

İSTANBUL METROSUNDA UYGULANAN YVPİM ÇALIŞMALARI

Mehmet SONUÇ (*)
Kubilay GİRAY (*)
İrfan ATİK (*)
Sami KÜÇÜK (**)

ÖZET

İstanbul Metrosu Tüneller inşaatındaki kazı ve tahkimatın anlatıldığı bu makale; "KAZI, PASA, TARAMA, İKSA KURMA, ŞATKRİT, BULON ve SÜREN" döngüsüne göre sistematize edilmiştir. Döngü içerisindeki her adım; proje şartları ve jeolojik koşullara bağlı olarak değişen bir çalışmayı gerektirmiştir.

Çalışmada; tünelciliğin seri bir üretim olduğunu unutmadan, bu pratiğin geniş bir dökümü ortaya konmaktadır.

1- GİRİŞ

İstanbul'un kentiçi ulaşım problemine geç kalınmış, en uygun çözüm olarak görülen İstanbul metrosunun Taksim - 4. Levent arasında yer alan ve Taksim, Harbiye, Osmanbey, Şişli, Gayrettepe, Zincirlikuyu güzergahında işleyecek olan 1.Aşama'sının tünellerinin kazı+destekleme çalışmalarının pratik uygulamalarını vermeyi amaçlayan bir çalışmadır. Daha sonraki uygulayıcılara NATM tünelciliğinin İstanbul metrosundaki uygulamaları hakkında fikir verilmesi amaçlanmıştır.

{*} Maden Mühendisi, İstanbul Metrosu inşaatı, TEKFEN

{**} Maden Mühendisi. İstanbul Metrosu inşaatı, ÖZGÜN İNŞAAT

2- TANITIM:

İstanbul metrosu gidiş ve dönüş için birbirinden özel bölgeler, (Makaslar hariç) iki ayrı tünel olarak açılmaktadır Tüneller, A (ana hat tünelleri) P (peron tünelleri), T (makaslar) ve B (bağlantı tünelleri) olmak üzere dört ana (ayrı) tünel tipi şeklindedir Toplam tünel uzunluğu 12933 m.'dir Ana hat tünellerin kesit alanı 36 m^2 , peron tünellerin kesit alanları 64 m^2 ve makasların kesit alanı ise 100 m^2 'dir Bağlantı tipi tüneller, yapım çalışmalarında rahatlama (iş makinalarının boyutları ve manevraları) sağlanması için 36 m^2 kesitli olarak / (Atipi) açılmıştır.

Metro güzergahında ayrıca Taksim, Osmanbey, Şişli, Gayrettepe, 1. Levent olmak üzere, toplam beş tane istasyon inşaatı yapılmaktadır Şu anda, Şişli İstasyonu hariç, diğer istasyonlarda, kazı çalışmaları büyük oranda bitirilmiş olup, bina inşaatlarına başlanmış durumdadır

3- JEOLJİ:

Metro güzergahındaki jeolojik yapı, karboniferyer yaşlı Trakya Formasyonudur

Formasyon genel olarak kumtaşı, silttaşı, kıltaşı ve çamurtaşı birimleri ile bunların ardalanmasından oluşmaktadır Formasyon içerisinde kalınlıkları genelde 2-3 m. olan ve nadiren 50-60 m.'ye ulaşan (Zincirlikuyu - Gayrettepe arasında şu anda bu kalınlık 60 m.'yi aşmış durumda ve halen devam etmekte) diabaz ve andezit bulunmaktadır Çoğunlukla ileri derecede ayrılmış olan (2 m. - 3 m. arasında kalınlığa sahip sokulumlar) bu mağmatik sokulumlar kazı sırasında fazla zorluk çıkarmamaktadır (Ancak Gayrettepe ve Zincirlikuyu tünellerinde kalınlıkları 10 m.'yi aşan bir mağmatik oluşumlar Jack-hammer ile kırılmamış ve bu bölgelerde kısmi patlama uygulanmıştır).

Kiltaşları ve çamurtaşları jeolojik hareketlerden aşırı derecede etkilenmiş, daha rijit olan kumtaşları nispeten daha az etkilenmişlerdir (Kazılabilirlik ve stabilité -duraylılık- açısından.)

Yayınlarda sıkça üzerinde durulduğuhalde şu ana kadar yapılan kazılarda büyük ölçekli faylar görülmemiştir.

Gerek araştırma sondajlarında ve gerekse kazılarda yapılan gözlemlere göre RQD % 0 % 50 arasında değişmektedir

Güzergahtaki yeraltı su seviyesi topoğrafik yapıya bağlı olarak Taksim ve 4. Levent bölgeleri hariç yüzeyden itibaren 10 m. derinliktedir Tünellerde su geliri oldukça azdır Su geliri kendisini nemlilik, sızma, damlama ve bazen de akma şeklinde göstermektedir

Kazı çalışmaları sırasında yer yer eski (yeraltında tünel şeklinde açılmış) su yollarına da rastlanmıştır

4-YÖNTEM:

İstanbul metrosu 1. Aşama Tünelleri "tüm Avusturya Tünel açma anlayışıyla açılmaktadır. Bilindiği gibi bu anlayışın ana kabulleri vardır. Burada bunlara kısaca değinmekte fayda vardır

Bu yöntemin en önemli ilkesi; kayanın mukavemetini korumak ve harekete geçirmek; tünel çevresindeki kayada kendini destekleyen genişçe bir halka oluşturmaktır. Bunun için ilk iksa zemininin kendisini desteklemesine yardımcı olması için oluşturulur. Bu görevini tatmin edici bir şekilde yerine getirmesi için, ilk iksanın, uygun bir yük deformasyon özelliğinin olması ve tam zamanında yerleştirilmesi gerekir.

İkinci önemli ilkesi, tüneldeki deformasyon 1 arın ve iksada biriken gerilmelerin ölçülmesidir. Buradan elde edilen veriler yapımcıya yeni ufuklar vermektedir.

Üçüncü önemli özellik, yapımcı ile işin sahibi arasında anlayış birliğinin sağlanması gereğidir

Dördüncü önemli özelliği ise her türlü tünel şartlarına uygun olmasıdır

Ayrıca aynı tünel içerisindeki değişik şartlar için büyük bir uygulama kolaylığına sahiptir

5- TÜNEL TİPLERİNİN TANITIMI:

Başlangıçta değinildiği gibi İstanbul metrosu içerisinde yer alan tüneller üç ana grupta adlandırılmışlardır. Bunlar,
Atipi (36 m² yüzey alanlı) Ana hat tünelleri,
P tipi (64 m² yüzey alanlı) Peron tünelleri,
T tipi (100 m² yüzey alanlı) Makas tünelleri,
metro tünelleri yapım şekli (kazı+taahkimat) açısından ise üç grupta isimlendirilmiştir. Bunlar :

A3 sınıfı: Binaların altından geçen bölümler,

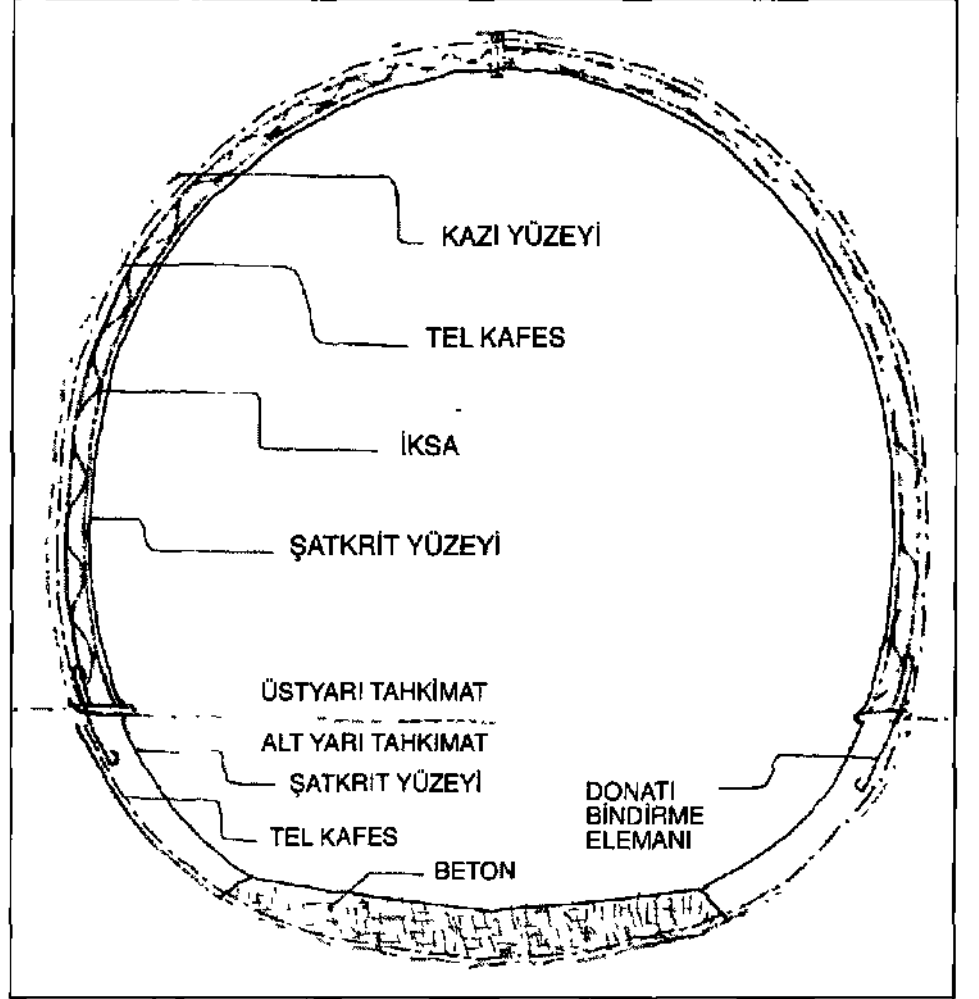
A2 sınıfı: Yolların altından geçen bölümler.

A1 sınıfı: Boş olan ve yapılaşmanın olmadığı bölgeler

Ancak tünel kazı çalışmaları sırasında bu sınıflar sıklıkla yer değiştirmişlerdir. Bu değişimdeki en büyük etken, tünelde bir adımlık (0,80 m. - 1,50 m.) kazı yapıldığında kayanın gösterdiği davranışlar olmuştur. Tünel tiplerine bağlı olarak taahkimat elemanlarının niteliğinde bir değişiklik olmamakta, sadece nicel (sayısal) değişiklik ve kazıda değişiklik olmaktadır

6- KAZI ÇALIŞMALARI VE DESTEKLEME:

Metro tünellerinde kazılar (başlangıçta Taksim tünellerinin bir kısmında kesicikafa (Roadheader) kullanılmasına karşılık esas olarak eskavator-

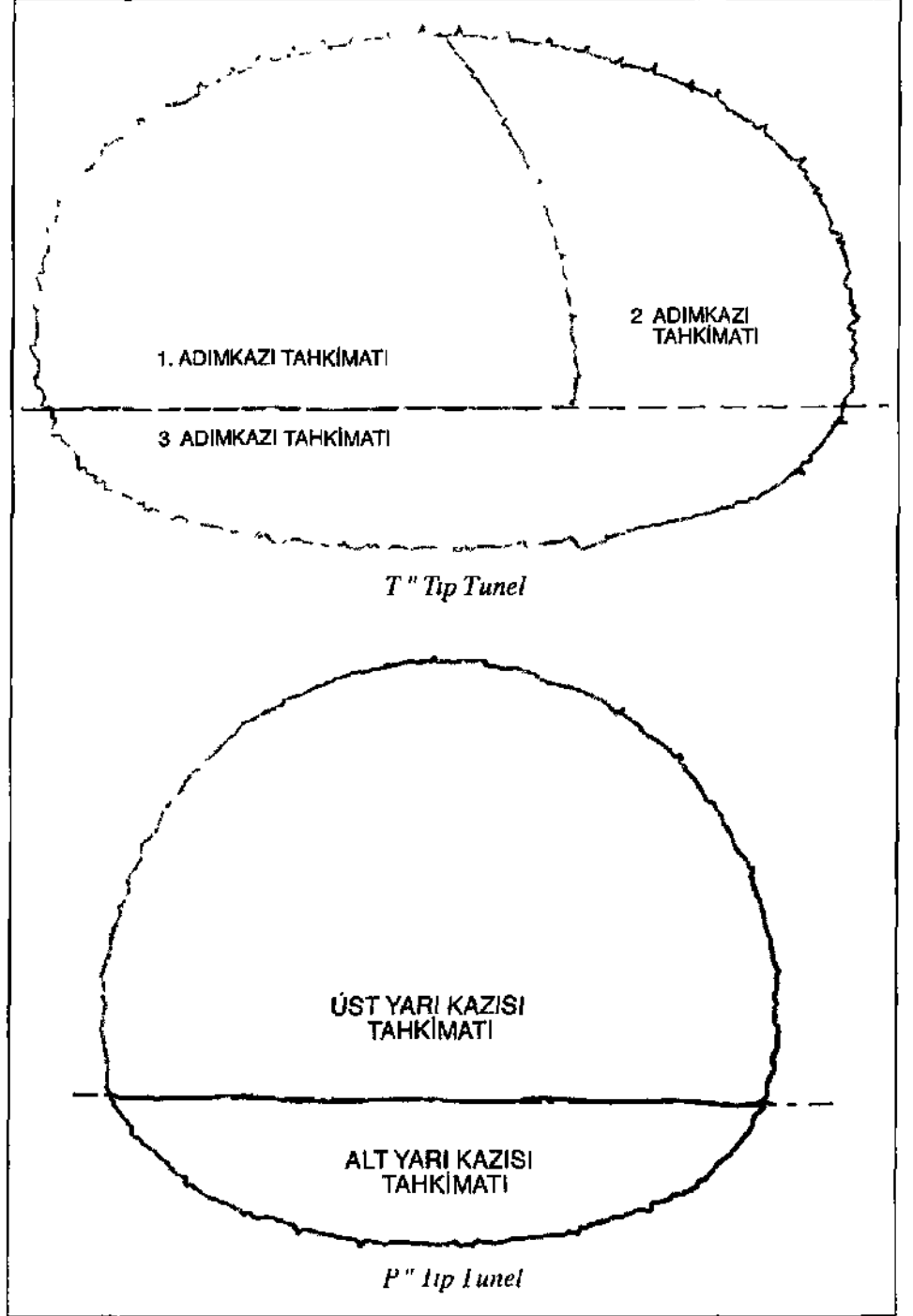


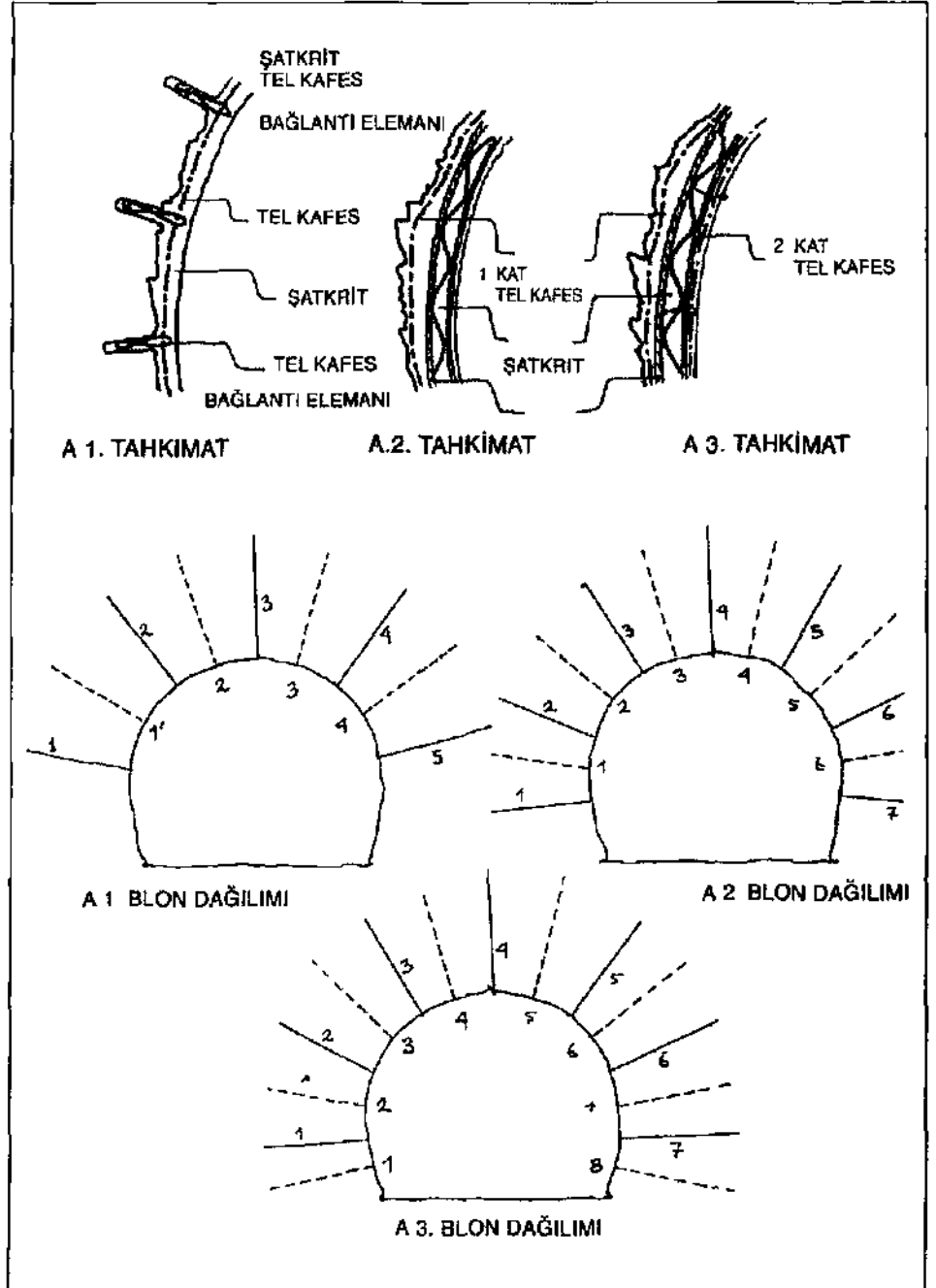
A " Tıp Tünel ve Tahkimatı

lerin üzerine monte edilen kinci tabancalar ile (Jac-hammer) yapılmaktadır

Kazılarda iki ayrı büyüklükte (ve manevraları farklı) eskavatör ve bunlara bağlı olarak da iki ayrı büyüklükte (kapasitleri farklı) kırıcı tabanca kullanılmaktadır. Bunlara ileride değinilecektir

Tünellerde kazı çalışmaları esas olarak iki kısma ayrılarak yapılmaktadır. Bunlar üst yarı ve alt yarı olarak isimlendirilmektedir Ancak T tipi tünellerde kesit alanının fazla büyüklüğünden dolayı 100 m² ve genişlik 12,36 m.) üst yarı kazısı kendi arasında iki aşamalı olarak yapılmaktadır.





6.1. Kazı ve Destekleme Çalışmaları:

A tipi tüneller 36 m² kesit alanlı olarak iki kademede açılmaktadır. Toplam (iki hattın) uzunlukları 10,176 m.'dir, kazı üst yarı (28 m²) ve alt yarı (8 m²) olarak iki kısımda yapılmaktadır

Üst yarı kazıları Montabert 625 kırıcı tabanca (eskavatöre) takılı ve Montabert 250 ile yapılmaktadır Genel olarak ana kazı Montabert 625 ile yapılmaktadır Kazı çalışmaları bittikten sonra teorik hattın içinde kalan kazılmamış kısımlar Montabert 250 ile (tarama) yapılmaktadır. Bu işlem çalışanlar tarafından "tarama" olarak isimlendirilmektedir.

Kazı sonrası çıkan pasa malzemesi, yandan açılıp-boşaltma yapan (yan-kovalı) paletli kepçeler yardımıyla kamyonlara yüklenmek suretiyle veya bazen de doğrudan lastikli ve/veya paletli kepçe tarafından ayna gerisindeki depo alanlarına taşınmak suretiyle sağlanmaktadır.

Zeminin (kayanın) duraylılığına (ve su durumuna) bağlı olarak A-2 ve özellikle A-3 kazı-destek sisteminde aynada göbek bırakılmaktadır. Göbeğin, genişliği, yüksekliği ve uzunluğu kaya durumu, makinanın çalışma alanı ve işçilik kolaylığına bağlı olarak değişmektedir Ancak ana belirleyici etken kayanın duraylılığı teşkil etmektedir A-1 yapı şeklinde ise göbek bırakılmamaktadır

Göbek; makinanın çalışmasını zorlaştırmakta ancak özellikle shotcrete işleminde shotcrete atımı için platform görevi gördüğünden faydalı olmaktadır.

Tahkimat elemanı olarak, kafes iksa, (2 adet T 20 ve 1 adet T 26'lık nervürlü çelik ile bunların arasındaki bağlantıyı sağlayan elemanlardan oluşan üçgen kesit) 221x221 Tik hasır çelik, shotcrete ve bulon kullanılmaktadır.

A-1 kazı+destek sisteminde kafes iksa kullanılmamakta, sadece bir kat tel kafes, 10-15 cm kalınlıkta shotcrete ve bulon (4-5 düzenli aralıklarla) kullanılmaktadır.

A-2 kazı+destek sisteminde kafes iksa, bir kat hasır çelik, 20 cm shotcrete, ve bulon (6-7) kullanılmaktadır

A-3 kazı+destek sisteminde kafes iksa, iki kat hasır çelik (bir kat ıksanm arka yüzeyine, bir kat ön yüzeyine) 20 cm shotcrete ve bulon (7-8) kullanılmaktadır.

Alt yarı kazıları 5 m.lik uzunlukta ve tek kademede yapılmaktadır. Tahkimat elemanı olarak hasır-çelik ve püskürtme betonu kullanılmaktadır Üst yarısı A-3 tipinde yapılan kesimlerde de çift kat tel kafes kullanılmaktadır.

Alt yarı kazısı yer yer zeminin durumuna bağlı olarak şaşırtmalı olarak da yapılmaktadır Bu durum genelde A-3 bölgelerinde uygulanmaktadır.

P tipi tünellerdeki kazı sırası ve destekleme elemanları ile A tipi tüneller arasında bir farklılık yoktur Aynı yöntem kullanılmaktadır

P tipi tünellerin toplam uzunluğu 1.096 m.'dir

T tipi tüneller 100 m² kesit alanlı, üst yarı bölgesinin tabanındaki genişlik 12.36 m.'din Bu kesimde üst yarı ikiye ayrılmakta, önce 8.21 m. genişliğinde bir tünel açılmakta ve tahkimat yapılmaktadır Daha sonra tünel tek tarafından 12.36 m.'ye genişletilmekte ve genişletilen bölgenin tahkimatı yenilenerek kazı+tahkimat işlemi bitirilmektedir.

P ve T tipi tünellerde alt yarı kazıları A tipi tünellerde olduğu gibi yapılmaktadır

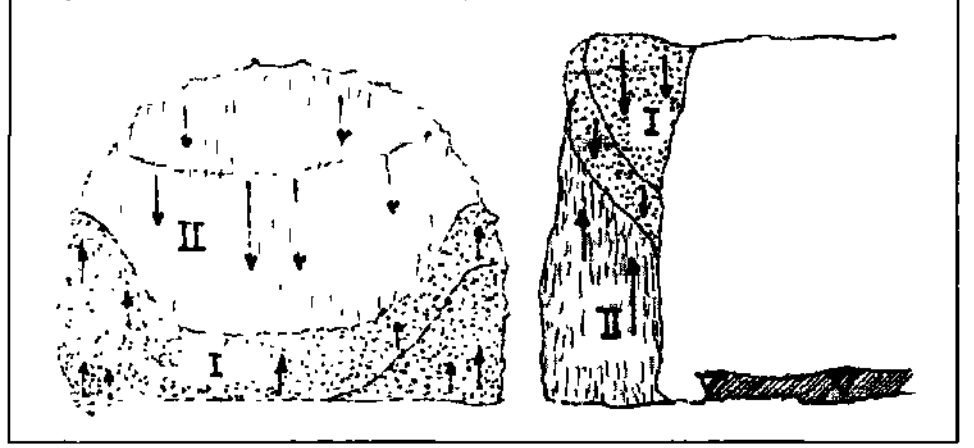
6.2. Jack - hammer ile tünel kazısında problemler:

Yeni tur kazıya girileceği zaman, ayna önünün (makina çalışma alanının) mutlaka çok iyi temizlenmesi, aydınlatılması ve havalandırılması gerekmektedir

Aynanın jeolojik yapısına uygun olarak (ve fakat mümkün ise taban çizgisinden) kazıya başlamak gerekir Kazıya başladığı noktadan, (montabert) kincinin (jack-hammer) çalışabileceği kadar geniş bir yüzeyi kazı adımı derinliği kadar açar Açılan bu boşluk, kılavuz alınarak, aynanın geri kalan kısımlarının kazılmasına devam edilir Kazı esnasında, önceki tahkimat elemanlarının zarar görmemesine Özel itina gösterilmelidir

Jack-hammer takılı eskavatör ile tünel kazmanın iki önemli zorluğu gözlenmiştir Bunlar doğrudan makinanın kendisinden kaynaklanmaktadır (Çünkü tünel şartlarını değişmez kabul ediyoruz). Bunlar; eskavatörden kaynaklanan zorluk ve jack-hammer'den kaynaklanan zorluk olarak görülmektedir Kazı adımı (bir turda açılan tünel uzunluğu) bir metreden fazla uzun olduğu zaman, kazı esnasında çıkan pasa makina ile ayna önünde bir yığıntı oluşturmaktadır Oluşan bu yığıntı doğal olarak bir hacim işgal etmektedir İşte bu hacim (yer) işgali, zorunlu olarak makina ile kazılacak ayna arasında bir yaklaşma mesafesi oluşmasına sebep olmaktadır. Bu yaklaşma mesafesinin uzunluğu eskavatörün verimini doğrudan etkilemektedir Çünkü, mesafe uzadıkça makinanın bomunun kazı yapılacak bölgeye kavuşması zorlaşmakta ve / veya kavuşsa bile bom yeni makinadan güç almakta ve/veya kavuşsa bile bom yeni pozisyonda makinadan güç alamamaktadır İşte bu durumda çoğunlukla kazı bitirilemeden eskavatör aynadan alınmakta, biriken pasa boşaltılmakta ve kazıya ikinci defa başlanmaktadır ki, bu da kazı süresinin uzamasına sebep olmaktadır Bu süre çok değişik parametrelere bağlı olduğundan ayrıntılarına girilmeyecektir

ikinci zorluk ise jack-hammer'den kaynaklanmaktadır Çünkü, kırıcı-

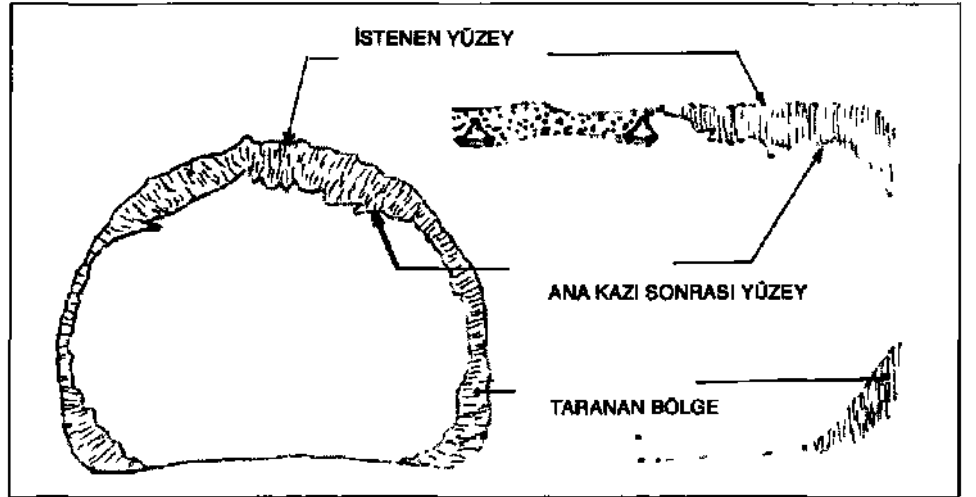


/fine/ Ekskavatörle Aynanın Kazı Aşamaları

nın kırım yapılacak yüzeye 90° (dik) açı ile darbe yapması gerektiği halde tünel kazısında bu durum hiçbir zaman sağlanamamaktadır. Bu durumda, hem kazı verimi düşmekte, hem kırıcı da çok sık arıza olmaktadır.

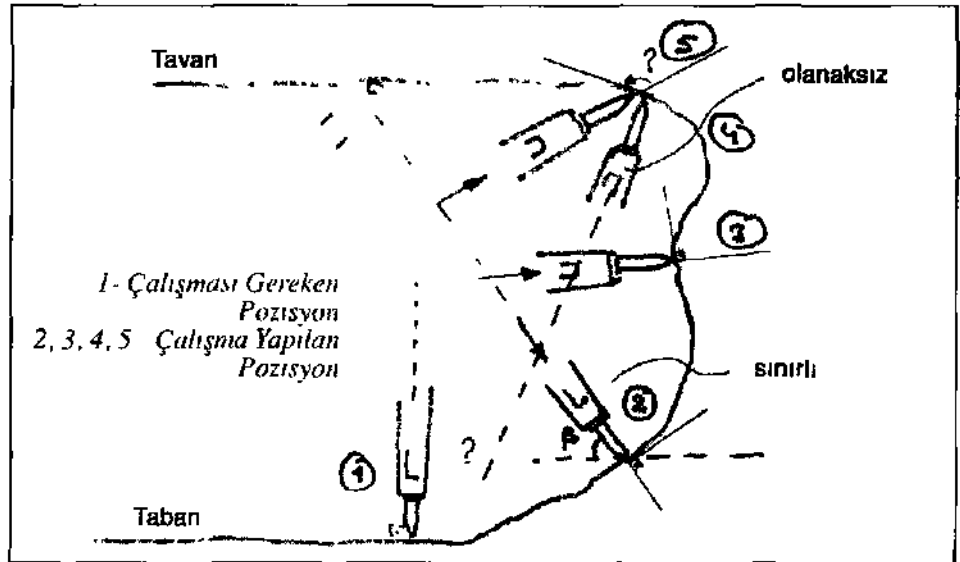
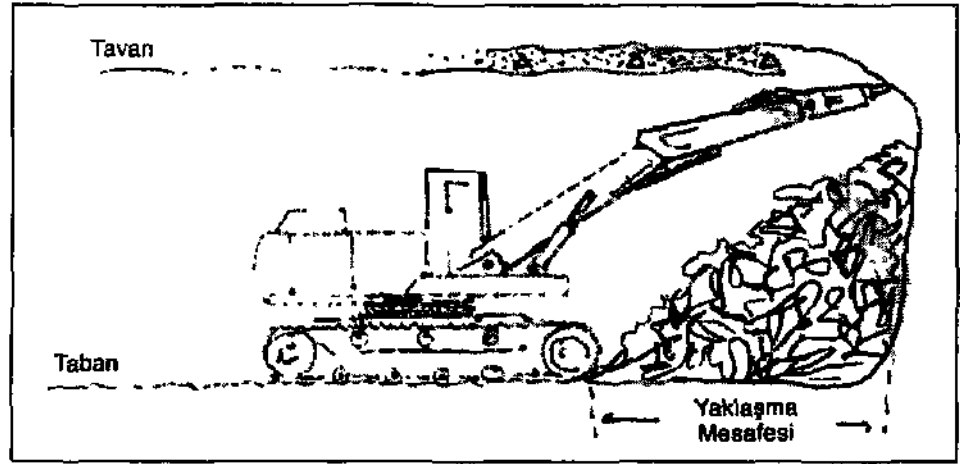
90° olması gereken P açısı, genellikle 0° - 45° arasında olmakta, tavan bölgesi kazısı ve taramalarda ise (-) değer almakta, [(3) numaralı durum] yani kırıcı tabana doğru dik açı (yatay) ile çalışacağına [(1) numaralı durum] tavana doğru dik açı ile çalışmaya zorlanmaktadır [(3) numaralı durum].

Jack-hammer ile kazıda, kırıcının çalışması gereken pozisyonda çalıştırılmaması, bu kazı türünün en büyük dezavantajı olarak görülmektedir. Gerek kazı süresinin uzaması gerek makinede meydana gelen arızaların büyük sebepler olarak bu durum görülmektedir.



6.3. Tarama

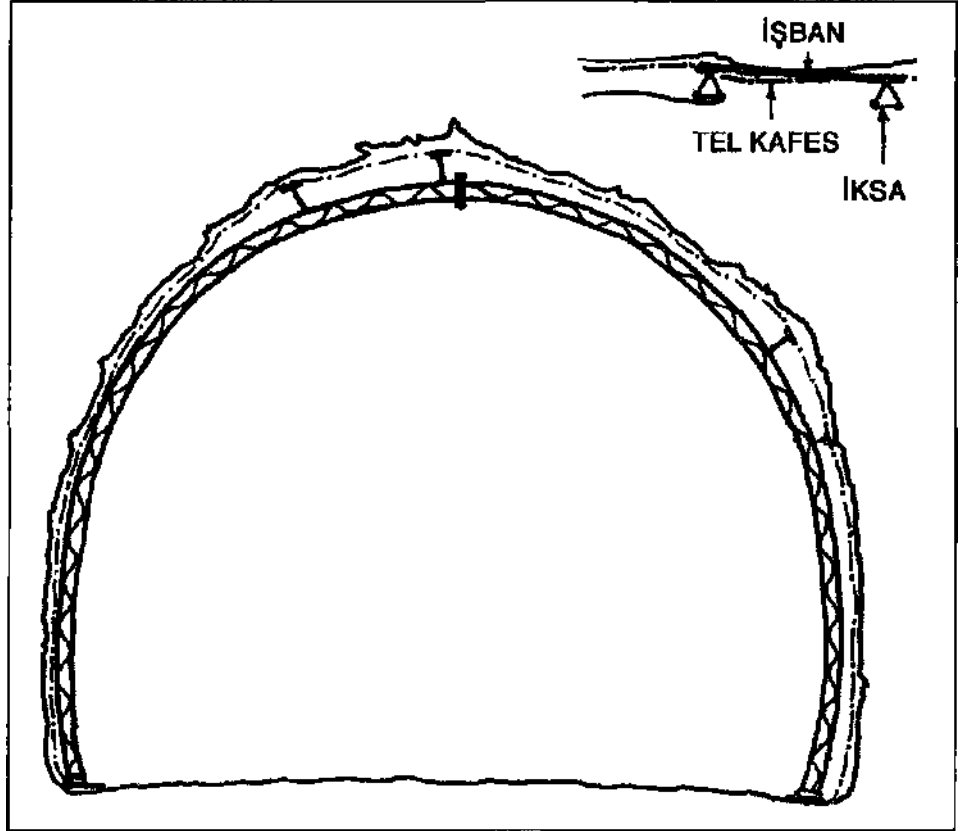
Aynada kaba bazı bitirilip pasa nakli yapıldıktan sonra, tünel iç cidarlarında kalan kazılar, ana kazıyı yapan eskavatörden daha küçük olan ve bom manevraları daha iyi olan üzerinde Montabert 250 kırıcı tabanca bulunan volvo marka eskavatör-kepçeler ile yapılmaktadır. Bazı durumlarda bu makinalar tam ayna kazısı da yapmaktadırlar



Küçük Ulaşma ve Yüzyük Açısı Problemi

Not: Kırıcı hiç bir zaman I 'de pozisyon örüldüğü gibi çalıştırılmamaktadır. Küçük ekskavatörleaynanın kazı aşamaları

Bu iki konuya dikkat edilmez ise, zemin ile shotcrete kabuğu arasında boşluklar oluşur veya shotcrete atılırken puzlenme sürecinde tel kafeslerde sarkma oluşur.



İksa ve Telkafes Montajı

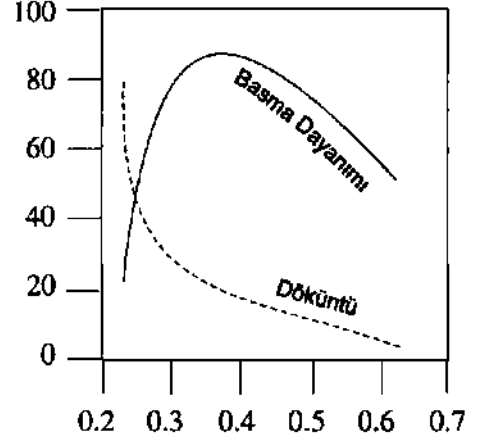
İksa montajı; tünel içerisine hazır imalat olan iki parça olarak gelen kafes ıksanın flanşları üzerinde açılan dört yuva içinden cıvata+somun marifetiyle birbirlerine bağlanması şeklinde yapılır İksa montajında dikkat edilecek en önemli iki konu şunlardır:

1. İksa ayaklarının (papaçlar) her iki tarafta da sağlam zemine basmasını sağlamak, bunu sağlamak için gerekirse ahşap takoz kullanmak gerekir
2. Her ıksa montajında mutlaka topoğrafik ölçüm yapılması gerekir.

Yem kurulan ıksa topoğrafı tarafından teslim alındıktan sonra daha önce kurulan ve tahkimat elemanları tamamlanmış bulunan ıksaya T20'lik çubuklarla (ışban) tesbit edilmiş Tel kafes ve ıksa montajında platform olarak kepçelerden faydalanılmaktadır

SHOTCRETE DİZAYNI (1 M³)

Çimento.....	400	kg
0-2 mm.....	460	kg
2-5 mm.....	568	kg
5- 12 mm.....	859	kg
TOPLAM.....	2287	kg



Su / Çimento Oranınının Döküntü ve Basma Dayanımı İlişkisi

6.4. Pasa Nakli:

Metro tünellerinde paşalar, yaklaşım tünellerinde, yükleme bölgesinden doğrudan şantiye içindeki depolama sahasına taşınmakta, shaftlarda ise, shaft dibine damperli kamyonlar ile taşındıktan sonra, dikey taşıma 20 ton/8 ton kapasiteli portal vinç yardımıyla yapıлып şantiye depolama sahasında depolanmaktadır Daha sonra şehiriçi trafiğin uygun olduğu saatlerde, pasa bu depolama sahasından kamyonlara yüklenip, işverenin gösterdiği nihai pasa sahasına taşınmaktadır

6.5. Tel Kafes ve İksa Montajı:

Kazı+pasa nakli+tarama çalışmaları bittikten sonra (minimum 30 cm bindirme payları dikkate alınmış) uygun boyutlarda kesilmiş hasır çeliklerin montajına geçilir. Tünel iç cidarları boyunca yerleştirilen tel kafesler bir önceki turdan bırakılan bindirme paylarına bağlanır Eğer süren var ise, sürenlere de bağlanır

Tel kafes montajında mutlaka dikkat edilmesi gereken iki durum vardır Bunlar:

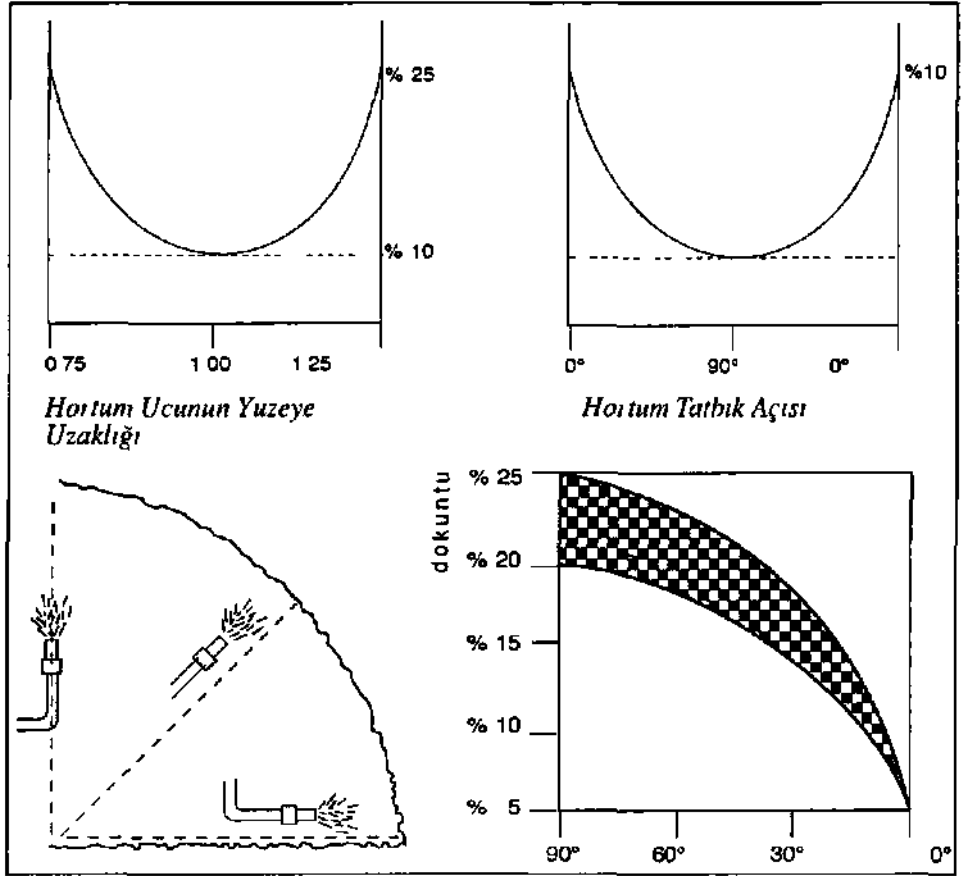
- 1) Tel kafesler zemine mümkün olduğu kadar (3-5 cm) yakın yerleştirilmelidir
- 2) Tel kafes mutlaka çok stabil bir şekilde monte edilmelidir

6.6. Shotcrete (Püskürtme Beton):

Metro çalışmalarında shotcrete kuru karışım olarak kullanılmaktadır Dışarda beton santrallerinde karıldıktan sonra römorklu traktörlere,

kamyonlara veya trans-mixer'lere yüklenmekte ve shotcrete makinasının bulunduğu bölgeye taşınmaktadır Shotcrete makinasına besleme, traktör ve kamyonlardan işçiler tarafından kürekle, trans-mixer'den ise doğrudan mixer ile beslenmektedir: Pırız hızlandırıcı katkı shotcrete makinasında katılmaktadır. Malzeme shotcrete makinasının çıkışında kauçuk hortum yardımıyla, tatbik edilecek yüzeye taşınmaktadır Hortumun 1 m.-10 m. gerisinden su ilavesi shotcreteci işçi (hortumcu) tarafından 1/2 vana yardımıyla yapılmaktadır Burada hortumdan taşıma ortalama 6 atm' basınçtaki hava marifetiyle olmaktadır.

Shotcrete, kazıdan; (mümkün olduğu kadar) hemen sonra tatbik edilmelidir Böylece yüzeyin (kayacın) hava ile teması önlenir ve kayanın çeşitli sebeplerden dolayı harekete geçmesi önlenir Shotcrete tatbiki yapılırken şu dört hususa mutlaka çok dikkat edilmelidir:



Beklenen döküntünün tünel (telan boynuna iadyal değişimi

1. Shotcrete uygulanacak yüzey her türlü serbest malzemeden mutlaka temizlenmeli, su geliri var ise uygun yöntemlerle drene edilmelidir
2. Tel kafes yüzeye 3-5 cm mesafeye kadar yaklaştırılmamalı ve çok rijit (esneme yapmayacak) şekilde monte edilmeli.
3. Malzemenin karışımı (Kum+Çimento) ve katkı (priz hızlandırıcı kullanımında mutlaka homojenlik sağlanmalıdır).
4. Hava miktarı ve su miktarı çok iyi ayarlanmalıdır.

Metro tünellerinde shotcrete genelde tel kafes+iksa montajından sonra uygulanmaktadır. Ancak düşük kaliteli kaya şartlarında (özellikle su ihtiva ediyorsa) dökülmeyi önlemek için (bazen de pasa nakli yapmadan) ince bir shotcrete tabakası (sealing) oluşturacak şekilde uygulama yapılmaktadır

Shotcrete için gereken basınçlı hava ve su şantiye sahası içinde (tünel dışında) monte edilen kompresörler ve hidrofor sistemleri (su için) ile temin edilmekte, çelik borular ile kullanma bölgesine kadar taşınmaktadır. Kullanılan havanın ve suyun basıncı 5 atm-8 atm arasındadır. İyi bir püskürtme beton (shotcrete) elde edebilmek için işçiler mutlaka çok iyi eğitilmelidir

6.7. Bulon Uygulamaları:

Bulonlar tek başlarına tahkimat elemanı olarak kullanılabildikleri gibi (kaya içinde açılmış tüneller) iksa, hasır çelik ve shotcrete'den oluşan tahkimatın tamamlayıcı elemanı olarak da kullanılmaktadır. Metro tünellerinde bu ikincidurum için kullanılmaktadırlar

Taşıyıcı plakaları shotcrete kabuğunun yüzeyine gelecek şekilde uygulanan bulonlar, shotcrete kabuğunun kaya kemeri ile birlikte çalışmasını sağlamaktadır

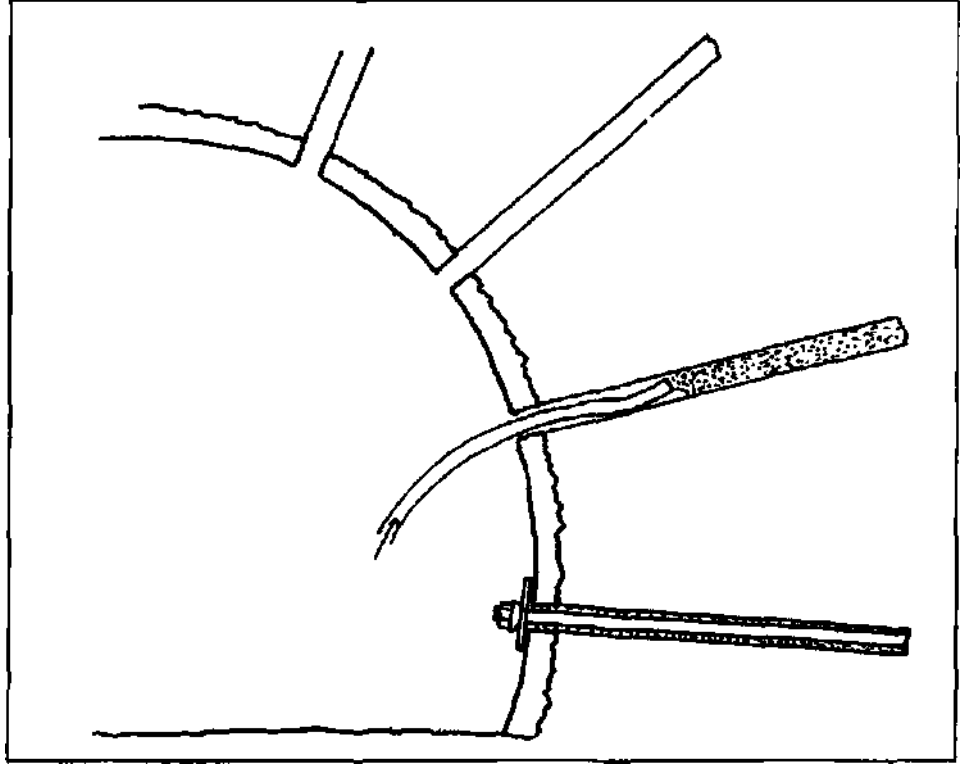
Metro çalışmalarında şu ana kadar reçineli, kendi dolan enjeksiyonlu, süper sweelex ve konjeksiyonlu kaya bulonu kullanıldığı halde, kaya şartları esas olarak konjeksiyonlu kaya bulonunun uygulanmasına müsait olduğundan bulonların büyük çoğunluğu bu gruptadır

Kendi delen enjeksiyonlu bulonlar, içi boş matkap şeklinde çelik çubuklardır. Delici makinanın üzerinde tiz gibi kullanılmakta ve deliğin içinde bırakılmaktadır. Sonra bulonun içindeki delikten şerbet (enjeksiyon) verilerek bulon deliği dipten geriye doğru enjeksiyon ile doldurulmaktadır. Bu tip bulonlar, delinen deliklerin göçük yaptığı ve sağlam delik elde edilemeyen zeminlerde kullanılmaktadır

Swellex bulonlar, bulonlamanın hemen yapılması gereken durumlarda kullanılmaktadır. Çünkü swellex bulon uygulandığı anda çalışan bulonlardır.

Metro tünellerinde en yaygın olarak kullanılan enjeksiyonlu kaya bulonları, delici makina tarafından delinen deliğe, enjeksiyon malzemesi doldurulduktan sonra itilerek yerleştirilmek suretiyle kullanılmaktadır. Kaya bulonları imal edilmektedir. Dış uzunluğu 12 cm.'den Taşıma plakaları 200 / 200/12 cm. boyutlarında imal edilmektedir. Somun olarak M24 somunu kullanılmaktadır.

Çimento, su ince kum (ve gerektiğinde priz hızlandırıcı) kullanılarak enjeksiyon şerbeti hazırlanmaktadır. Metro çalışmalarında bu iş için tam otomatik enjeksiyon pompası kullanılmakta ve istenilen evsaf ve kıvamda enjeksiyon şerbeti elde edilmektedir. Bu pompaların kullanılması ile başlangıçta karşılaşılan uygulama zorluklarının tamamı aşılmıştır. Metro tünellerinde öngerilmemiş bulon uygulanmaktadır.



Bulon Uygulaması

6.8. Süren Uygulamaları:

Metro tünellerinde, kazı sırasında dökülmeye meyilli zeminlerde özellikle su içeriyorsa ve çoğunlukla A-3 tahkimatın uygulandığı bölgelerde,

bazen de A-2 tahkimatın uygulandığı bölgelerde, kazıya girmeden önce süren uygulaması yapılmaktadır

Başlangıçta süren olarak 0 26'lık tor çelik kullanıldığı halde, uygulama sırasında süren olarak 1 1/4 boru kullanılmaya başlanmıştır Bu sürenler delik ile aynı çapta olduklarından, deliğe cebren itilerek yerleştirilmektedirler ve enjeksiyon yapılmamaktadır.

Projede süren uygulanabileceği belirtildiği halde, uygulamada mühendisliğin onayı alındıktan sonra kullanılmaktadır

