

KONTROLLÜ PATLATMA YÖNTEMLERİ VE TARSUS AYRIMI –
GAZİANTEP OTOYOLU T2 TÜNELİ UYGULAMASI**Controlled Blasting Techniques and The Application of The T2 Tunnel on The Tarsus Crossing-
Gaziantep Motorway**Sair KAHRAMAN⁰
Alaettin KILIÇ⁰**ÖZET**

Bu çalışmada, önce kontrollü patlatma yöntemleri olarak bilinen hat delme, son-kesme ve ön-kesme detaylı olarak anlatılmıştır. Sonra Tarsus Ayrımı-Gaziantep Otoyolu T2 tüneline son-kesme ve hat delme uygulamaları örnek olarak verilmiştir. T2 tüneline başarılı bir son-kesme ve hat delme uygulaması ile kazı hattı dışındaki kayada çatlama ve aşın kazı en aza indirilmiştir. Bunun sonucunda tahkimat ve püskürtme beton kullanımı azaltılmış ve maliyet düşürülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Hat Delme, Son-Kesme, Ön-Kesme

ABSTRACT

In this study, firstly, line drilling, smooth blasting and presplitting, which are known as controlled blasting techniques; are described in detail. Then, the applications of line drilling and smooth blasting in the T2 tunnel on the Tarsus Crossing-Gaziantep Motorway are given as an example. Fracturing beyond the excavation line and over breaking were minimised with a successful application of line drilling and smooth blasting in the T2 tunnel. As a result, less reinforcement and less concrete were needed and the cost was lowered.

Keywords: Line Drilling, Smooth Blasting, Presplitting

⁰ Yrd. Doç. Dr., N. Ü. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, Niğde

^{*} Yrd. Doç. Dr., Ç. Ü. Müh. Mim. Fak. Maden Müh. Bölümü, Adana

1. GİRİŞ

Baraj, tünel, otoyol, bina temeli ve maden ocağı gibi projelerde kazı kesiti dışındaki kayacın doğal direncini korumak ve aşırı kazıyı en aza indirmek amacıyla kontrollü patlatma yöntemleri uygulanmaktadır. Ayrıca, otoyol gibi projelerde kontrollü patlatma sonucu şevler estetik bir görünüm arz etmektedir. Kayacın doğal direncinin korunması stabilite problemlerini azaltmaktadır. Aşırı kazının azaltılması ise tünellerde kolay ve ucuz bir tahkimat için önemlidir. Çünkü, aşırı kazılmış yerler pahalı bir malzeme olan püskürtme beton ile kaplanmaktadır.

Kontrollü patlatmanın başarısı birinci derecede kayacın jeolojisine bağlıdır. Bütün jeolojik formasyonlarda çok iyi başarı beklenmemesine rağmen en kötü formasyonda bile iyi bir planlamayla aşırı kazı minimumda tutulabilir. Diğer önemli faktörler ise, çevre deliklerinin (kontrollü patlatma delikleri) çapı ve bu delikler arasındaki mesafe, kullanılan patlayıcının cins ve miktarı ile planlamadır.

2. KONTROLLÜ PATLATMA

Kontrollü patlatma uzun yıllardan beri uygulanmaktadır. Eskiden deneme-yanılma şeklinde uygulanan yöntemler, son yıllarda daha bilimsel bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır.

Kontrollü patlatmalarda patlayıcı madde olarak infilaklı fitil, nitrogliserin esaslı dinamitler, özel formüle edilmiş slurry (watergel) ya da emülsiyon türü patlayıcılar ile Prill Poroz Nitratla formüle edilmiş amonyum nitrat kullanılabilir (Erkoç, 1990).

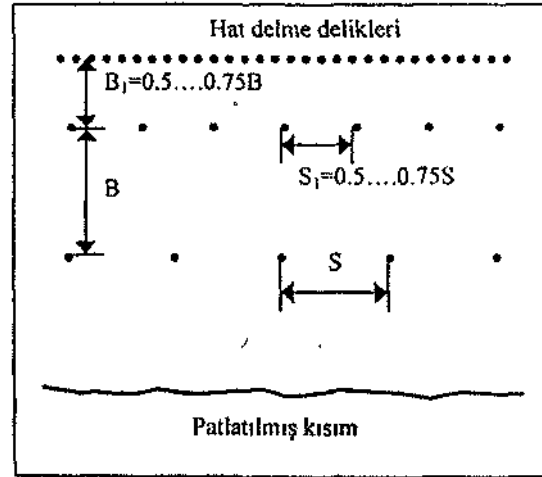
Hat delme (Line drilling), son-kesme (smooth blasting) ve ön-kesme (presplitting) olmak üzere belli başlı üç çeşit kontrollü patlatma yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

2.1. Hat Delme

Hat delme, uzun yıllar boyunca aşırı kazıyı kontrol etmede kullanılan tek yöntem olmuştur.

Yöntemde, kazı hattı boyunca tek sıra küçük çaplı delikler sık olarak delinir ve bu deliklere patlayıcı şarjı yapılmaz. Bu delik hattı üretim deliklerinin patlatılması esnasında zayıf bir düzlem oluşturarak aşırı kazıyı önler. Aynı zamanda patlatmadan gelen şok dalgalarını geri yansıtarak kazı hattı gerisindeki çatlamları önler (Naapuri, 1990).

Hat delme delikleri genellikle 51-76 mm çapında olup, delikler arası mesafe delik çapının 2A katı kadardır. Daha büyük delik çapları çok pahalıya mal olmaktadır. Hat delme deliklerinden önceki üretim delikleri arasındaki mesafe diğer üretim delikleri arasındaki mesafenin % 50-75' i kadardır. Benzer şekilde bu deliklerin hat delme deliklerinden uzaklığı normal dilim kalınlığının 50-75' i kadardır. Ayrıca, bu deliklerin şarj miktarı da üretim delikleri şarjından % 50 daha azdır (Şekil 1).



Şekil 1. Hat delme yöntemi (Olofson, 1988)

Bu yöntemde, kayacın minimum çatlaklı ve homojen olması durumunda en iyi sonuç elde edilir. Çok düşük şarjın bile kazı hattı ötesine zarar verdiği durumlar için çok uygun olması yöntemin en büyük avantajıdır. Fakat, çok homojen olmayan kayada iyi sonuç vermemesi, delme maliyetinin yüksek olması, delik delmenin zaman alıcı olması ve deliklerdeki hafif sapmaların kötü sonuçlara neden olması yöntemin dezavantajlarıdır.

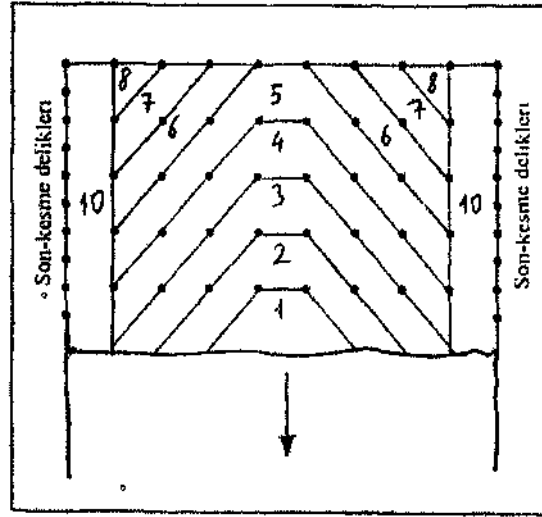
Hat delme bazı durumlarda ön-kesme ve son-kesme delikleri arasında bir kılavuz görevi yapması amacıyla kullanılabilir. Dolayısıyla sonuçta daha düzgün yüzeyler elde edilir (Olofsson, 1988; Naapuri, 1990).

2.2. Son-Kesme

Son-kesme yöntemi 1950-60' lı yıllarda İsveç' te geliştirilmiştir. Önceleri temiz yüzey istendiğinde kazı kesme çizgisine yakın bir yere kadar yürütülmekte ve en son kesme çizgisinde sık aralıklar ile delinen delikler zayıf patlayıcı ile patlatılmaktaydı. Fakat, normal patlatmalarla kesme çizgisine çok yaklaşmak bu bölgede kayacın belli bir miktar örselenmesine yol açmaktaydı. Ayrıca, son-kesme deliklerinin bazen çok dar basamak genişliklerinde ve örselenmiş kısımda delinmesi önemli zorluklara neden olmaktaydı. Gecikmeli kapsüller ve diğer gecikme elemanlarının geliştirilmesi ile bu problemler çözülmüştür (Erkoç,1990). Şöyle ki; son kazı hattı boyunca tek sıra sık aralıklarla delinen delikler hafifçe şarj edilerek üretim delikleri ile aynı anda ateşlenirler, fakat uygulanan gecikmeden dolayı en son patlarlar. Şekil 2' de üretim delikleri ve son-kesme deliklerinin ateşleme sıraları görülmektedir. Sadece son-kesme delikleri değil, aynı zamanda bu deliklere yakın üretim delikleri de diğer üretim deliklerinden daha az (delik kesitinden % 50 daha az) şarj edilmelidir. Aksi takdirde istenilen sonuç elde edilemez. Bu durum yeraltı patlatmaları için daha da önemlidir. Son-kesmenin başarısı için diğer önemli bir şart, deliklerin sapmaları minimumda tutacak şekilde çok hassas delinmesidir (Olofsson, 1988; Naapuri, 1990).

Son-kesme delikleri gecikmeli ve gecikmesiz olarak ateşlenebilir. Gecikmesiz ateşlemede deliklerarası gecikmeyi minimumda tutmak için infilaklı fitil kullanmak en iyi yoldur.

Ayrıca kısa gecikmeli elektrik kapsülleri de kullanılabilir. Hava şokunu ve şarjın püskürmesini önlemek için sadece ağız sıkılaması yapılır. Delik çapı genellikle üretim delikleri çapı ile aynıdır. Dilim kalınlığı normal dilim kalınlığının % 50-75' i kadardır. Deliklerarası mesafe ise bu dilim kalınlığının % 75' i alınmalıdır. Deliklerarası mesafe ve



Şekil 2. Son-kesme prensibi (Naapuri, 1990)

dilim kalınlığı aşağıdaki formüller yardımıyla da hesaplanabilir (Naapuri, 1990; Konya ve Walter, 1990).

$$S = 15 \dots 20d \quad (1)$$

veya

$$S = 16d \quad (2)$$

$$B = 1,25S \quad (3)$$

veya

$$B = 1,30S \quad (4)$$

Tüm bağıntılarda;

S : Son-kesme delikleri arasındaki mesafe (mm),

B : Son-kesme dilim kalınlığı (mm),

d : Son-kesme delikleri çapı (mm)

dır.

Son-kesme deliklerinin şarj miktarı ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir (Konya ve Walter, 1990).

$$d_{..} = 8,25JC10 \sim V \quad (5)$$

Burada;

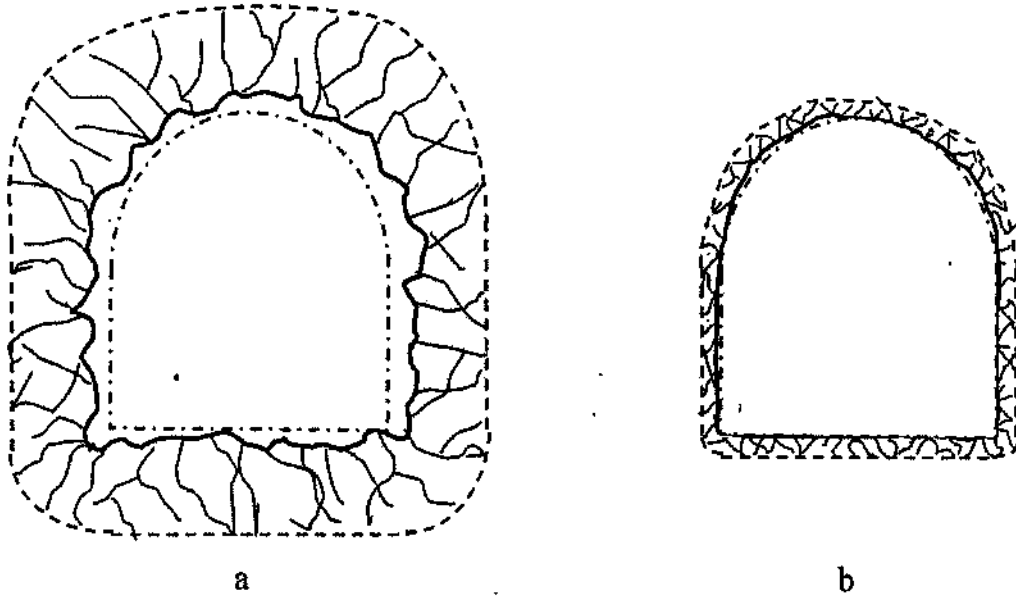
q : Şarj miktarı (kg/m),
 d : Delik çapı (mm)
dır.

Son-kesme yöntemi çoğunlukla tünel patlatmalarında uygulanır. Bunun nedeni, delik sıralarının birbirine çok yakın olduğundan ön-kesme yöntemi uygulandığında ön-kesme deliklerine yakın üretim deliklerinin örselenmesi ve içindeki patlayıcıların bozulmasıdır. Yüze patlatmalarında olduğu gibi ön kesme deliklerini önce ateşleme imkanı yoktur. Bütün deliklerin aynı anda ateşlenmesi gerekir (Erkoç, 1990). Şekil 3' de tüneller için aşırı kazı ve kazı hattı dışındaki kayayı çatlatma bakımından son-kesme yönteminin klasik patlatmaya göre üstünlüğü açık bir şekilde görülmektedir. Burada görüldüğü gibi son-kesme uygulamasında aşırı kazı yok denecek kadar azdır ve tünel çevresindeki kayada çatlama minimumdur. Yöntemin tünel açılmasında sağladığı diğer avantajlar ise şöyle sıralanabilir (Gustafsson, 1973):

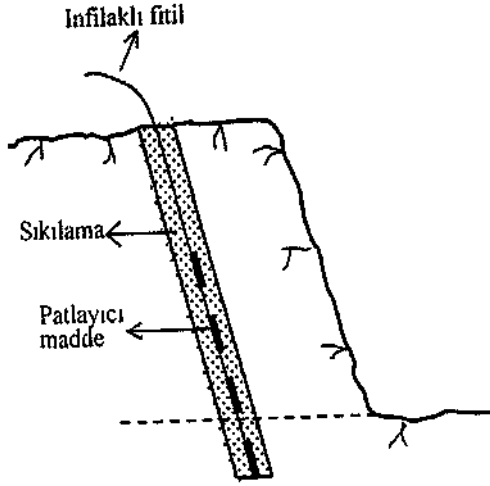
Daha düzgün kayaç yüzeyi
Daha fazla dayanımlı kayaç yüzeyi
Daha az ve daha kolay tahkimat
Daha az püskürtme beton

2.2.1. Yastıklı Son-Kesme

Son-kesme yönteminin özel bir uygulaması olan bu yöntemde patlayıcı madde şarjından sonra delik tamamen kum ile doldurulur (Şekil 4). Buradaki amaç, patlatma şokunun kazı hattı gerisindeki kayaca etkisini minimuma indirmektir. Yöntemde, delikler gecikmeli patlatılmamalıdır veya minimum gecikme uygulanmalıdır. Gürültü ve hava okunun önemli olmadığı yerlerde infilaklı fitil en iyi ateşleme elemanıdır. 25-32 mm çap ve 200 mm uzunluğundaki dinamitler 30-50 cm aralıklarla şarj edilebilirler. Kesme delikleri üretim patlatması kazısı yapıldıktan sonra ateşlenmelidir. Delik dibinin iyi kesilmesi ve tırnak kalmaması bakımından delik dibinde şarj konsantrasyonu artırılmalıdır. Genellikle yüze kazılarında 50 mm ile 164 mm delik çaplarında uygulanan yöntemin avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmiştir (Olofsson, 1988).



Şekil 3. Aşırı kazı ve çatlatma yönünden klasik patlatma (a) ile son-kesme yönteminin (b) karşılaştırması (Olofsson, 1988).



Şekil 4. Yastıklamalı son-kesme yöntemi (Gustafsson, 1973).

Yöntemin avantajları:

Delik çapları büyük olduğundan delme maliyeti azdır.
Çatlaklı ve homojen olmayan kayada oldukça iyi sonuç verir.

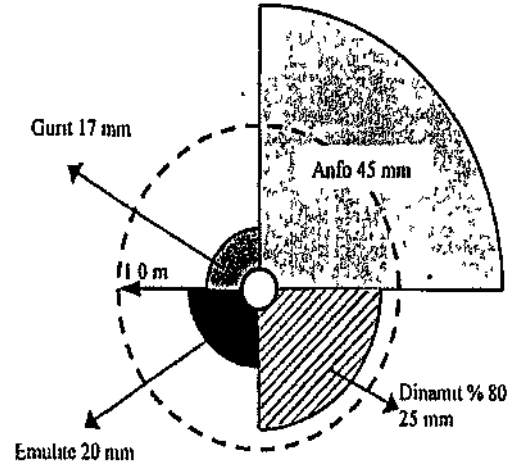
Yöntemin dezavantajları:

Kesme deliklerinin ateşlenmesinden önce üretim patlatması kazısı yapılmalıdır.
90° köşeli atımlarda diğer yöntemlerle birlikte uygulanmalıdır.

2.3. Ön-Kesme

Son-kesme yönteminde, kesme hattına yakın üretim deliklerinin patlatılmasıyla kesme hattı gerisine zarar verilebilmektedir. Örneğin, Anfo ile dolu 45 mm çapında bir delik patlatıldığında çatlak uzunlukları 1.2-1.8 m arasında değişmektedir (Şekil 5). Dolayısıyla çoğunlukla Anfo'nun kullanıldığı yerüstü patlatmalarında son-kesme yöntemine alternatif olarak ön-kesme yöntemi geliştirilmiştir.

Ön-kesme yönteminde, son-kesme yönteminde olduğu gibi kazı hattı boyunca sık aralıklarla



Şekil 5. Farklı patlayıcılar için 45 mm'lik deliğin patlatılmasıyla oluşan çatlak derinlikleri (Olofsson, 1988).

delinmiş delikler hafif bir şekilde şarj edilirler ve üretim deliklerinden önce patlatılırlar. Burada amaç, üretim patlatmasının radyal çatlaklarının geçemeyeceği bir kırık düzlem meydana getirmektir. Dolayısıyla daha sağlam ve daha dik şevler oluşturulabilir. Ayrıca, şev görünümü de daha estetik olur (Konya ve Walter, 1990).

Eski ön-kesme teorisine göre komşu deliklerdeki patlatmaların şok dalgaları çarpışmakta ve "her iki tarafta çekme gerilimi bileşmeleri oluşmaktadır. Dolayısıyla delikler arasında bir çatlak zonu meydana gelmektedir. Buna göre kesmenin oluşabilmesi için delikler gecikmesiz olarak ateşlenmelidir (Olofsson, 1988). Konya ve Walter (1990), ön-kesme çatlaklarının şok dalgalarının çarpışması ile değil, radyal çatlakların birleşmesi ile meydana geldiğini laboratuvar ve arazi deneyleriyle göstermiştir. Bu durum ön-kesme deliklerinin gecikmeli olarak patlatılabileceği anlamına geldiğinden çok önemlidir. Çünkü, gecikmesiz bir ön-kesme atımındaki titreşim, kütle hareketi olmadığı için üretim deliklerinin patlatılmasından kaynaklanan titreşimin 5 katına kadar ulaşabilmektedir. Ayrıca, gürültü ve hava şoku da çok fazla olmaktadır. Bu olumsuz etkiler ise yerleşim alanlarına yakın yerlerdeki

patlatmalarda istenmemektedir.

Üretim delikleri delinmeden önce ön-kesme delikleri patlatılabilir veya gecikmeli olarak her iki grup delik de aynı anda ateşlenebilir. Ön-kesme delikleri genellikle 51-102 mm olup 17-32 mm çaplı patlayıcılarla şarj edilirler. Patlayıcı çapının delik çapından küçük olması patlamanın şok dalgalarını sönmeler ve böylece delik etrafındaki kayanın ezilmesi ve radyal çatlakların oluşumu önlenmiş olur.

Ön-kesme yönteminin başarısı delik çapı, deliklerarası mesafe ve şarj arasındaki ilişkiye çok bağlıdır. Ayrıca, formasyondaki süreksizlikler ve deliklerin düzgünlüğü de önemlidir (Naapuri, 1990).

Şarj hesabında son-kesme delikleri için Eşitlik 5 kullanılabilir. Deliklerarası mesafe ve dilim kalınlığı ise aşağıdaki formüllerden hesaplanabilir (Konya ve Walter, 1990).

$$S = 10 \dots 12d \quad (6)$$

$$B = | \quad (7)$$

Tüm bağıntılarda;

S : Ön-kesme delikleri arasındaki mesafe (mm),
S₁ : Üretim delikleri arasındaki mesafe (mm),
B : Ön-kesme dilim kalınlığı (mm),
d : Ön-kesme delikleri çapı (mm)
dır.

Ön-kesme deliklerinin sıkılanmaması tavsiye edilir. Fakat uzun kesmelerde şarjın püskürmesini önlemek için delik tıpaları kullanılabilir (Olofsson, 1988). Atımlar duruma göre gecikmesiz veya gecikmeli yapılır. Gecikmeli atım durumunda 25 ms' den daha fazla gecikme tavsiye edilmemektedir (Konya ve Walter, 1990).

Ön-kesme delikleri arasındaki yük fazla olduğundan diğer kontrollü patlatma yöntemlerine göre bu yöntemde titreşim daha fazladır. Fakat bu dezavantaj yukarıda bahsedildiği gibi gecikmeli ateşleme ile ortadan

kaldırılabilir. Yine ön-kesme yönteminde sıkılama yapılmadığından ve standart ateşleme elemanı olarak infilaklı fitil kullanıldığından hava şoku ve gürültü de fazladır. Ancak yöntem, homojen kayada mükemmel sonuç verir. Hatta, çok kötü kayada şartlarında bile kılavuz deliklerin delinmesi ile diğer yöntemlere göre daha iyi sonuç elde edilir. Fakat, şarj edilmeyen bu kılavuz deliklerin maliyeti arttırdığı unutulmamalıdır.

Kanal patlatmalarında iki paralel ön-kesme hattı arasındaki mesafe 4 m' den az ise kesme hattının birisi diğerinden en az 50 ms gecikme ile patlatılmalıdır. Aksi takdirde iki kesme hattının şok dalgaları birbirini etkiler ve istenildiği gibi bir kesme hattı oluşmaz.

2.4. Kombine Yöntemler

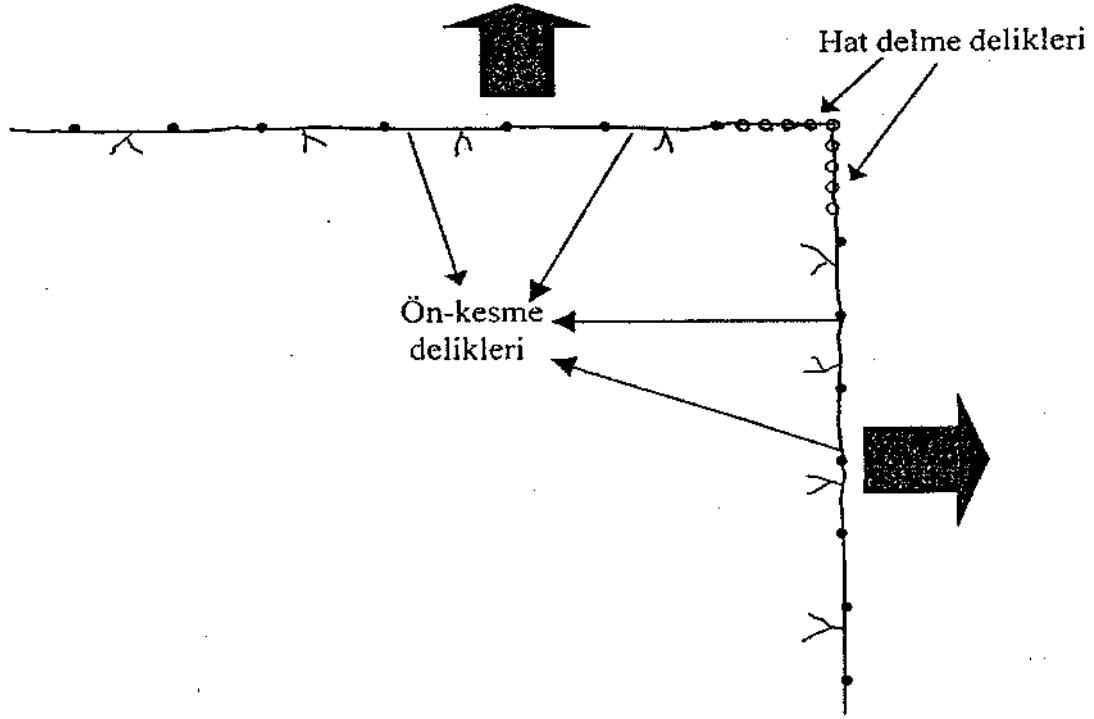
Bazı durumlarda birden fazla kontrollü patlatma yöntemini aynı anda kullanmak gerekebilir. Örneğin, zayıf ve yumuşak formasyonlarda ön-kesme ya da son-kesme delikleri arasında delinen hat delme delikleri kılavuz görevi yaparak düzgün bir kesme düzlemi elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Bu uygulamaya çoğunlukla kavisli ya da 90° köşeli atımlarda gerek duyulmaktadır (Şekil 6). Çünkü, zayıf formasyonların kavisli ya da köşeli atımında düzgün bir kesme yüzeyi elde etmek daha zordur (Olofsson, 1988).

3. T2 TÜNELİ UYGULAMASI

3.1. Tünelin Tanıtımı

T2 tüneli, toplam 258 km uzunluğa sahip olan Tarsus Ayrımı-Gaziantep (TAG) Otoyolu'nun 207-208'inci kilometreleri arasında yer almaktadır. Tünel, sağ geçidi 562 metre, sol geçidi 536 metre olmak üzere toplam 1098 metre uzunluğa sahiptir. Nihai beton kaplama yapılmasının ardından 14,80 metre genişlik ve 7,60 metre yüksekliğinde ve 3 şeritli olarak inşa edilen tünelin yapımı sırasında Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) kullanılmıştır. Tünel güzergahı boyunca Sınıf III, Sınıf IV ve kısmen de Sınıf V kaya kütlelerine rastlanmıştır.

Sağlam bir kayada içerisinde açılan tünelin kazı ve



Şekil 6. 90° köşeli atımlarda kontrollü patlatma yöntemlerinin kombinasyonu (Olofsson, 1988).

sağlamlaştırılması sırasında tünelcilik açısından herhangi bir problemle karşılaşmamıştır. Ancak, tünelin batı girişi yönünde yamaç eğimi çok dik olduğundan bu kısımda şev basamaklarının oluşturulması, açık yüzeylerin çelik hasır ve püskürtme beton ile kaplanması ve şev duraylılığının sağlanması amacı ile kaya saplamaları yerleştirilmesi ve çimento enjeksiyonu yapılması kazıya başlama zamanını 6-7 ay kadar geciktirmiştir. İnşasına 1995 yılı sonlarında başlanan tünelin kazısı 1996 yılı ortalarında tamamlanmıştır.

3.2. Tünel Güzergahındaki Kayaçların Sınıflandırılması

Yeraltı kazılarında kazı yönteminin seçimi, bir atımdaki ilerleme miktarının belirlenmesi, kazı çevresindeki kaya yüklerinin tahmin edilmesi ve tahkimat yöntem ve miktarının tasarımı gibi amaçlara yönelik olarak kaya kütle sınıflandırmaları yapılmaktadır. Kaya kütle

sınıflandırması Terzaghi (1946)' nin kaya yükü sınıflandırma sistemi ile başlar. Lauffer (1958)' in tünelleri tahkimatsız olarak ayakta kalabilme sürelerine göre sınıflandırmasından sonra Deere ve Miller (1966) RQD (Rock Quality Designation) ve Wickham vd. (1972) RSR (Rock Structure Rating) sınıflama sistemini geliştirmiştir. Bieniawski (1973)' nin RMR (Rock Mass Rating) ve Barton vd. (1974)' nin Q sınıflama sistemi ise gelişmiş kaya kütle sınıflandırma sistemleri olarak bilinmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer gelişmiş bir sınıflandırma sistemi ise Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) olup, T2 tünelineki formasyonlar bu sisteme göre sınıflandırılmıştır.

NATM yaklaşımı tüneli çevreleyen yan kayacın mevcut direncinin korunması ile yan kayacın büyük ölçüde kendi kendini taşıyıcı duruma getirilmesi şeklinde ifade edilebilir. Yöntemde kaya kütleleri kazı sırasında ve kazı sonrasındaki davranışlarına, jeomekanik özelliklerine, kazı

kesitine, ilerleme hızına, kazı yöntemine ve tahkimatsız açıklığın ayakta kalma süresine bağlı olarak 6 farklı sınıfa ayrılmaktadır (Çizelge 1) (Steiner ve Einstein. 1980).

T2 tünelineki formasyonların NATM' na göre sınıflandırılması sonucunda tünel güzergahında Sınıf III (az kırılğan), Sınıf IV (kırılğan-az baskılı) ve Sınıf V (çok kırılğan-baskılı) kaya gruplarına rastlanmıştır.

3.3. Kontrollü Patlatma Uygulamaları

Yukarıda bahsedildiği gibi T2 tüneline NATM sınıflama yöntemine göre üç ayrı kaya sınıfına (Sınıf III, IV ve V) rastlanmıştır. Aşırı kazının ve tünel çevresindeki çatlamların önlenmesi ve kazı aynasının önüne yerleştirilmiş olan bulon ve püskürtme betonun patlatma sonucu zarar görmemesi amacıyla her kaya sınıfında farklı delik ve patlatma düzeni seçilmiştir. Sınıf III ve IV kaya grubunda son-kesme, Sınıf V kaya grubunda ise hat delme yöntemi uygulanmıştır.

Patlayıcı madde olarak son-kesme deliklerinde Elbar-1 (17x725 mm), diğer deliklerde ise Jelatinit (25x200 mm veya 32x200 mm) kullanılmıştır

Sınıf III kayada delik uzunluğu 2,80 m ve ilerleme boyu 2,5 m olup, üst yan için (kesit alanı: 65 m²) toplam delik sayısı 137 adet, kullanılan dinamit miktarı 115.040 kg ve özgül şarj 0,71 kg/m³ tür. Sınıf IV kaya grubu için delik uzunluğu 2,2 m ve ilerleme boyu 2,0 m olup, üst yarı için (kesit alanı: 67,5 m²) toplam delik sayısı 87 adet, kullanılan dinamit miktarı 71,5 kg ve özgül şarj 0,55 kg/m³ tür. Hat delme yöntemi uygulanan Sınıf V kaya grubunda kesme delikleri şarj edilmemiştir. Bu kayada delik uzunluğu 1,70 m ve ilerleme boyu 1,5 m olup, üst yarı için (kesit alanı: 70,66 m²) toplam delik sayısı 57 adet, kullanılan dinamit miktarı 19,6 kg ve özgül şarj 0,18 kg/m³ tür. Üç kaya sınıfına ait delme-patlatma düzenleri Şekil 7, 8 ve 9' da görülmektedir. Her kaya sınıfında delik sıralarına göre kullanılan patlayıcı madde cins ve miktarları ise Çizelge 2, 3 ve 4' de verilmiştir.

Çizelge 5' de ise her kaya sınıfına ait özgül şarj (birim hacim kayacı patlatmak için gerekli

patlayıcı miktarı) miktarı sunulmuştur. Burada görüldüğü gibi kaya sınıfı yükseldikçe özgül şarj miktarı da düşmektedir.

4. SONUÇLAR

Kontrollü patlatma yöntemleri uzun yıllardır yeraltı ve yerüstü kazılarında kullanılmaktadır. Formasyona ve şartlara uygun yöntem ve patlatma düzeni ile başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Son-kesme yöntemi yer altı, ön-kesme yöntemi ise yerüstü patlatmaları için daha uygundur. Hat delme yöntemi zayıf ve yumuşak formasyonlarda hem yerüstü, hem de yeraltı patlatmalarında uygulanabilir. Ayrıca hat delme, daha düzgün yüzey elde etmek amacıyla diğer yöntemlerle kombine bir şekilde kullanılabilir.

T2 tüneline son-kesme ve hat delme yöntemleri başarıyla uygulanmıştır. Bu yöntemler sayesinde, tünel cidarındaki çatlamlar ve aşırı kazı minimumda kalmış, düzgün bir yüzey elde edilmiş ve dolayısıyla tahkimat ve püskürtme beton masrafı en aza indirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar çalışma sırasında sağladıkları kolaylıklar ve gösterdikleri ilgiden dolayı Tekfen İnşaat ve Tesiat A.Ş. personeline teşekkürü bir borç bilmektedir

KAYNAKLAR

Barton, N., Lien, R. ve Lunde, J., 1974; "Engineering Classification of Rock Masses for The Design of The Tunnel Support", Rock Mech.,6,s. 183-236.

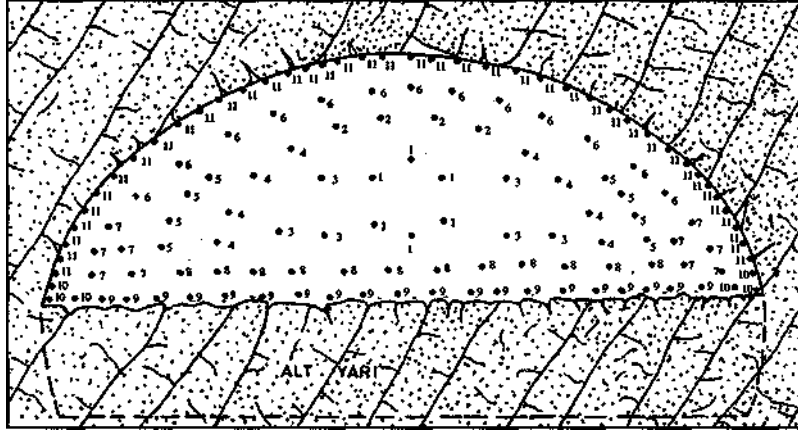
Bieniawski, Z.T., 1973; "Engineering Classification of Jointed Rock Masses", Trans. S. Afr. Ins. Civ. Eng., 15, s. 335-344

Deere, D.U. ve Miller, R. P., 1964; "Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock", Air Force Weapons Lab. Tech. Report, AFWL-TR 65-116, Kirtland Base, New Mexico.

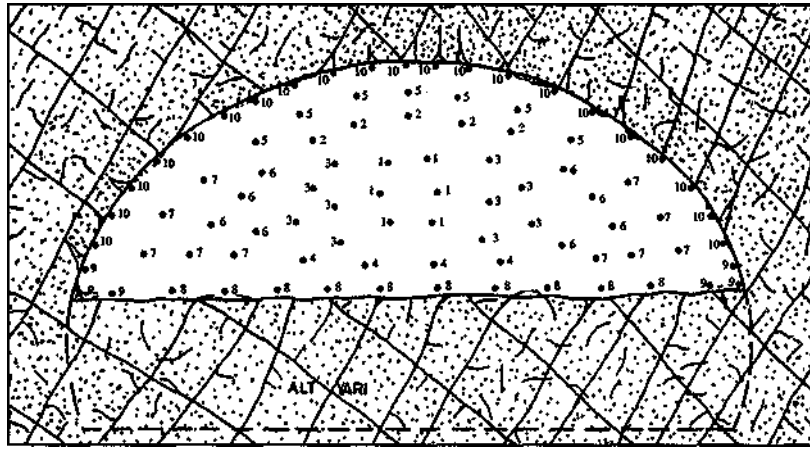
Duman, T.Y., 1993; "Tarsus Ayrımı -Adana-

Çizelge 1. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) Sınıflandırması (Steiner ve Einstein, 1980).

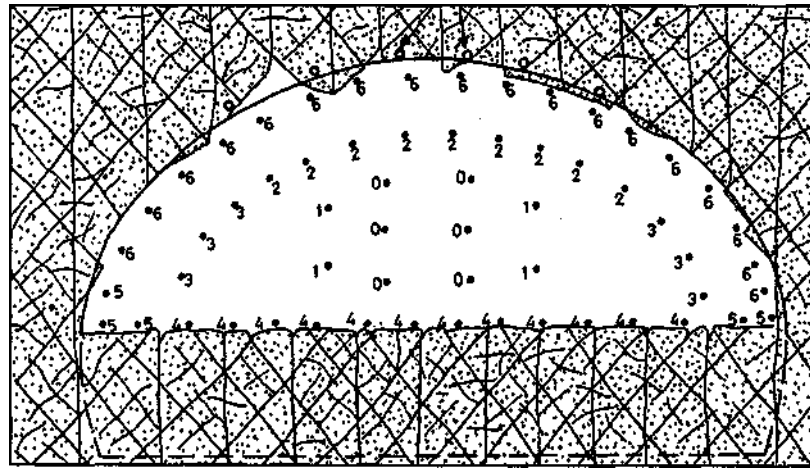
Kaya Sınıfı	Kaya Davranışı	Jeomekanik Gösterge	Kazı			Tahkimat
			Kesit	İlerleme Miktarı	Kazı Yöntemi	
I	Sağlam	Açılan tünel etrafındaki gerilmeler kaya kütlesi dayanımından düşük olduğu için tünel kendi kendisini ayakta tutabilmekte. Derinliğin fazla olduğu durumlarda blok düşme tehlikesi vardır.	Tam Cephe	Serbest	Son-kesme (Smooth blasting)	Blok düşme tehlikesi olduğundan püskürtme beton ve gerekli yerlerde kaya bulonu kullanılır
II	Zamanla Kırılğan	Tavanda çekme gerilmeleri ya da yönelimi uygun olmayan süreksizlikler patlatmanın da etkisiyle kırılmalara neden olmaktadır.	Tam Cephe	3 - 5 m	Son-kesme	Tavan için püskürtme beton ve gerekli yerlerde kaya bulonu
III	Az Kırılğan	Tavanda çekme gerilmeleri yönelimi uygun olmayan süreksizliklerin de yardımıyla tavan göçüklerine yol açmakta. Yan duvarlardaki gerilmeler kaya kütlesinin dayanımından azdır. Ancak, patlatma nedeniyle süreksizlikler boyunca kırılmalar oluşabilmekte.	Tam Cephe (Kısa İlerlemeli)	2 - 4 m	Son-kesme	Tavan ve yan duvarlar için çelik hasır, püskürtme beton ve düzenli kaya bulonu
IV	Kırılğan-Az Baskılı	Kaya kütlesi dayanımının süreksizliklerin etkisiyle önemli derecede azalması fazla miktarda kırılmalara neden olmaktadır, ya da kaya kütlesi dayanımının asılmasıyla az miktarda sıkışma olmaktadır.	Kademeli (Üst yan maks. 45m ²)	Üst yarı: 2 - 3 m Alt yarı: 2 - 4 m	Son-kesme ve yer yer hidrolik kinci	Tavan ve yan duvarlar için çelik hasır, püskürtme beton, düzenli kaya bulonu ve hafif çelik iksa. Gerekiyorsa ters kemer.
V	Çok Kırılğan-Baskılı	Düşük kaya kütlesi dayanımı çok fazla kırılmaya neden olmaktadır ve süreksizliklerin yöneliminden kaynaklanan sıkışmalar meydana gelmektedir.	Kademeli (Üst yan maks. 40m ²)	Üst yan: 1 - 3 m Alt yarı: 2 - 4 m	Son-kesme ya da hidrolik ekskavatör	Tüm açıklıklar için çelik iksa, düzenli kaya bulonu, çelik hasır ve püskürtme beton
VI	Çok Baskılı	Tünelin açılmasından sonra bütün serbest yüzeylerde sıkışma meydana gelmektedir.	Kademeli (Üst yan maks. 45m ²)	Üst yarı: 0.5 - 1.5 m Alt yan; 1 - 3 m	Hidrolik ekskavatör	Tüm açıklıklar için çelik iksa, sık aralıklı düzenli kaya bulonu, çelik hasır, püskürtme beton ve ters kemer
VII	Akıcı	Özel tünel açma yöntemleri gerekir; çimento enjeksiyonu, dondurma vs.				



Şekil 7. Sınıf III kaya grubunda uygulanan delme-patlatma düzeni



Şekil 8. Sınıf IV kaya grubunda uygulanan delme-patlatma düzeni



Şekil 9. Sınıf V kaya grubunda uygulanan delme-patlatma düzeni

Çizelge 2. Sınıf III Kayada Delik Sıralarına Göre Kullanılan Patlayıcı Madde Cins ve Miktarları.

Delik No	Delik Sayısı	Kapsül No	Jelatin (32x400mm)	Jelatin (25x200mm)	Elbar-1 (17x725mm)	Toplam Patlayıcı (kg)
1	6	1	3	-	-	7.200
2	4	2	3	-	-	4.800
3	6	3	2	-	-	4.800
4	8	4	2	-	-	6.400
5	8	5,	2	-	-	6.400
6	13	6	3	-	-	15.600
7	10	7	2	-	-	8.000
8	12	8	3	-	-	14.400
9	20	9	3	-	-	24.000
10	6	10	3	-	-	7.200
11	40	İnfilakh fitil	-	1	2	16.240
Genel Toplam						115.040

Çizelge 3. Sınıf IV Kayada Delik Sıralarına Göre Kullanılan Patlayıcı Madde Cins ve Miktarları.

Delik No	Delik Sayısı	Kapsül No	Jelatin (32x400mm)	Jelatin (25x200mm)	Elbar-1 (17x725mm)	Toplam Patlayıcı (kg)
1	6	1	-	3	-	7,200
2	5	2	-	2	-	4,000
3	10	3	-	2	-	8,000
4	4	4	-	3	-	4,800
5	7	5	-	2	-	5,600
6	8	6	-	3	-	9,600
7	10	n	-	2	-	8,000
8	10	8	-	3,	-	12,000
9	6	9	-	3	-	7,200
10	21	İnfilakh fitil	1	-	2	5,156
Genel Toplam						71,556

Çizelge 4. Sınıf V Kayada Delik Sıralarına Göre Kullanılan Patlayıcı Madde Cins ve Miktarları.

Delik No	Delik Sayısı	Kapsül No	Jelatin (32x400mm)	Jelatin (25x200mm)	Elbar-1 (17x725mm)	Toplam Patlayıcı (kg)
0	6	0	2	-	-	4,800
1	4	1	1	-	-	1,600
2	5	2	1	-	-	2,000
3	6	3	1	-	-	2,400
4	10	4	1	-	-	4,000
5	6	5	2	-	-	4,800
6	20	-	-	-	-	-
Genel Toplam						19,600

Çizelge 5. Her Kaya Sınıfına Ait Özgül Şarj Miktarları.

Kaya Sınıfı	Üst Yarı Kesit Alanı (m ²)	İlerleme Boyu (m)	Kazılan Hacim (m ³)	Patlayıcı Miktarı (kg)	Özgül Şarj (kg/m ³)
III	65,00	2,5	162,5	115,040	0,71
IV	67,50	2,0	135,0	71,556	0,55
V	70,66	1,5	106,0	19,600	0,18

Gaziantep Otoyolu (TAG) Tünel 2-Tünel 4 Arasının Mühendislik Jeolojisi", Y. Lisans Tezi. ÇÜ. Fen. Bil. Enst., Adana, 173 s.

Erkoç, Ö.Y., 1990; "Kaya Patlatma Tekniği", 164s.

Gustafsson, R., 1973; "Swedish Blasting Technique", 323s.

Konya, C.J. ve Walter, E.J., 1990; "Surface Blast Design", 293s.

Lauffer, H., 1958; "Gebirgsklassifizierung Fürden Stollenbau", Geol., Bauwesen 74, s. 46-51.

Naapuri, J., 1990; "Surface Drilling and Blasting", Tamrock, 472s.

Olofson, S.O., 1988; "Applied Explosive Technology for Construction and Mining", 302s.

Steiner, W. ve Einstein, H.H., 1980; "Improved Design of Tunnel Supports". Empirical methods in Rock Tunnelling-Reviewed

Recommendations, "U.S. Dept. of Transportation Report, Cilt 5, Sayı: UMTA-MA-06-0100-80-8, Washington D.C., Haziran.

Tekfen, 1996; Tekfen İnşaat ve Tesisat A.Ş.

Terzaghi, K., 1946; "Rock Defects and Loads on Tunnel Support", Rock Tunnelling with Steel Support, ed. R.V. Proctor ve T. Withe. Commercial Shearing Co., Youngstown, OH, s. 15-99.

Wickham, G.E., Tiedemann, H.R. ve Scinner. E.H., 1972; "Support Determination Based on

Geologic Predictions", Proc. Rapid Excav. Tunnelling Conf., AIME, New York, s. 43-64.

Yılmaz, İ., Ertunç, A. ve Erhan, F., 1992; "Engineering Geology of the Düziçi-Kömürler Region", 1st Int. Symp. Eastern Mediterranean Geology, Çukurova Üniversitesi Adana, s.77-89.

Yılmaz, i., 1995; "Significance of Discontinuity Surveying in Motorway Alingment Selection, Southern Turkey", Engineering Geology, Cilt 40, s. 41-48.