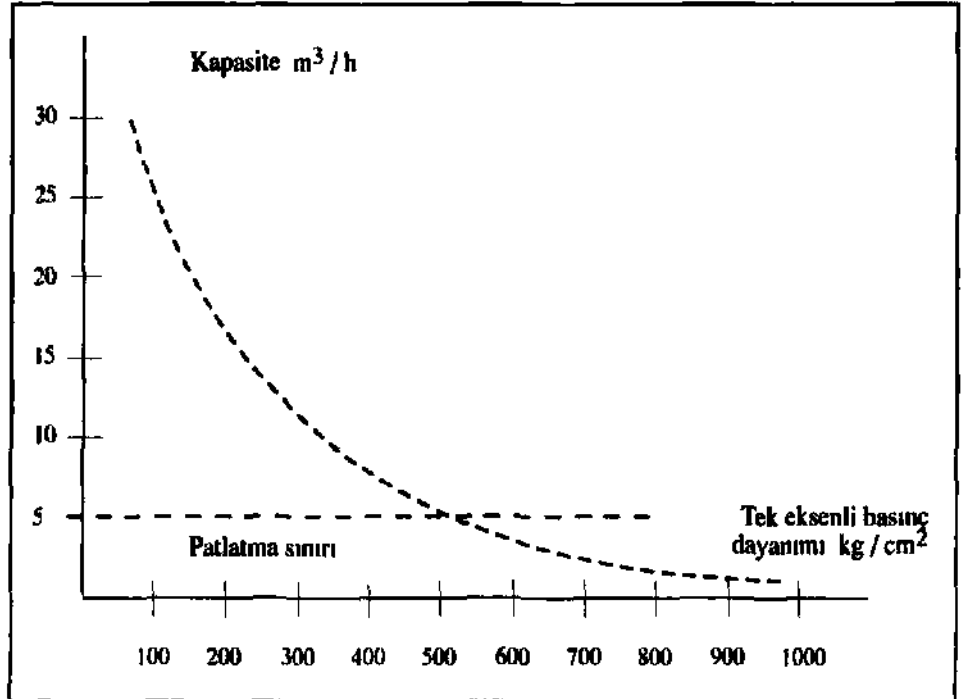
Yerleşim bölgelerindeki tünel inşaatlarında ortak problem zemin yüzeyini stabil tutmak ve daha önemlisi kazılan aynanın stabilitesidir.

Yukarıda kısaca sözünü ettiğimiz durumlardan da anlaşılacağı gibi yeraltında açılacak boşluğu açılması planlanan geometride açmak ve o geometride tutabilmek gerekmektedir Açılan boşluğun aynı geometride tutulabilmesini sağlamak, bozulmasına neden olan faktörlerin ortadan kaldırılması veya başka bir güçle karşılanması ile mümkün olacaktır.

Bu çalışmada İstanbul Metrosu 1. Aşama 1. Kısım İnşaatı kapsamındaki tünellerin açılması esnasında kazıda yaşanan problemlerin çözümü ile tahkimat elemanlarının tatbikatı esnasında karşılaşılabilecek imalat yanlışlıklarını anlatmak istedik.

1- KAZI PROBLEMİ:

Bu başlık altında kırılabilirlik veya kazılabilirliği zor olan durum ele alınacaktır Tünelimiz İstanbul polaeozoyik karboniferde çökelmiş trakya formasyonunda açılmaktadır Bu formasyonda ki I taşı, siltaşı, kumtaşı ve bunları yer yer kesen veya tabaka aralarına yerleşen diabaz dyke'leri bulunmaktadır.



Şekil 1

Kîtaşı:Yer yer bozuşmuş çok yumuşaktan orta sertte kadar,
Silttaşı: Yumuşaktan orta sertte kadar,
Kumtaşı: Orta sertten son derece sertte kadar,
Diaboz: Orta sertten son derece sertte kadar durum arz etmektedir.

Kazısı yapılan tünelimizde kesiti itibarı ile bomu özel olarak dizayn edilmiş HITACHI 200 serisi eskavatore Montabert-650 kırıcı takılarak ayna kazılmaktadır Tünelde geometrisi ve çapı itibarı ile çalıştırılacak en kapasiteli ve uygun güç ise zaten kullandığımız tiptir Bu makma ile pratik olarak 5 m³/saat kapasitenin altına düşüldüğünde gerek ışın programlanması gerekse ekonomisi açısından ciddi problemler çıkmaktadır. Zaten tek eksenli basınç dayanımı 900 kg/cm² 'yi aşan ve çatlak istemi 2Ad/m.'den az olan kayacı kırıcı ile kırmakta mümkün olamamaktadır.

Patlatma yapılan kayada alt eşiği temsil edecek Diabazdan alınan 3 adet tıp numunede İ.TÜ. Maden Fakültesi Laboratuvarlarında yapılan deneyde aşağıdaki sonuçlar alınmıştır

TEK EKSENLİ BASINÇ VE ELASTİSİTE MODÜLDENEYİ

Numune No.	Çap	Boy	Kırılma Dayanımı	Elastisite Modülü
			(Kg / cm ²)	(Kg / cm ²)
1	4.90	10.90	553	106.346
2	4.90	10.68	559	105.471
3	4.90	10.90	942	127.000

$$Port = 685 \text{ kg/cm}^2 \quad E_{orl} = 112.939 \text{ kg/cm}^2$$

Yukarıdaki sonuçlardan da anlaşılacağı gibi tek eksenli basınç dayanımı 550 kg/cm²'nin üzerinde ve çatlak yoğunluğu 2 Ad/m.'den az olan kayacı patlatmak gerekmektedir.

2- KAZI ADIMLARI:

İstanbul metrosu inşaat! tünel kazılarında YENİ AVUSTURYA TÜNEL AÇMA METODU uygulanmaktadır Kazı adımlarını da ıksa aralıklarını belirlemektedir

Başlangıçta A-2 diye adlandırılan tahkimat tipi

1 ila 1.20 m ıksa aralığı

Tek kat çelik hasır

20 cm p. beton



Patlatma yapılmış aynada genel görünüş

olarak tanımlanıp maximum iksa açıklığı 1,20 ile sınırlandırılmış idi. Tüneldeki tahkimat tipinin A-1,A-2 veyaA-3'ten hangisinin olacağı öncelikle yüzeydeki yapılaşmaya endekslenmekte, eğer yüzeyde herhangi bir yapılaşma yok ise o taktirde aynadaki jeoteknik koşullar tahkimat tipini belirlemekte idi.

Bu şekilde başlayan çalışmalardan ve yapılan deformasyon ölçümlerinden yüzeydeki kritik yapıları ve durumları gözardı etmemek koşulu ile aynadaki kayanın kalitesine bağlı olarak A-2 tahkimat tipinde iksa aralıklarının 1,20'den 1,5 m.'ye çıkarılabileceği konusunda kontrollük firması ile mutabakat sağlandı. Gerekli yerlerde mühendis ile varılan mutabakata göre her iksaya 6 ile 12 adet arasında değişen sayıda boru süren çakılarak derlenmiştir. 1,5 m.'lik kazı adımlarında hiçbir zemin hareketi aşırı deplasman veya boşalma olmamıştır

GAYRETTEPE YAKLAŞIM TÜNELİ H 2 - LEVENT TÜNELİ ÜRETİM ÇİZELGESİ

Bir aynada yaklaşık aynı kalitedeki kayada ilk yarıda 1-1,2 m/iksa aralığı olacak şekilde çalışmış, ikinci yarı zaman diliminde ise adımlar 1,5 m.'ye çıkarılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde kazı adımlarının arttırılması aylık ilerlemeyi açık bir şekilde arttırmaktadır. (Şekil-2)

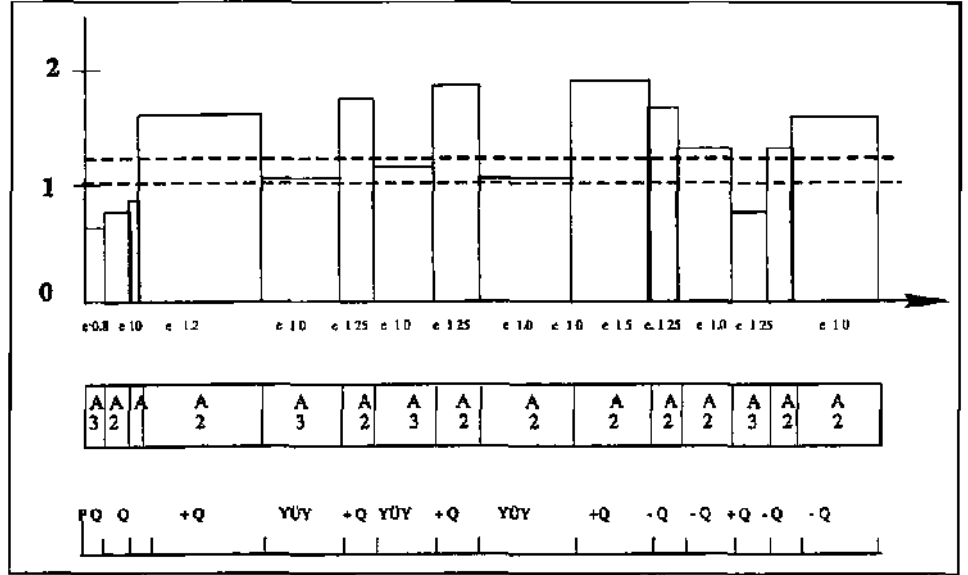
Bir başka aynada 12 aylık çalışma incelendiğinde de kazı adımları arttığında günlük ortalama ilerlemenin nasıl arttığı görülmektedir.

Tarih Aralığı	İksa No	Toplam ilerleme	Orta), günlük ilerleme (m)	Toplam kan suresi (h)	Toplam iksa kur. suresi (h)	Pusk. beton suresi (h)	Pusk. beton miktarı	Arı/a suresi (h)	Diğer işlemler (h)
5 08 93 18 9 93 44 Gun	96-156 64 adet	65 30	1 484	179 50	136 50	248 90	488 50	32 30	348 50
19 09 93 01 11 93 44 Gun	159-223 64 adet	90 77	2 068	194 40	134 10	238 00	574 50	19 15	378 30

Şekil 2

Bir tünel şantiyesinin iyi organize edilmiş olması, ancak bir çevrimdeki işlerin yapım zamanlarının sabit hale getirilmesiyle, bir vardiyadaki iş çevriminin yapım zamanının sabit hale getirilmesiyle ve ilerleme adımının yapım zamanının sabit hale getirilmesiyle mümkün olacaktır

Şekil-2'de bunun sonuçlarını görmekteyiz.



Şekil 3

Bu çalışmalarla ifade etmek istediğimiz kayanın stabilitesini dolayısı ile aynayı ve yüzeydeki yapılaşmayı tehdit edecek bir durum yaratmak değil, bu temel unsurları garantiye alarak atılabilecek en uzun adımlarla ilerlemenin sonuçlarını gözler önüne sermektir.

3- RINGİN TAMAMLANMA ZAMANLAMASI:

Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin temel prensiplerinden bir tanesinin de ringin mümkün olduğunca erken kapatılması prensibidir. Kaptığı uzun çalışmalar sonucunda Müller'e göre önemli kaya deformasyonları esas olarak ringin kapanmasının (Boru teşkilinin) aynanın çok gerisinde kalmasından ileri gelmektedir. Yeni Avusturya Yönteminin güvenliği tüneldeki ölçümlere ve yerinde gözlemlere dayanır.

İstanbul Metrosu İnşaatı 1. Aşama 1. Kısım'daki tünel kazılan esnasında yapılan ölçümlerde kabaca şu sonuçlar bulunmuştur:

1. Deformasyonlarda en büyük değerler ilk 1 haftada oluştu.
2. Blonlama ile birlikte deformasyon değerlerinde ciddi azalmalar ve durmalar oldu.
3. Açılan bölümlerin % 75'inde deformasyonlar 15 mm'nin altında kaldı.
4. Deformasyonu azalsa da durmayan bölge çok azdır.

Bu ölçüm neticelerine göre ringin tamamlanması herhangi bir süre ve metrajla sınırlamak yerine bağlantı tüplerinin açılmasına kadar ertelenmiştir. Ertelemede prensip olarak deformasyon sürekli devam eden bölgelerde lokal olarak ringin kapatılması kararlaştırılmıştır. Bu durumun sağladığı avantajları şöyle sıralayabiliriz:

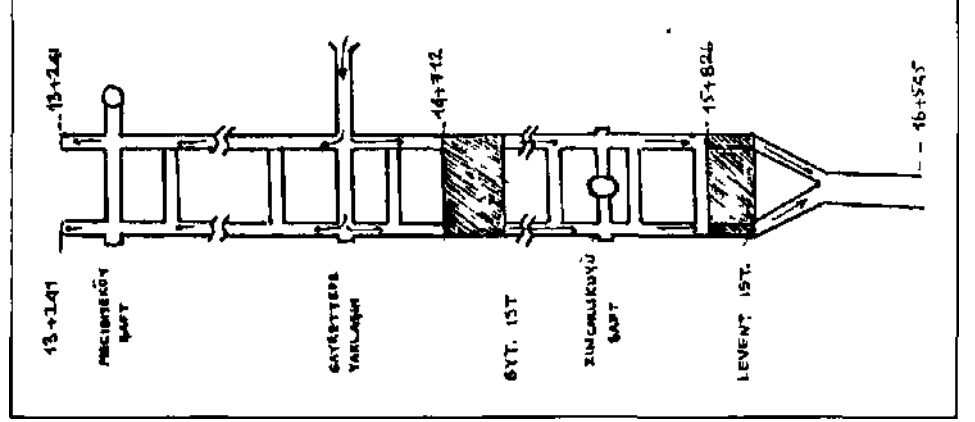
1. Ayna çalışması kesintisiz devam ettirilebilmektedir. Böylece kazı işinin bitirilmesi üst yan kazısı ile özdeşleşmektedir.
2. Aynadan tamamen bağımsız olarak alt yarı kazı ve tahkimatı yapılabilir.
3. Ekip tek kalem işte çalıştırıldığı için motivasyon ve iş randımanı daha iyi olmaktadır.

4 - PROJEDEKİ DEĞİŞİKLİKLER:

4.1 Taban Tahkimatının Beton Yapılması:

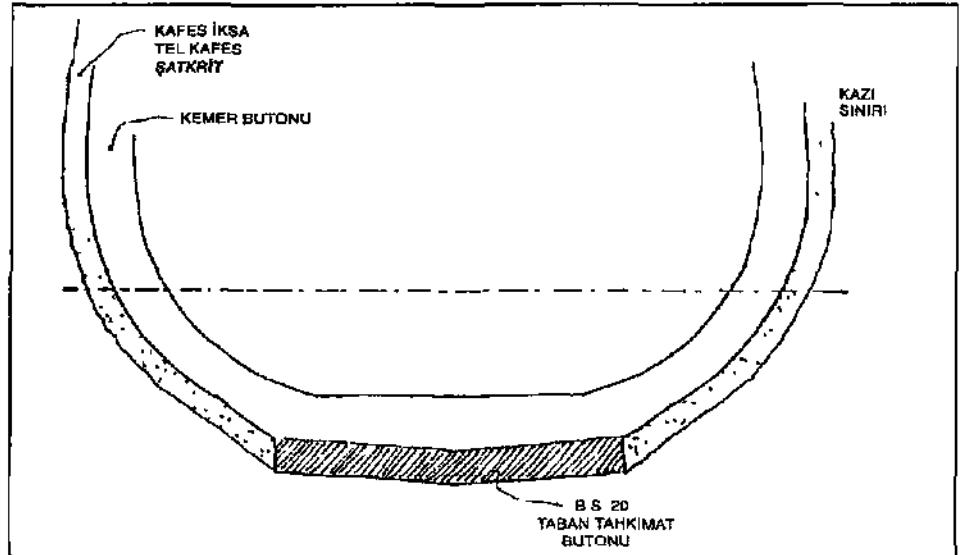
Şekil-4'de görüldüğü gibi kazı sonrası beton beslemesi, tünelin tamamına Gayrettepe yaklaşım galerisinden yapılacaktır. Projede ilk tahkimat tabanda da 20 cm püskürtme betondur. Ayrıca her tüpten drenaj havuzuna 1-1,5 lt/sn. su geliri mevcuttur. Bu mertebedeki su gelirine ilaveten püskürtme betonda lineer bir eğim verebilmek mümkün olamamaktadır. Bu durumda tabanda kısmi su gölcükleri oluşması kaçınılmaz olmaktadır. Zaten sürtünmeye karşı betona kıyasla çok da dayanıklı olmayan (gözeneklilikten) püskürtme betonu+su+serbest malzeme+araç paleti veya tekerleği ile birleşince uzun sayılmayacak zamanda tabanı aşındırarak, çukurlar oluşturacak ve püskürtme beton içerisindeki çelik hasırın açığa çıkarak lastiklerin patlamasına neden olacağı aşıkardır.

Bu durum ancak tabana dolgu yaparak Önlenebilir ki, bu da taban dolgusunun ikinci kez kaldırılması ve beton safhasında bile ciddi nakliye işleminin varlığı demektir. Ayrıca tünelin boyu ile orantılı olarak pompaj işlemi ve ekipmanı ciddi bir yekun tutmaktadır.



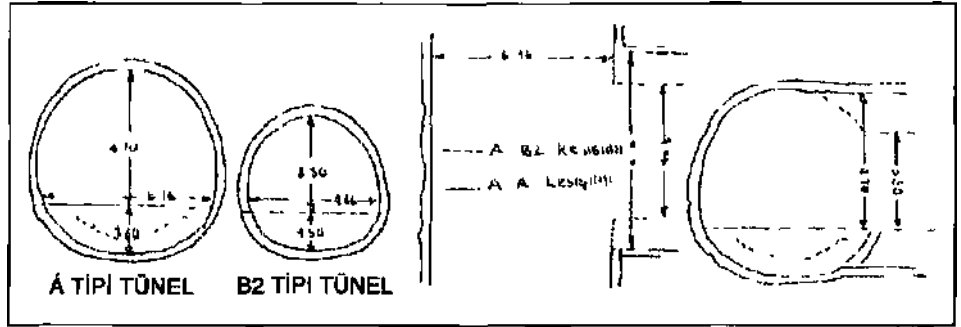
Şekil 4

Bütün bu olumsuzluklara çözüm olarak alt yarı tahkimatı sonunda alt yarı kesitine dolgu yapmadan kullanabilmek amacı ile oluşturulan ve püskürtme beton yerine BS-20 beton kullanılan kesit detayı oluşturulmuştur. Bu detay aynı zamanda iç kaplama öncesi temizliği de oldukça kolaylaştırmıştır (Şekil-5)



4.2. Bağlantı Galerilerinin Kesitinin Değiştirilmesi:

Tünel projelendirilme safhasında bağlantı galerileri B2 tipi öngörülmüştür. Ancak inşaat faaliyetleri sırasında gerek kot olarak gerekse açıklık olarak bu ölçülerdeki bağlantıların ihtiyaca cevap veremeyeceği düşüncesi ile A tipi yapılması planlanmış, önerilmiş ve uygulama müsaadesi alınmıştır.



Şekil 6.

Kullanılan ekipman için trafikte olması gereken ölçüler yükseklik minimum 4.25 m., tüpten tüpe geçişte ise bağlantı açıklığının 6 m. olması gerekliliği vardır. Şekil 6'da görüldüğü gibi bu prolem bağlantı ölçüleri değiştirilerek çözülmüştür.

5 - TAHKİMAT ÖNCESİ DURAYLILIĞIN ARTTIRILMASI ÖNLEMLERİ:

İstanbul Metrosu tünelleri inşaatında uygulanan Yeni Avusturya Tünel Açma Metoduna göre ilk tahkimat zeminin kendim desteklemesine yardımcı olması için oluşturulur. Tahkimat taşıma yeteneğini kaybetmiş kayayı taşıyamaz, ancak kayalan basınç ve kütle etkisine dayanacak duruma getirir.

Yeraltında oluşturulan boşlukların bozulmasına etki eden başlıca faktörler:

- Kayalardaki ikincil gerilmeler,
- Kayalardaki ayrışma ve kabarmalar,
- Süreksizlik düzlemlerinin uygun olmayan duruşu,
- Yeraltı suyu basıncı ve su boşalmaları,
- Kazı açıklığı olarak sıralanabilir.

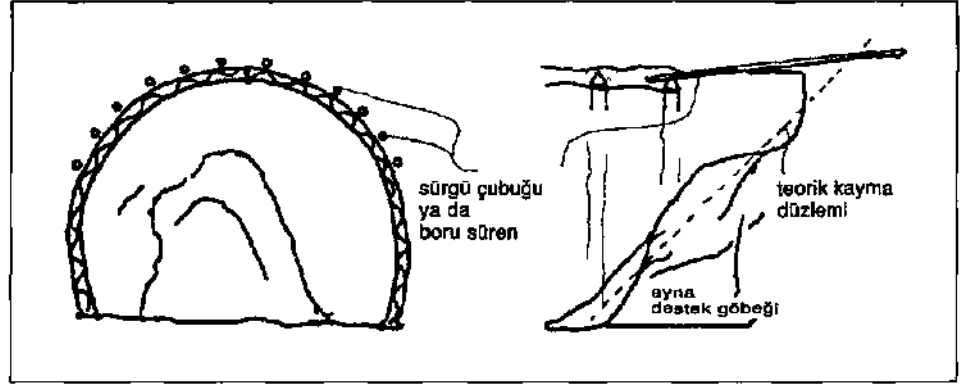
Hangi sebeple olursa olsun tüneli çevreleyen zemindeki deformasyonların, istenmeyen oturmaların, gevşemelerin ve kaya mukavemetinin azalmasına neden olmayacak kadar küçük olması gerekir.

Bu durumu temin etmek için sırası ile:

- Sürgü çubuğu veya boru süren kullanmak,
- Destek göbeği bırakmak,
- Kazı adımlarını kısaltmak,
- Kazı alanını küçültmek (Parçalı kazı)
- Ön kemer hattı inşa etmek gibi tedbirler alınmaktadır

5.1. Sürgü Çubuğu veya Boru Süren:

Teknik şartnamede tariflenmiş şekli ile sürgü çubuğu 0 26 çelikten 3 m. uzunluğunda ve çimento şerbeti ile kazı gabarisine açılan deliklere (0 41) tatbik edilen, istenmeyen kesit dışı açılmaları önleyen ön tahkimat elemanıdır



Sekil 71

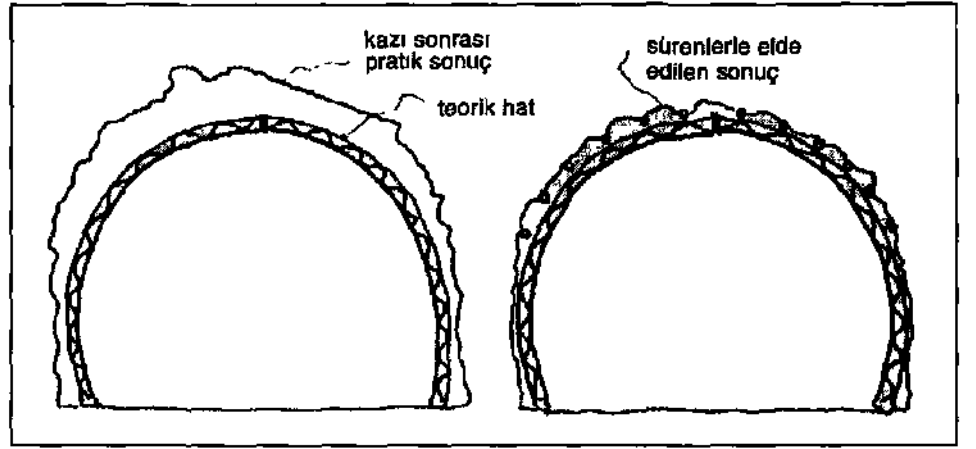
5.1. Sürgü Çubuğu veya Boru Süren:

Teknik şartnamede tariflenmiş şekli ile sürgü çubuğu 0 26 çelikten 3 m. uzunluğunda ve çimento şerbeti ile kazı gabarisine açılan deliklere (0 41) tatbik edilen, istenmeyen kesit dışı açılmaları önleyen ön tahkimat elemanıdır.

Sürgü çubuğunun uygulanmasından zamanla vaz geçilerek 3 m. boyunda 1 1/4 boru süren uygulanmaya başlanmıştır. Bunun temel üç nedeni vardır

- Enjeksiyonla sürgü çubuklarının çakılması uzun zaman almaktadır
- Sürgü çubuğu tatbikatından sonra kazıya başlandığında şerbetin priz olmamasından ötürü istenilen sonucun elde edilemeyeşi.
- Borunun mukavemetinin daha iyi olması.

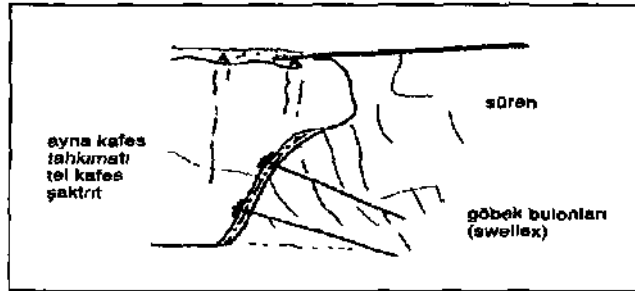
Tünel çevresindeki kayacın özelliklerine göre ya lokal ya çevresel olarak tatbik edilen boru sürenlerin arasındaki açıklıkta gene çevre kayacın duraylılık özelliklerine bağlı olarak 20-40 cm. arasında olmaktadır. Boru sürenlerin son konan çelik iksa ile aynadaki ana kaya arasında kiriş gibi çalışarak çevre kayacın duraylılığını arttırmaktadır. Boru sürenin ne kadarlık kısmının zemin içinde kalması gerektiği ise tamamen tünel aynasındaki kayacın duraylılık durumuna ve bunun uzantısı olarak tünel aynasında oluşacak kayma düzlemine bağlıdır. Boru sürenin iş görmesi bu kayma düzleminin ar- kasındaki emniyeti bölgeye basması ile mümkündür.



Şekil 72

İstanbul Metrosu tünel kazılarında süren tatbikatı sonrasındaki ilk iksa kazısında ciddi hiçbir boşalma olmamıştır. Sınırlı sayıda boşalmalar hep süren tatbikatı sonrası ikinci iksa kazılarında olmuştur. Bu da sürenlerin aynada oluşan kayma düzleminin arkasına geçemediğini, başka bir deyişle sürenin zeminin içinde kalan kısmının kafi olmadığını göstermektedir (Şekil-7)

5.2. Destek Göbeği:



Şekil 8

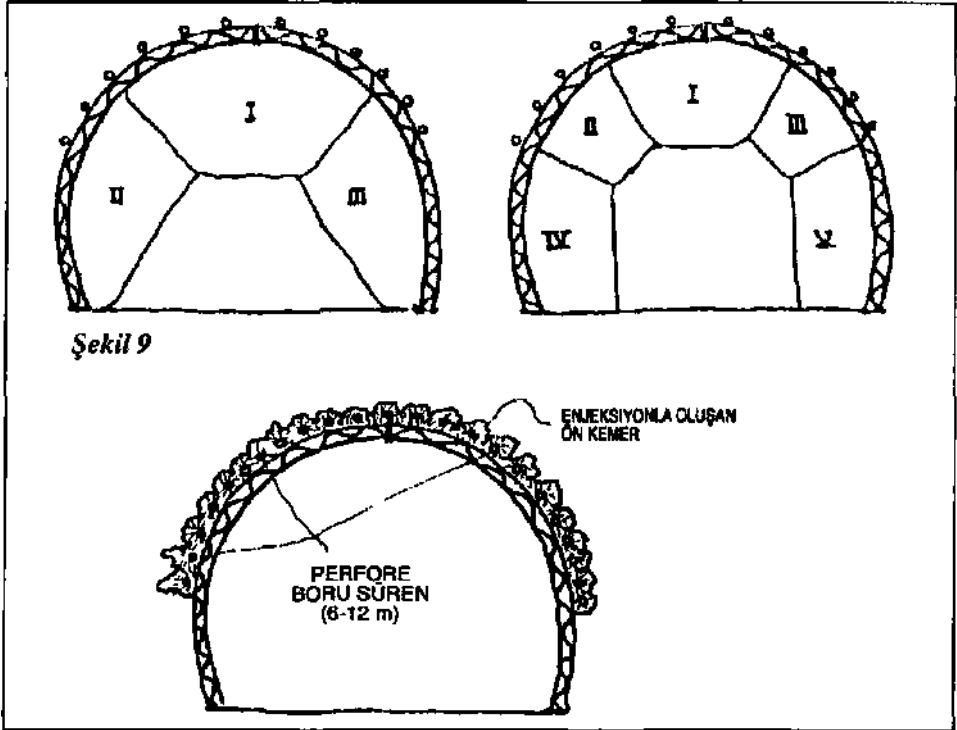
Tünel aynasından tünel içine doğru herhangi bir sebeple kayma olasılığının belirmesi durumunda çevresel kazı yapılarak ana kaya destek göbeği olarak bırakılır. Zeminin çok problemlili olması durumunda destek göbeği püskürtme beton, çelik hasır ve bulon (swellex) ile güçlendirilir. (Şekil-8)

5.3 Kazı adımlarını Kısaltmak:

Kazıdaki başarıda en önemli paylardan birisi ilerleme mesafesini ayarlayabilmektir. Bu şekilde 3 boyutta gerilmenin değiştiği bölge kısalmış olur

5.4. Kazı Alanını Küçültmek:

İlerleme mesafesinin kabul edilir minimum aralığa indirilmesine karşın duraylılıkla hala problem var ise kazı parçalı olarak yapılır ilk parçasının tahkimatı bitince (sürenlere bağlanan çelik hasır ve püskürtme beton) diğer parçaların kazısına geçilir Bu şekilde kazı tamamlanınca çelik iksa yerleştirilir (Şekil-9)



Şekil 9

Şekil 9.a

5.5. On Kemer Hattı İnşaaı:

Ayna kazısından önce tünel gabarisinde konstrüktif bir beton kabuk oluşturarak emniyetli şekilde tünel açmak mümkün olmaktadır (şekil 9.a)

Özetleyecek olur isek zeminin tahkimat öncesi duraylılığını arttırabil-
mek amacı ile iyiden kötüye doğru şu tedbirler alınır Her durum kendis-
inden önceki tümünün uygulanmasını gerektirir

Boru süren çakılır.

Boru sürenin sayısı artırılarak araları sıkılaştırılır.

Destek göbeği bırakılır

Boru sürenler her iksada çakılır.

İlerleme mesafesi azaltılır

Destek göbeği tahkim edilerek gclendirilir.

Parçalı kazı yapılır

n kemer hattı inşaaı.

6 - TÜNELDE YAşANAN KAYA BOşALMASI VE ÇÖZÜMÜNE İKİ ÖRNEK:

6.1. Gayrettepe yaklaşımı H2T ana tüneli 14+382 60'da iksa ayak kazısı esnasında kazının sol omuzdan başlayıp tavana doğru yükselen bölümünde hareket başlamıştır.

İlk tedbir olarak zeminin hava ile temasını kesmek üzere çıplak y-
zeye püskürtme beton atılmıştır. Buna karşın hareket devam etmiş ve ta-
van bölgesinde boşluk - 3-4 m yükselmiş ayrıca düşen malzeme boyutları
da büyümüştür Bu durumda aynanın kapatılmasına karar verilerek kepçe
ile aynadaki ve çevredeki pasa aynaya sıkılaştırılarak kapatılmıştır.
(şekil-10a)

İkinci aşama: Kapatılan ayna yüzeyi boru, elik hasır ve püskürtme
betonu ile desteklenmiştir. (şekil-10b)

nc aşama: Yüzeyden boşluğu bulacak şekilde 2Ad. 0 110 mm
delikler açıldı. Delikler 13 m.'de boşluğu girdi. Deliklerin birisinden 0-5
kum+imento+su'dan oluşan karışım akıtıldı, diğer delik hava tahliye de-
liği olarak değerlendirildi. Bu şekilde 32 m³ karışım boca edildi.
(şekil-10c)

Dördüncü Aşama: 1 ad. 0 110 mm'li kontrol deliği delindi. Su oranı-
nın yüksek olması nedeni ile çökelme olacağı varsayımı ile delinen bu de-
likten 6 m³ karışım daha boca edilerek boşluk dolduruldu.

Beşinci aşama : Tünel çevresinde 40 cm ara ile delinen deliklere
6 m. uzunluğuunda ilk 1 m.'si perfore 1 1/4 boru sürülüp boru ile delik
evre-si sızdırmayacak şekilde açıldı ve borulardan /S=7/5 oranında
enjeksiyon şerbeti basıldı. Toplam 16 boru içerisinden zemine 27 m³
şerbet enjekte edildi. (şekil-10d)

Altıncı aşama: Aynada parçalı kazı yaparak 4 parçalı iksa sırası ile önce üstteki 1 ve 2 no lu parçalar yerleştirilerek 2 m. ilerlendi. Daha sonra üstteki her adımla birlikte I takımında 3 ve 4 no'lu iksa parçaları yerleştirilerek 50 cm aralıklı iksalardan 10 takım yerleştirilmiştir. Bunlardan 4 takımı ana kayaya konmuştur. (Şekil-10e)

Yedinci aşama: Aynadaki zeminin yeni boşalmalara eğilimli olmasından ötürü, böylesi her durumda boşalma bölgesinin riske olmaması için ayna ilerlemesi durdurulup geçilen bölgede zemin ıslahı enjeksiyonuna başlamasına karar verilmiştir. 14+382 / 14+374 50 m'leri arasında

Delik boyu=4 m.

Sıralar arası= 1.5 m.

Delikler arası=1.5 m.

ve şaşırtmalı olacak şekilde bir patern oluşturularak $C/S=7/5$. Refü basıncı =2

Atmosfer olacak şekilde konsolidasyon enjeksiyonu yapılmıştır. Bu çalışmada 46 m^3 şerbet enjekte edilmiştir

Bu işlemlerden sonra aynada normal kazıya devam edilmiştir. Gerek ayna kazısının devamında, gerekse o bölgedeki alt yarı yazısında herhangi bir sorun çıkmamıştır

6.2. Mecidiyeköy Gayrettepe arasında H2* de alt yan kazısı esnasında üst yan destek sistemi tahri olarak kaya boşalması meydana gelmiştir (Şekil-İla)

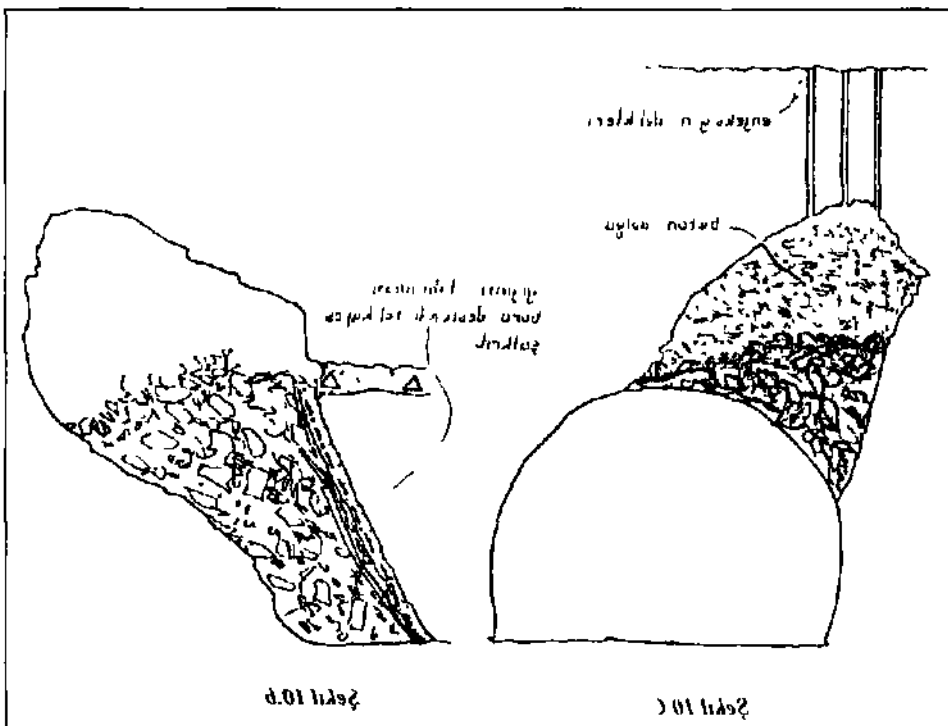
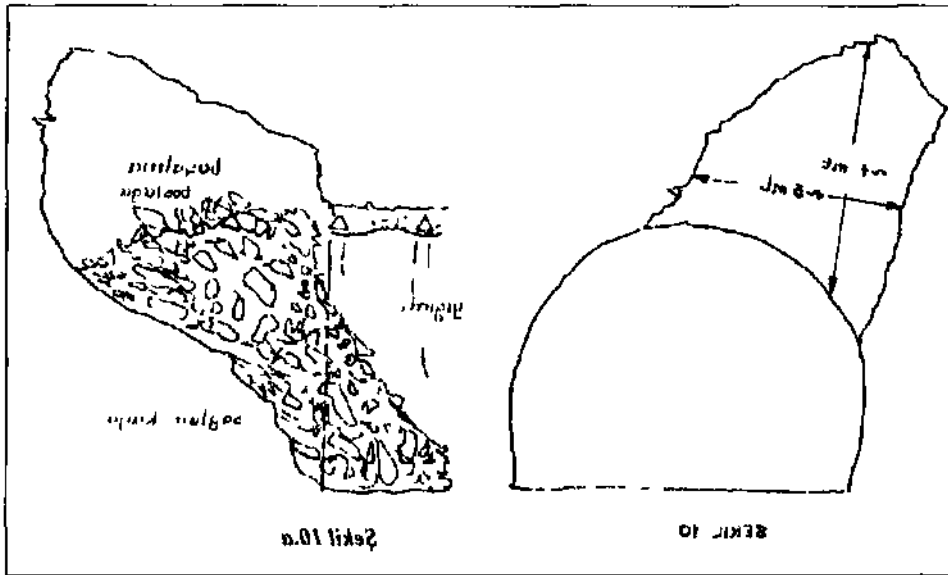
Boşalmaya neden olan olay bulonlarında içinde kaldığı kütlelerin kayma düzlemleri ile serbest yük haline gelmesi ve tahkimat kabuğunun bu yükü taşıyamamasıdır. Bunun sonucunda 5 adet iksa yaklaşık bağlantı flanşı çevresinden koparak bulonlar ve tahkimat kabuğu ile birlikte ayrılarak düşmüş ve bunun sonucunda 140 m^3 'lük bir boşalma meydana gelmiştir. 13+829 80-13+820 50 m'leri arasında meydana gelen göçük ile ilgili temizleme ve tahkimatta şu işlem sırası takip edilmiştir

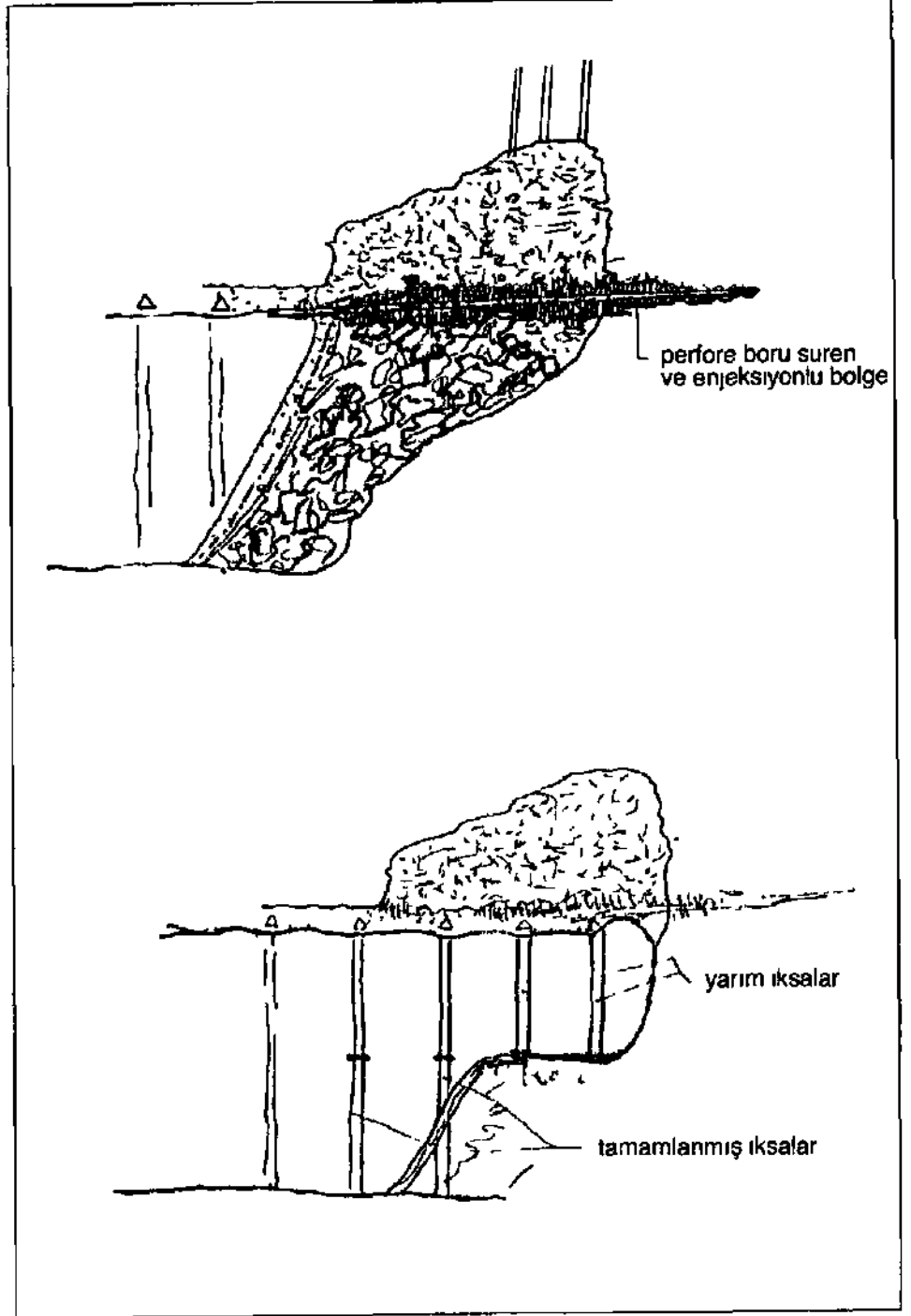
Birinci Aşama: Boşalan bölgenin yüzeyine ön püskürtme betonu atılarak emniyete alınmıştır. Arkasından zemin yüzeyine çelik hasır bağlanarak tekrar püskürtme beton ile kapatılmıştır (Şekil-11 a)

İkinci Aşama: Parça iksalar ile (7 Ad.) sağ taraftaki sağlam tahkimat kabuğu ana kayaya irtibatlandırıldı. Parça iksaların önünden e arkasından çelik hasır bağlanarak püskürtme betonu atıldı. Böylece boşalma bölgesi boşluğunu doldurmak için 20 cm. kalınlığında betonarme kalıp oluşturmaktadır (Şekil-11b).

Üçüncü Aşama: Parça iksalar ve çelik hasırın oluşturduğu kalıbın arkasındaki boşluk püskürtme beton ile dolduruldu.

Dördüncü Aşama: Parça iksa konan e doldurulan bölüm kendi delen bulon ile blonlanarak ana kayaya fiks edildi. (Şekil-11c)





Beşinci Aşama: Parça iksaların tabanından itibaren üst yarı taban kotuna inecek şekilde 2'şer metrelik anolar şeklinde açılarak çelik hasır ve püskürtme beton atıldı ve kendi delon bulonlarla bulonlandı. Kendi delon bulon kullanılmasının nedeni açılan deliklerin zeminin altere olmasından dolayı hemen tıkanmasıdır (Şekil-11 d)

Altıncı Adım: 2'şer metrelik anolar şeklinde alt kısım açılarak ring kapatıldı ve üstten gelen bulon sırası alt yarıda da devam ettirildi. (Şekil-11 e)

Bu iki ilginç örneğin dışında yer yer küçük çaplı blok düşmesi veya kaya boşalmaları da olabilmektedir. Bu tip durumlarda boşluğun çok iyi doldurulması gerekmektedir. Bu amaçla uyguladığımız yoluşbu şekilde aşamalandırmak mümkündür

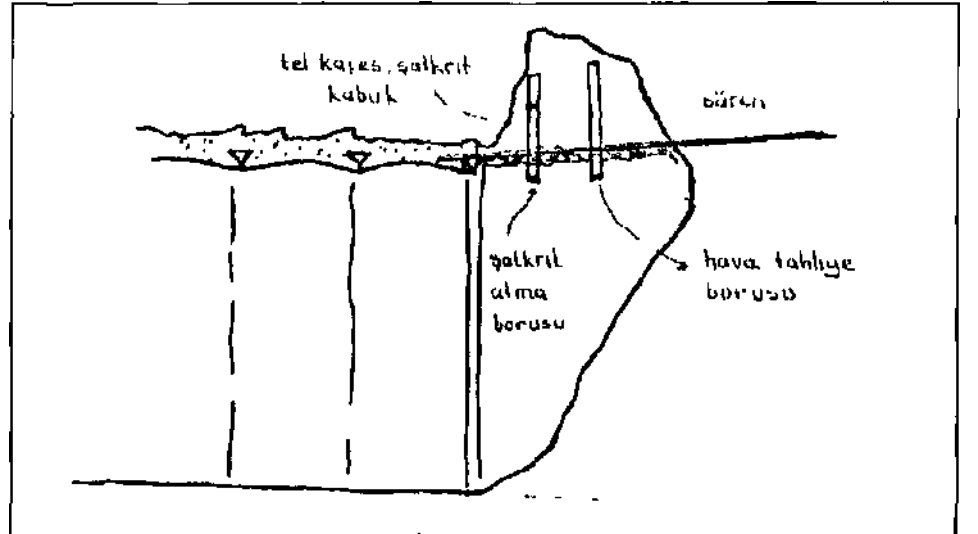
Birinci Aşama: Son iksa ile ayna arasında (aynaya ve iksaya basacak şekilde) boru (1 1/4) sürenlerden bir çelik kaburga oluşturmak (Şekil-12)

İkinci Aşama: Sürenlerin üstüne ve altına olacak şekilde ve göz açıklığını daraltır biçimde iki kat çelik hasır bağlaması.

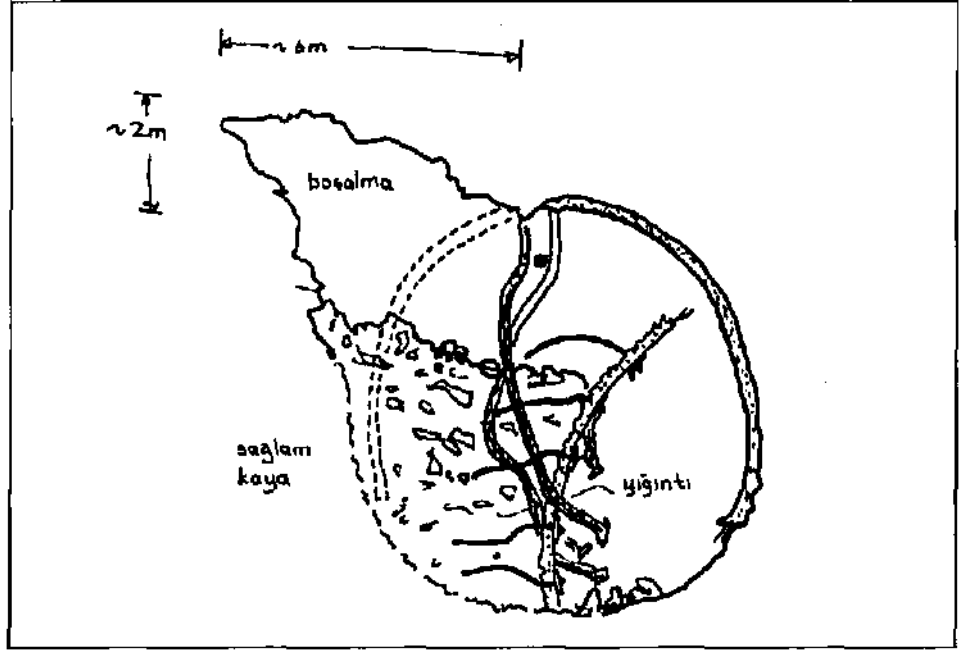
Üçüncü Aşama: Oluşturulan bu çatıya fişlenecek ve boşluğu sonuna kadar doldurabilecek konumda 2 Ad. 4 boru bırakılır.

Dördüncü Aşama: Sürenler ve çelik hasarlardan oluşan kaburga püskürtme beton ile betonarme kabuk oluşturulur. Bu kabuğun diğer görevi üzerindeki boşluğun doldurulmasında kalıp vazifesi görmesidir

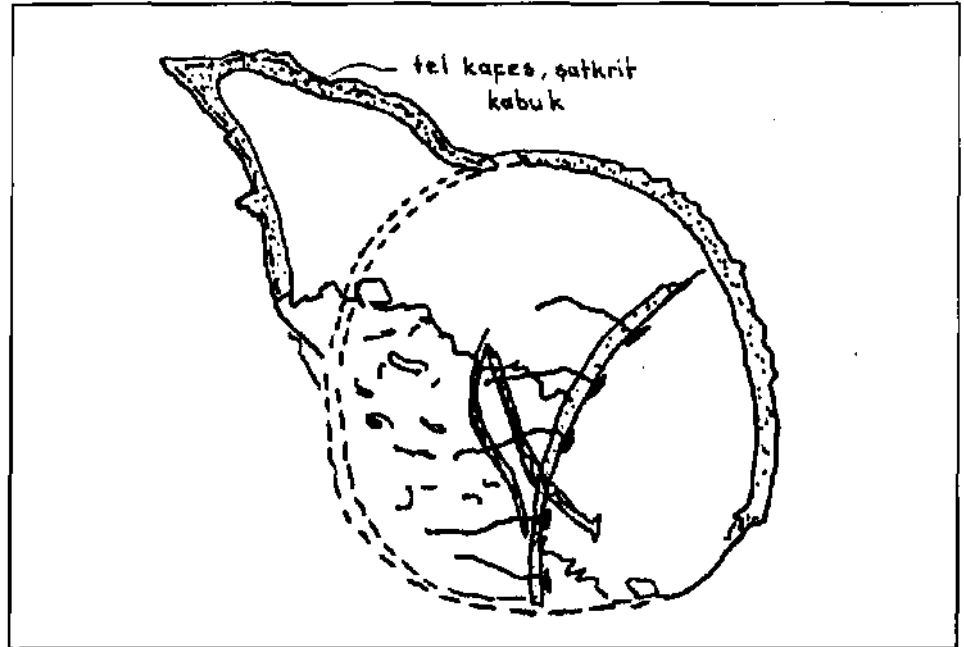
Beşinci Aşama: Bırakılan borulardan birisinden püskürtme beton sulu şekilde püskürtülüp diğer borudan havanın tahliyesi temin edilir Ha-



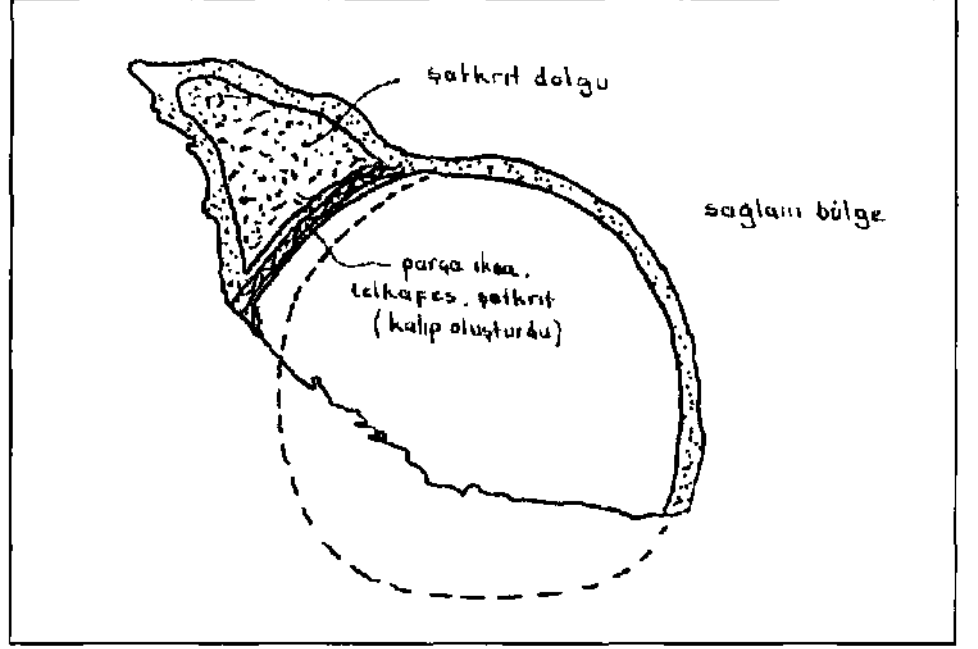
Şekil 12



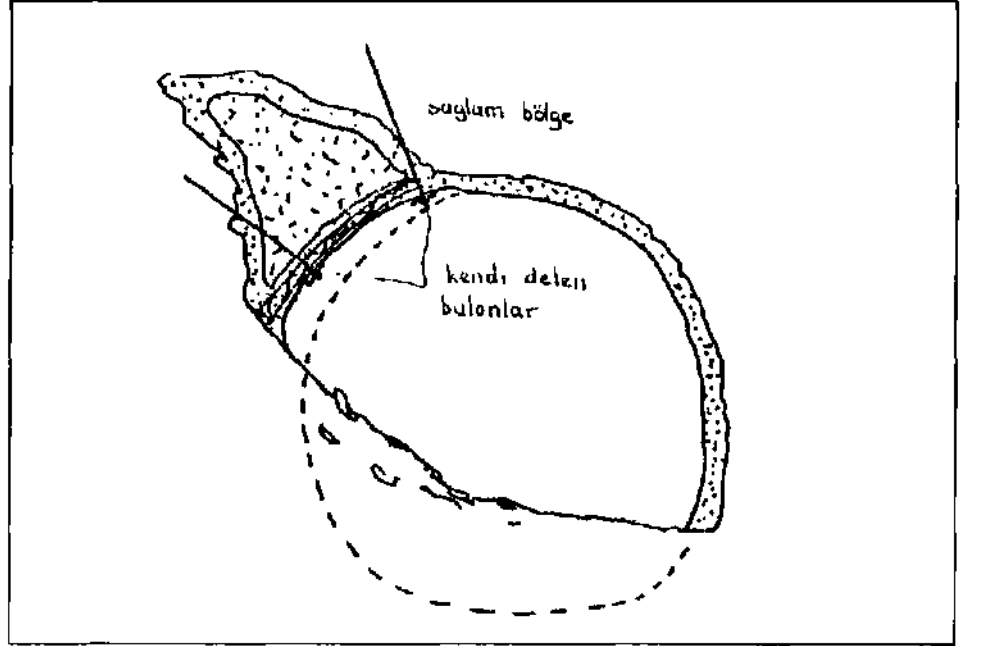
Şekil 11



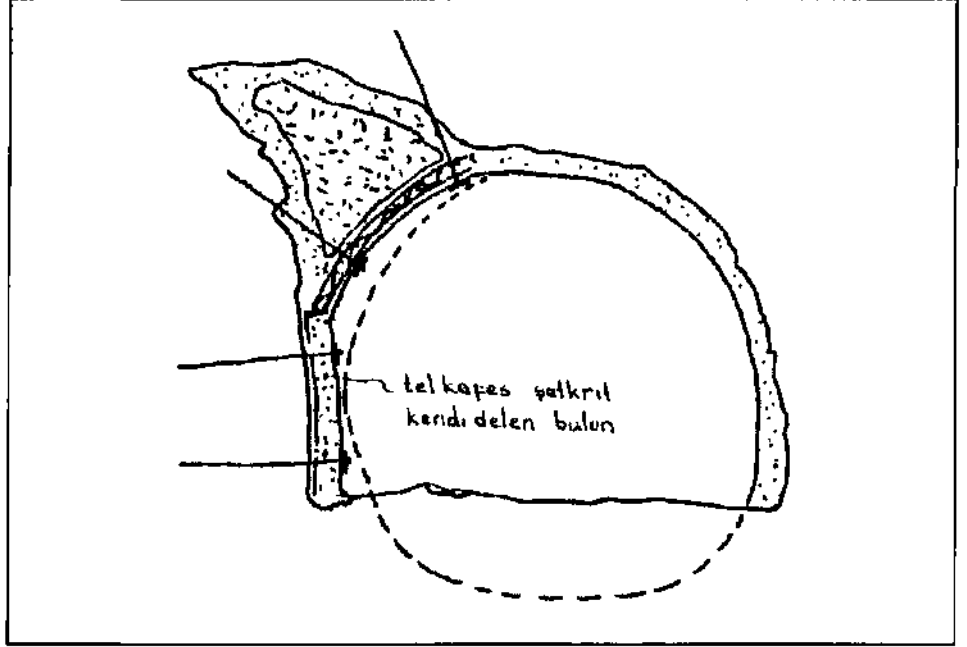
Şekil 11.a.



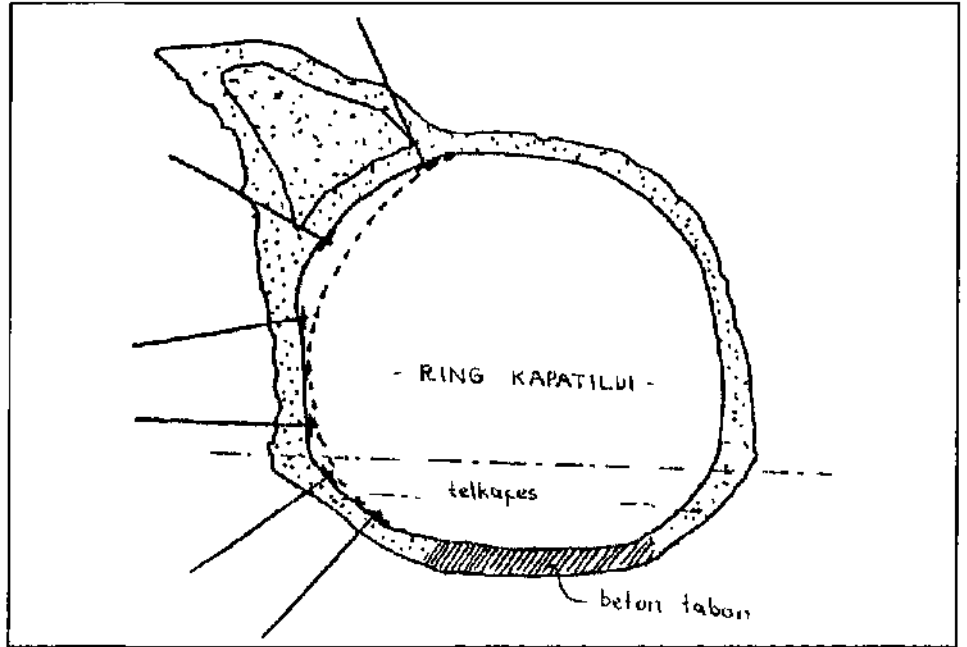
Şekil 11.b.



Şekil 11.c



Şekil 11 d



Şekil 11 e

va tahliye borusuna gelince işlem durdurulur. Boşluğun püskürtme betonu ile doldurulması tamamen elde malzeme ve ekipmanın hazır olmasındandır. Amaç ise boşluğun doldurulmasıdır. Bu amaca ulaşılacak her yol çözümdür.

Sonuç olarak kazıda başarı,

- a) Uygun zamanda tahkimatını yapacak bölümü açmakla,
- b) Açık kalan yerin tahkimata kadar duraylılığını sağlamak amacı ile gerekiyorsa yardımcı elemanlarla direncini artırmakla,
- c) Tahkimat elemanlarını ana kayaya mümkün olduğunca fiksleyerek zemin ile tahkimat arasında boşluğun kalmaması açısından zorunluluktur. Geni kalan kısım tamamen yapımcı insanların becerisiyle doğru orantılıdır.