

Shuakhevi Hidro Elektrik Santral Projesi Enerji Tünellerindeki Patlatmalarda Uygulanan Paralel Kesme Yöntemi ve Orta Çekme (V-Kesme) Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Comparison of Parallel Cut and V-Cut Methods Which are Applied during Excavation in Energy Tunnel in Shuakhevi HEPP

Ü. Kılıç, V. Alabaş, M. Derya
Madser Patlayıcı Maddeler Ltd. Şti)

M. H. Erçelik
AGE Batumi

ÖZET Dünya’da delme-patlatmalı kazı yapılan tünel projelerinde veya maden galerilerinde delme-patlatma yöntemi olarak genelde Paralel Kesme metodu kullanılırken ülkemizde çok büyük oranda V-Kesme yöntemi tercih edilmektedir. Bu durumun ana nedenleri olarak delici operatörlerinin ve ateşleyicilerin alışkanlıkları ve Paralel Kesme yönteminin uygulaması sırasındaki zorluklar sayılabilir.

Bu bildiri her iki yöntemin kullanıldığı Shuakhevi HES projesindeki enerji tünellerinde yapılan patlatma uygulamaları anlatılarak sonuçları yorumlanmıştır. Bu çalışma, elde edilen tecrübeleri paylaşarak benzer şartlarda çalışan mühendislere fikir vermeyi amaçlamaktadır.

ABSTRACT In spite of the fact that V-Cut is the most preferred method in Turkey in tunnel projects which are excavated by drilling and blasting, Parallel Cut is the most preferred method in the World. The reasons could be the habits of the drilling operators and shotfirers and the operational difficulties of Parallel Cut method.

The experiences of drilling and blasting applications in Shuakhewi HEPP energy tunnels where both methods are applied are mentioned and the results are evaluated in this paper. This study aims to share the experiences and to help the engineers who are working in the same conditions.

1 GİRİŞ -

Dünya’da delme-patlatmalı kazı yapılan tünel projelerinde veya maden galerilerinde delme-patlatma yöntemi olarak genelde Paralel Kesme metodu kullanılırken ülkemizde çok büyük oranda V-Kesme yöntemi tercih edilmektedir. Bu durumun ana nedenleri olarak delici operatörlerinin ve ateşleyicilerin alışkanlıkları ve Paralel Kesme yönteminin uygulaması sırasındaki zorluklar sayılabilir.

Paralel kesme ile Orta kesme yöntemlerinin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları mevcut olup yöntem seçimi genellikle alışkanlıklara göre yapılmaktadır. Ülkemizde delme-patlatma işinde çalışan personeller (delici makine operatörleri ve ateşleyiciler) usta- çırak ilişkisi ile yetiştiğinden bir yöntemi öğrenen personel diğerini bilememektedir. Şantiyede ise bu konu, genellikle ateşleyicilerin ve delici operatörlerinin inisiyatifine bırakılmaktadır. Bu nedenlerden ötürü, ülkemizde bu 2 yöntem arasında seçim yapılırken, denemeler sonucu elde edilen verilere göre bir analiz yapılması gibi bilimsel bir yaklaşımdan bahsetmek mümkün değildir. Seçim, tamamen alaylı personelin alışkanlıklarına ve bilgi seviyesine bağlı olup

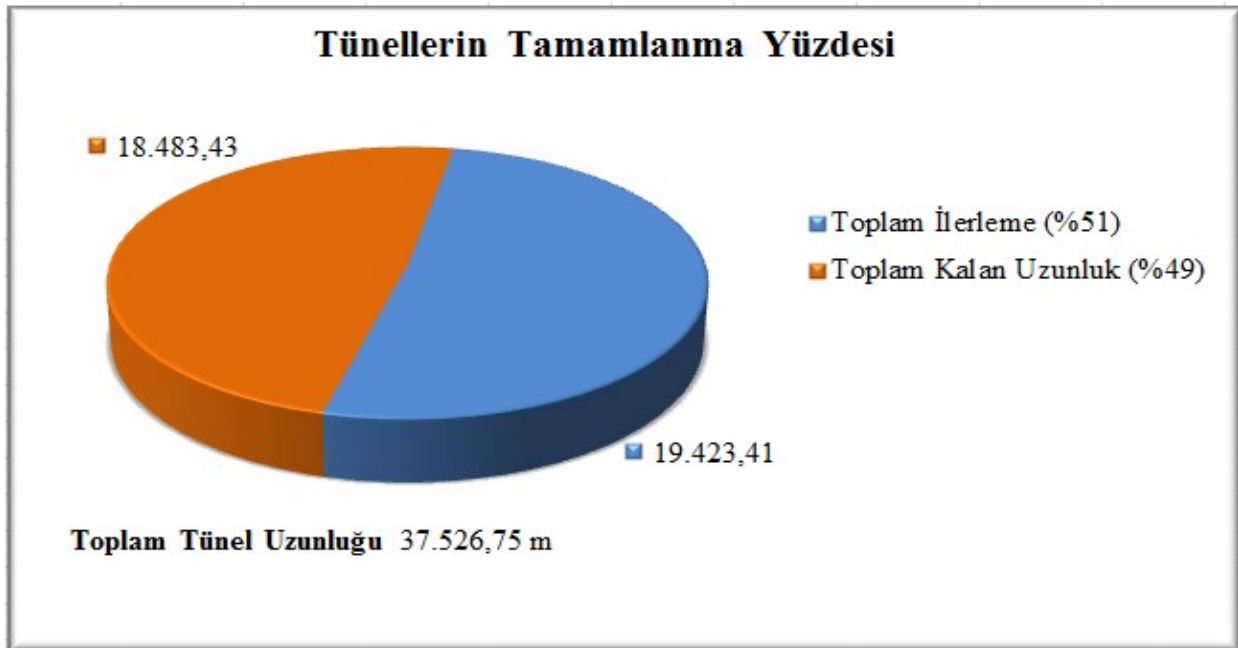
şantiyede konuya ısrarlı bir uğraş olmadıkça bu personelin yönlendirmesi doğrultusunda gerçekleşmektedir.

Bu bildiri de her iki yöntemin kullanıldığı Shuakhevi HES projesindeki enerji tünellerinde yapılan patlatma uygulamaları anlatılarak sonuçları yorumlanmıştır. Bu çalışma, elde edilen tecrübeleri paylaşarak benzer şartlarda çalışan mühendislere fikir vermeyi amaçlamaktadır.

2 PROJE HAKKINDA KISA BİLGİ

Shuakhevi HES projesi, Gürcistan - Acara Özerk Cumhuriyeti şehirlerinden Batum il merkezine yaklaşık 70 km uzaklıkta bulunan dağlık Shuakhevi bölgesinde bir Norveç firması olan “Clean Energy” ile Hindistan firması “Tata Power” tarafından yatırımı devam eden bir proje olup inşaatı AGE-BATUMI şirketi tarafından yapılmaktadır. Clean Energy ile Hindistan firması tarafından kurulan Adjaristsgali Georgia LLC firması işveren firma olup, HES projesi tamamlandığında enerji üretim kapasitesi 185 MW olacaktır. Proje kapsamında bir adet ana tünel hattı ve iki adet transfer tünel hatları yer almaktadır. Shuakhevi Ana Tünel Hattı toplamda yedi adet yaklaşım tüneli yardımı ile Didachara – Shuakhevi Santral Binası arasındaki yaklaşık 21 km’lik, Ø6,2 m çapında bir tüneli kapsamaktadır. Skhalta – Didachara bağlantısını yapacak olan transfer tünel hattında Skhalta mevkinden tek bir yaklaşım tüneli yardımıyla ve Didachara mevkinden yaklaşımsız olarak açılacak olan tünel 9,5 km’lik Ø5,2 m çapında transfer tüneli oluşturulmaktadır. Chirukhistsqali – Skhalta transfer tüneli ise toplamda iki uçtan iki yaklaşım tüneline sahip ve yaklaşık 6,5 km’lik, Ø4,2 m çapında uzunluğa sahiptir. Bunun dışında toplamda 443 m uzunluğunda derivasyon tünelleri yer almaktadır. Bu üç tünel hattının ve derivasyon tünellerinin uzunlukları ve lokasyon isimleri Çizelge.1 ve Ek.1’de belirtilmiştir. (Çelik, E; Erçelik, M. ve Kurdoğlu, Ç. 2015. *Shuakhevi 185MW Hidroelektrik Santral Projesi Delme-Patlatma Verilerine Ait Rapor. Sayfa 3-5*)

Yüklenici firma tarafından hazırlanan raporda Haziran 2015 ayı itibari ile projede bulunan tünellerin %51’i tamamlanmış olup geri kalan %49’luk bölümün ise 2016 yılının sonuna kadar bitirilmesi planlanmaktadır (Şek.1).



Şekil 1. Haziran 2015 İtibari İle Tünellerin Tamamlanma Yüzdeleri (Çelik, E; Erçelik, M. ve Kurdoğlu, Ç. 2015)

Çizelge 1. Lokasyonlara Göre Tünel Uzunlukları

Lokasyon	Toplam Tünel Uzunluğu (m)
Shuakhevi Ana Tünel Hattı	21.037,88
Headrace Inlet	59,37
Diakonidze Adit	334,31
Diakonidze Right Side	2377,01
Diakonidze Left Side	2220,49
Vashlovani Adit	891,73
Vashlovani Right Side	2424,96
Vashlovani Left Side	2195,04
Chanckalo Adit	568,85
Chanckalo Right Side	2392,37
Chanckalo Left Side	2167,63
Akhaldaba Adit	555,23
Akhaldaba Right Side	141,76
Akhaldaba Left Side	2730,21
Pressure Shaft	251,30
High Pressure Headrace Adit	628,88
Headrace Right Side	482,16
Headrace Left Side	357,42
Bifurcation Adit	155,39
Steel Lined High Pressure Headrace RS	279,38
Steel Lined High Pressure Headrace LS	75,69
Skhalta- Didachara Transfer Tünel Hattı	9587,68
Skhalta Intake Adit	365,30
Skhalta Intake Right Side	645,57
Lokasyon	Toplam Tünel Uzunluğu (m)
Skhalta Intake Left Side	3970,06
Skhalta Outlet	4606,75
Chirukhistgali – Skhalta Tarnsfer Tünel Hattı	6457,87
Chirukhistgali Intake Adit	16,49
Chirukhistgali Intake Right Side	40,70
Chirukhistgali Intake Left Side	3132,82
Rock Trap Adit	230,07
Rock Trap Right Side	2742,18
Rock Trap Left Side	295,61
Derivasyon Tünelleri	443,32
Didachara Derivasyon	179,98
Skhalta Spillway North Side	139,22
Skhalta Spillway South Side	124,10

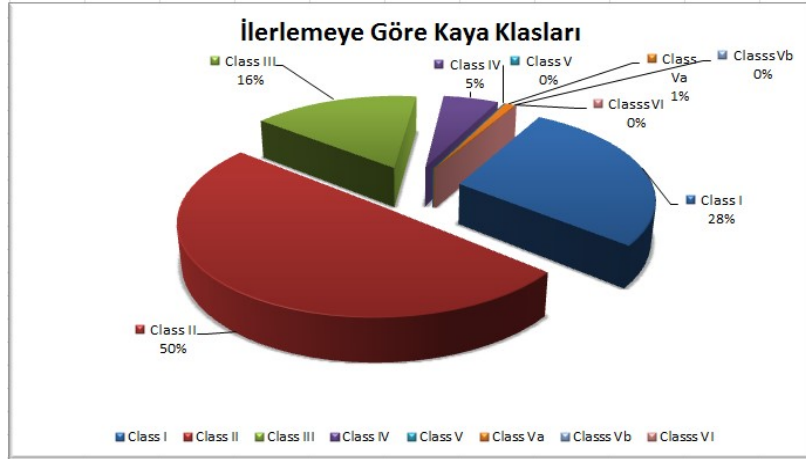
3 SAHANIN JEOLJİSİ

Proje alanı içindeki kayalar, volkanik ve volkanikalistik tortulardır. Tipik olarak Andezit - Bazalt – Lav Akışları, Lav – Breşleri ve volkanik kül çökeltileridir (tüf). Saha alanında kaya türlerine bakıldığında Chidila (en yaşlı), Adigeni ve Gorjomi (en genç) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Tünel yapımı sırasında Andezit, Bazalt, Tüf ve Breş/Konglomera dört ana kaya türleri ile çalışılması beklenmektedir.

Sahanın karmaşık jeolojik ortamı nedeni ile tünel yapım sırasında başka kaya tipleri ile de karşılaşılması beklenmektedir. Proje alanı boyunca, arada bir araya giren püskürük damarlar ile

de karşılaşılmıştır. Tünellerin yapımı sırasında karşılaşılan kayaların %98'inin yukarıda belirtilen dört ana kaya türlerinden biri olması beklenmektedir.

Projedeki kaya sınıflarına göre tünellerde yapılan ilerlemeler ve yüzdeleri Çizelge 2'de ve Şekil 2'de verilmiştir. Görüldüğü gibi tüneldeki ilerlemelerin %78'si çoğunlukla sert zeminde yapılmış olup, Class I zemininde %28 (4895,80 m), Class II zemininde %50 (8786,88 m) ve Class III zemininde ise %16 (2872,65 m) ortalama ilerleme yapılmıştır. (Çelik, E; Erçelik, M. ve Kurdoğlu, Ç. 2015. *Shuakhevi 185MW Hidroelektrik Santral Projesi Delme-Patlatma Verilerine Ait Rapor*)



Şekil 2. İlerlemeye Göre Kaya Klasları (Çelik, E; Erçelik, M. ve Kurdoğlu, Ç. 2015.)

Çizelge 2. Tünellerde Kaya Klaslarına Göre İlerlemeler

Lokasyon	Kaya Sınıfına Göre Tünel İlerlemeleri (m)					Toplam İlerleme (m)
	Class I	Class II	Class III	Class IV	Class Va	
Ana Hat Tüneli	3962,07	4931,90	1720,82	490,13	100,73	11205,7
Skhalta - Didachara Transfer Tüneli	597,13	2130,36	526,48	267,72	48,00	3569,69
Chirukhistsqali - Skhalta Transfer Tüneli	197,90	1706,32	625,35	174,37	24,74	2728,68
Derivasyon Tüneli	138,70	18,30	0,00	22,97	0,00	179,97
TOPLAM	4895,80	8786,88	2872,65	955,19	173,47	17683,99

*Class V, Class Vb, Class VI herhangi kazı yapılmamıştır.

4 KISA TEORİK BİLGİ

4.1 Tünel Patlatma Yöntemleri

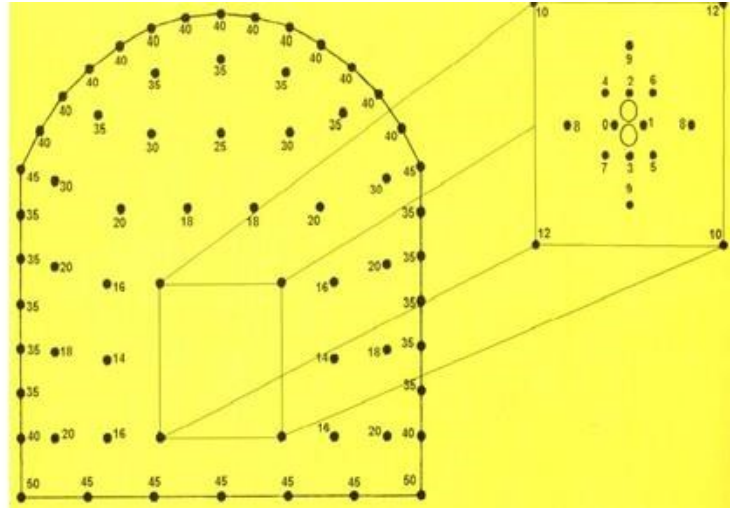
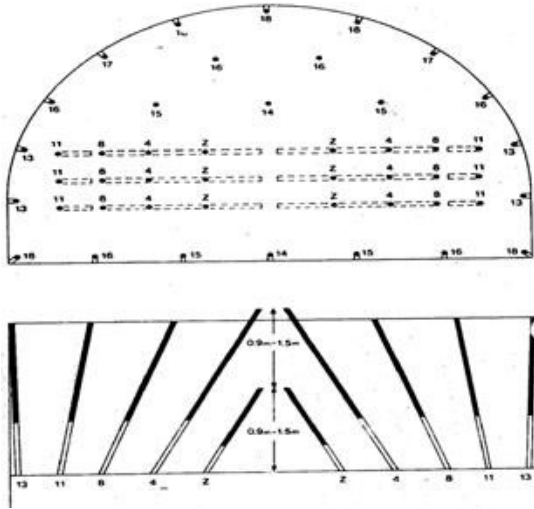
Basamak patlatmalarından farklı olarak tek bir serbest yüzeye doğru yapılan tünel patlatmalarında 2. serbest yüzey kesme bölgesi ile oluşturulur. Tünel patlatma yöntemleri de kesme bölgesinin şekline göre adlandırılır. En yaygın olarak uygulanan yöntemler V-Kesme (Orta Çekme) ve Paralel Kesme yöntemleridir. Her iki yöntemin birbirine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Bu bölümde her iki yöntem hakkında kısa bilgi verilmiştir.

4.1.1 Orta Kesme (V-cut) Yöntemi

Bu yöntemde tünel aynasının kesme bölgesine V şeklinde delikler delinir ve bu delikler aynı anda ateşlenerek ilk önce bu bölgenin boşaltılması sağlanır. Şekil 4'de tipik delik düzeni görülen Paralel Kesme uygulamasında tüm delikler birbirine paralel olarak aynaya dik şekilde delinirken Orta Çekme (V-Cut) yönteminde kesme delikleri V şeklinde bir geometri ile delinir (Şek. 3). Sistemi sınırlayan en önemli husus V deliklerinin açısının en az 60 derece olmasının istenmesidir çünkü daha düşük açılarda başarılı sonuçlar almak zorlaşmaktadır (ISEE, 2011). Aksi takdirde dar açıdan dolayı V'nin dip kısmında kırılma yetersiz olmakta ve bu kritik

bölgede kamara (soket) kalabilmektedir. Verimli şekilde boşaltılamayan kesme bölgesi yetersiz serbest alandan dolayı sıkışmaya neden olur ve atımın tümünü etkileyerek toplamda atımın performansını düşürmektedir. Bu olumsuz durumu telafi edebilmek için şarj miktarı artırılır ama bu da kesin çözüm değildir.

Olofsson'a ve ISEE'ye göre bu yöntemde tünel genişliğinin %45-50'sinden fazla ilerleme hedeflenmemelidir (Olofsson, 2002. Sayfa 177 ve ISEE, 2000, 17th ed, 452.s). Oysa uygulamada zemin tipi, eldeki makine vb. şartlar uygun olduğunda daha uzun delik boyları ile çalışılmaktadır. Dar kesitli tünellerde uzun delik boyları ile yapılan patlatmalarda, başarılı atım sonuçları ancak özgül şarjın artırılması ile gerçekleşmektedir (Kılıç, Ü. Ve Demir E., 2013). Delik diplerinin birbirlerine 30cm'den fazla yaklaşmaması önerilir.



Şekil 3. V-kesme Delik Düzeni

Şekil 4. Tipik bir Paralel Kesme delik düzeni

(Olofsson, S, (2nd ed.), 2002. *Applied Explosives Technology For Construction and Mining*, 176 s)

4.1.2 Paralel Kesme (Burn Cut) Yöntemi

Bu yöntemde tüm delikler birbirine paralel, aynaya dik olarak delinir. Kesme bölgesine tasarıma bağlı olarak tercihen üretim deliklerinden daha büyük çaplara sahip boş delikler delinerek bunların etrafına oldukça yakın mesafede patlatma delikleri delinir. Patlatma delikleri farklı gecikmelerle ateşlenerek boş deliğin hacmi kademeli olarak genişletilerek hedeflenen 2.serbest yüzey yaratılmış olur. V-Kesme yönteminde olduğu gibi bu yöntem için en kritik nokta, kesme bölgesinin iyi tasarlanmış olmasıdır. Boş deliğin hacmi kesme bölgesinin hacminin en az %10-15'i kadar olmalı ve delikler birbirine titiz şekilde paralel delinmelidir (Orica, 2000). Özellikle kesme bölgesinin ilk 2 kademesinde her deliğe ayrı gecikme verilmelidir. Bu gecikme süreleri patlatma sonucu deliğin önündeki yükü, boş delikten dışarı atacak kadar yeteri uzunlukta tutulmalıdır. Özellikle kesme bölgesindeki deliklerde sıkılama payı çok az bırakılmalıdır. Bundan amaçlanan o bölgede yüksek şarj yoğunluğu sağlayarak kayacı ufalamak ve boş deliklerden dışarı atmaktır. Şekil 4'de tipik bir paralel delik delme yöntemi görülmektedir.

5 SHUAKHEVI HES PROJESİNDEKİ DELME PATLATMA UYGULAMARI

Bu projede Ø4,20 m, Ø5,20 m ve Ø6,20 m çapındaki tünellerde delme-patlatma yöntemi olarak hem paralel delik (Burn Cut) yöntemi hem de Orta Çekme (V-cut) delik delme yöntemi kullanılmıştır. Firma, tünellerin kazısı sırasında delme-patlatma metodu olarak önce paralel kesme yöntemini kullanmış, belli bir süre sonra V-Kesme (Orta Çekme) metodunu kullanmaya başlamıştır. Bu bölümde, proje kapsamında farklı çaplardaki tünellerde kullanılan delme-patlatma uygulamaları anlatılmıştır.

5.1 Ø 4,20m Çapındaki Tünellerde Orta Çekme (V- Kesme) Uygulaması

Firmanın 4,20m çapındaki tünellerde uyguladığı patlatma tasarımı Şekil 5'te görülmektedir. Bu çaptaki tüneller için yapılan tasarımda, aynaya 45 mm çapında, 3,00 m uzunluğunda ortalama 57 adet delik delinmektedir. Bu uygulamaya ait genel parametreler Çizelge 3'de verilmiştir. Firma kayıtlarına göre Haziran 2015 ayı sonu itibarıyla 4,20m çapındaki tünellerde uygulanan V-Kesme yöntemi sonucu günlük ilerleme ortalama 5,50m ve ortalama aylık ilerleme ise 150 m olarak gerçekleşmiştir. (Çelik, Emre; Erçelik, Mete Han ve Kurdoğlu, Çağatay, 2015. *Shuakhevi 185MW Hidroelektrik Santral Projesi Delme-Patlatma Verilerine Ait Rapor.*)

Çizelge 3. Ø 4,20m Çaplı Tünellerde V-Kesme Uygulaması

PARAMETRELER

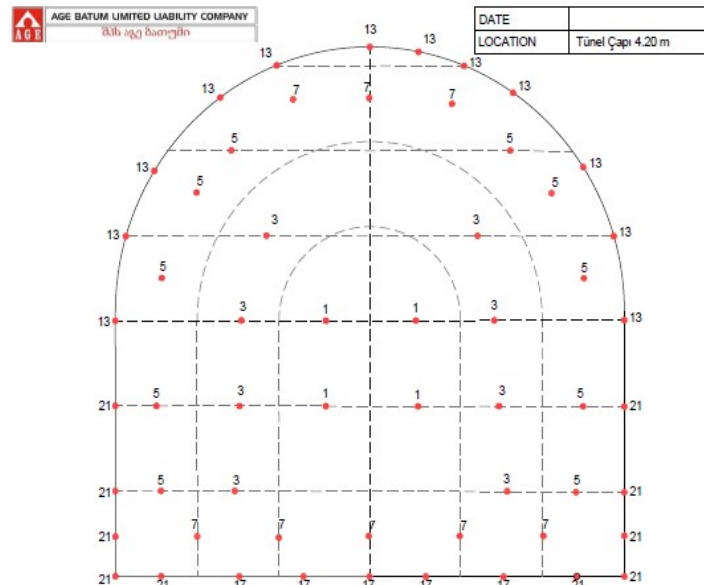
Formasyon	: Class I-II	
Tünel Kesit Alanı	: 18,86	m ²
Delik Çapı	: 45	mm
Delik Boyu	: 3,00	m
Delik Sayısı	: 57	ad
İlerleme	: 2,85	m
Üretim	: 53,75	m ³
Atım Verimi	: 95	%

KULLANILAN PATLAYICI MADDELER

Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(38x400)	: 137,21	kg
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(27x225)	: 2,79	kg
Elektriksiz Kapsül LP 5 m	: 57	ad
İnfilaklı Fitol 10 gr	: 20	m
İnfilaklı Fitol 80 gr	: 30	m
Elektrikli Kapsül	: 1	ad

ÖZGÜL TÜKETİMLER

Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(38x400)	: 2,553	kg/m ³
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(27x225)	: 0,052	kg/m ³
Elektriksiz Kapsül LP 5 m	: 1,060	ad/m ³
İnfilaklı Fitol 10 gr	: 0,372	m/m ³
İnfilaklı Fitol 80 gr	: 0,558	m/m ³
Elektrikli Kapsül	: 0,019	ad/m ³
Toplam Delgi	: 3,181	m/m ³



Şekil 5. 4,20m Çapındaki tünellerde uygulanan V-Kesme delik düzeni

5.2 Ø 5,20m Çapındaki Tünellerde Orta Çekme (V- Kesme) Uygulaması

5.20 m çapındaki tünelin aynasına 45 mm çapında, 3,60m uzunluğunda ortalama 65 adet delik delinmektedir. Bu uygulamaya ait genel parametreler ve birim tüketimler Çizelge 4’de, delik düzeni ise Şekil 6’da verilmiştir. Firma kayıtlarına göre Haziran-2015 ayı sonu itibarıyla 5,20m çapındaki tünellerde uygulanan V-Kesme yöntemi sonucu günlük ilerleme ortalama 6,20m ve aylık ortalama ilerleme ise 170 m olarak gerçekleşmiştir. (Çelik, Emre; Erçelik, Mete Han ve Kurdoğlu, Çağatay, 2015. *Shuakhevi 185MW Hidroelektrik Santral Projesi Delme-Patlatma Verilerine Ait Rapor.*)

Çizelge 4. Ø 5,20m Çaplı Tünellerde V-Kesme Uygulaması

PARAMETRELER

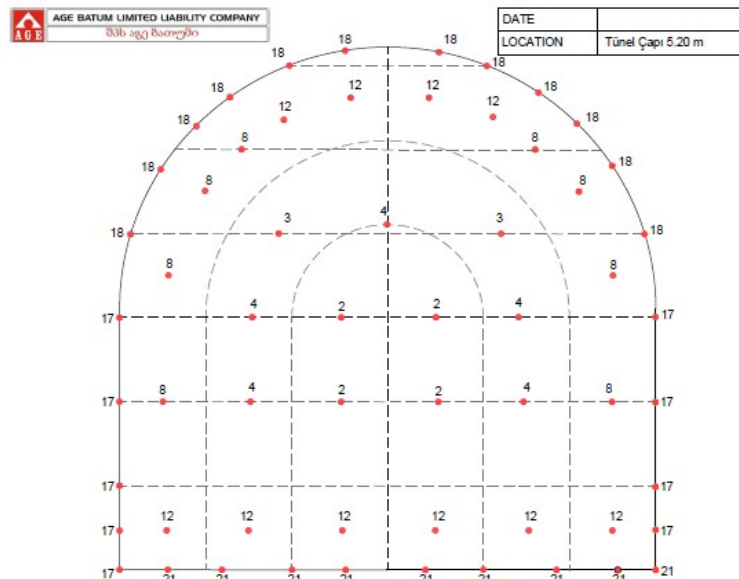
Formasyon	: Class I-II	
Tünel Kesit Alanı	: 25,55	m ²
Delik Çapı	: 45	mm
Delik Boyu	: 3,60	m
Delik Sayısı	: 65	ad
İlerleme	: 3,42	m
Üretim	: 87,38	m ³
Atım Verimi	: 95	%

KULLANILAN PATLAYICI MADDE

Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(38x400)	: 167,58	kg
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(27x225)	: 2,42	kg
Elektriksiz Kapsül LP 5 m	: 65	ad
İnfilaklı Fitol 10 gr	: 20	m
İnfilaklı Fitol 80 gr	: 50	m
Elektrikli Kapsül	: 1	ad

ÖZGÜL TÜKETİMLER

Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(38x400)	: 1,918	kg/m ³
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(27x225)	: 0,028	kg/m ³
Elektriksiz Kapsül LP 5 m	: 0,744	ad/m ³
İnfilaklı Fitol 10 gr	: 0,229	m/m ³
İnfilaklı Fitol 80 gr	: 0,572	m/m ³
Elektrikli Kapsül	: 0,011	ad/m ³
Toplam Delgi	: 2,678	m/m ³



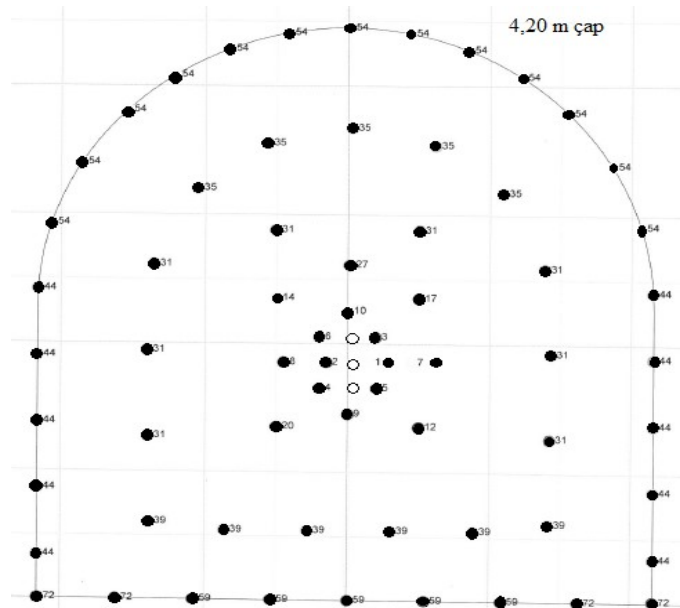
Şekil 6. 5,20m Çapındaki tünellerde uygulanan V-Kesme delik düzeni

5.4 Ø 4,20m İçin Paralel Kesme Uygulaması

Bu uygulamada, 4.20 m çapındaki tünelin aynasına 102 mm çapında 3 adet boş delik, 45 mm delik çapında ortalama 69 adet üretim deliği delinmekte olup günlük ilerleme ortalama 4.50 m ve aylık ilerleme ise 120 m olmaktadır. (Çelik, E; Erçelik, M. ve Kurdoğlu, Ç. 2015. *Shuakhevi 185MW Hidroelektrik Santral Projesi Delme-Patlatma Verilerine Ait Rapor.*) Bu çaptaki tünellerde uygulanan Paralel Kesme metoduna ait genel patlatma parametreleri Çizelge 6'da, delik düzeni ise Şekil 8'de verilmiştir.

Çizelge 6. Ø 4,20m Çaplı Tünellerde Paralel Kesme Uygulaması

PARAMETRELER		
Formasyon	: Class I-II	
Tünel Kesit Alanı	: 18,86	m ²
Delik Çapı	: 45	mm
Delik Boyu	: 3,60	m
Delik Sayısı	: 66 + 3	ad
İlerleme	: 3,515	m
Üretim	: 66,29	m ³
Atım Verimi	: 95	%
KULLANILAN PATLAYICI MADDELER		
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(38x400)	: 184,38	kg
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(27x225)	: 3,10	kg
Elektriksiz Kapsül LP 5 m	: 66	ad
İnfilaklı Fitol 10 gr	: 20	m
İnfilaklı Fitol 80 gr	: 85,10	m
Elektrikli Kapsül	: 1	ad
ÖZGÜL TÜKETİMLER		
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(38x400)	: 2,781	kg/m ³
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(27x225)	: 0,046	kg/m ³
Elektriksiz Kapsül LP 5 m	: 0,996	ad/m ³
İnfilaklı Fitol 10 gr	: 0,302	m/m ³
İnfilaklı Fitol 80 gr	: 1,283	m/m ³
Elektrikli Kapsül	: 0,015	ad/m ³
Toplam Delgi	: 3,820	m/m ³



Şekil 8. 4,20m Çapındaki tünellerde uygulanan Paralel Kesme delik düzeni

5.5 Ø 5,20m İçin Paralel Kesme Uygulaması

5.20 m çapındaki tünellerde uygulanan paralel kesme yönteminde tünelin aynasına 89 mm çapında 3 adet boş delik ve 45 mm çapında ortalama 81 adet üretim deliği delinmektedir. Bu uygulamaya ait delik düzeni Şekil 9'da ve genel patlatma parametreleri, sarflar, birim tüketimler Çizelge 7'de verilmiştir. Bu çaptaki tünellerde Paralel Kesme metodunun kullanıldığı delme patlatmalı kazı çalışmaları sonucu günlük ortalama ilerleme 5,50m, aylık ortalama ilerleme ise 150m olarak gerçekleşmiştir. 5,20m çapındaki tünellerde delik boyu 4,20m olarak planlanmıştır.

Çizelge 7. Ø 5,20m Çaplı Tünellerde Paralel Kesme

PARAMETRELER		
Formasyon	: Class I-II	
Tünel Kesit Alanı	: 25,55	m ²
Delik Çapı	: 45	mm
Delik Boyu	: 4,20	m
Delik Sayısı	: 78 + 3	ad
İlerleme	: 4,00	m
Üretim	: 102,20	m ³
Atım Verimi	: 95	%
KULLANILAN PATLAYICI MADDELER		
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(38x400)	: 267,33	kg
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(27x225)	: 2,831	kg
Elektriksiz Kapsül LP 5 m	: 78	ad
İnfilaklı Fitol 10 gr	: 20	m
İnfilaklı Fitol 80 gr	: 96,60	m
Elektrikli Kapsül	: 1	ad
ÖZGÜL TÜKETİMLER		
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(38x400)	: 2,62	kg/m ³
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(27x225)	: 0,028	kg/m ³
Elektriksiz Kapsül LP 5 m	: 0,763	ad/m ³
İnfilaklı Fitol 10 gr	: 0,196	m/m ³
İnfilaklı Fitol 80 gr	: 0,945	m/m ³
Elektrikli Kapsül	: 0,010	ad/m ³
Toplam Delgi	: 3,329	m/m ³



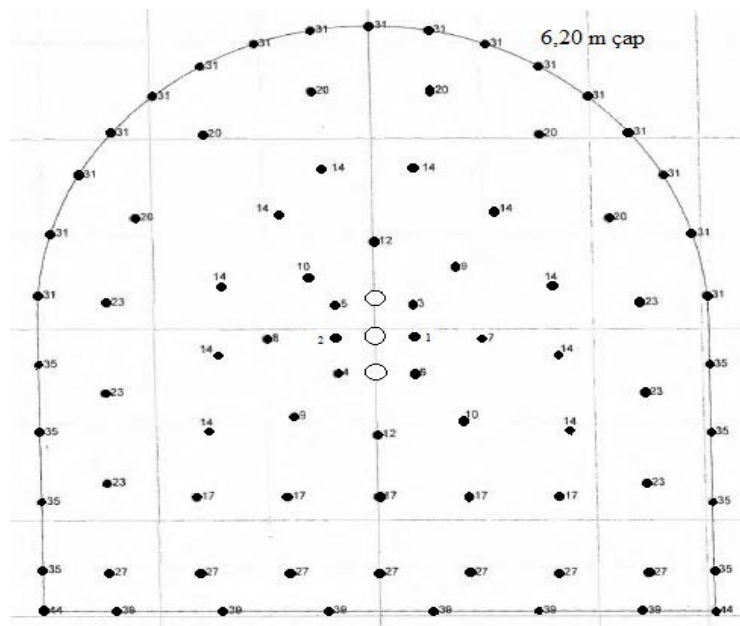
Şekil 9. 5,20m Çapındaki tünellerde uygulanan Paralel Kesme delik düzeni uygulaması

5.6 Ø 6,20m İçin Paralel Kesme Uygulaması

6.20 m çapındaki tünellerde uygulanan paralel kesme metodunda tünel aynasına 89 mm çapında 3 adet boş delik ve 45 mm çapında ortalama 84 adet üretim deliği delinmektedir. Genelde kullanılan delik boyu 4,50m'dir. Bu çaptaki tünellerde Paralel Kesme metodu kullanılarak yapılan delme patlatmalı kazı çalışmaları sırasında günlük ortalama ilerleme ortalama 5.00 m ve aylık ortalama ilerleme ise 140 m olarak gerçekleşmiştir. Bu uygulamaya ait genel patlatma parametreleri, sarflar, birim tüketimler Çizelge 8'de ve delik düzeni Şekil 10'da görülmektedir. (Çelik, E; Erçelik, M. ve Kurdoğlu, Ç. 2015. *Shuakhevi 185MW Hidroelektrik Santral Projesi Delme-Patlatma Verilerine Ait Rapor.*)

Çizelge 8. Ø 6,20m Çaplı Tünellerde Paralel Kesme Uygulaması (Ø6,20m)

PARAMETRELER		
Formasyon	: Class I-II	
Tünel Kesit Alanı	: 36,87	m ²
Delik Çapı	: 45	mm
Delik Boyu	: 4,50	m
Delik Sayısı	: 81 + 3	ad
İlerleme	: 4,275	m
Üretim	: 157,62	m ³
Atım Verimi	: 95	%
KULLANILAN PATLAYICI MADDELER		
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(38x400)	: 308,53	kg
Elektriksiz Kapsül LP 5 m	: 81	ad
İnfilaklı Fitol 10 gr	: 30	m
İnfilaklı Fitol 80 gr	: 112,50	m
Elektrikli Kapsül	: 1	ad
ÖZGÜL TÜKETİMLER		
Kapsüle Duyarlı Pat.Mad.(38x400)	: 1,960	kg/m ³
Elektriksiz Kapsül LP 5 m	: 0,514	ad/m ³
İnfilaklı Fitol 10 gr	: 0,190	m/m ³
İnfilaklı Fitol 80 gr	: 0,714	m/m ³
Elektrikli Kapsül	: 0,006	ad/m ³
Toplam Delgi	: 2,280	m/m ³



Şekil 10. 6,20m Çapındaki tünellerde uygulanan Paralel Kesme delik düzeni

6 YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Haziran 2015 ayı itibari ile toplam tünel kazısının %51'i tamamlanmış olup yapılan kazıların %94'ünde delme-patlatma uygulamaları yapılmıştır. Kazıların %28'i (4896m) Class I formasyonunda, %50'si (8787m) Class II formasyonunda ve %16'sı (2873m) Class III formasyonunda yapılmıştır (Şek. 2, Çiz. 2). Değişik tünel çaplarında uygulanan delme- patlatma yöntemlerine ait genel parametreler ve ortalama günlük-aylık ilerlemeler Çizelge 9'da verilmiştir. Bu tablodaki veriler incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar görülmektedir:

- **Delik Boyu:** Paralel Kesme yönteminde daha uzun delik boyu ile çalışılmıştır.
- **Delik Sayısı:** Atım başına delik sayısı Paralel Kesme yönteminde daha fazladır. Bunun ana nedeni özellikle kesme bölgesinde birbirine yakın deliklerin fazla olması ve daha uzun delik boyları ile çalışılmasıdır. Bununla birlikte kesit alanın genişlediği 6,20m çapındaki tünellerde delik sayıları birbirine yaklaşmaktadır.
- **Patlayıcı Madde Miktarı:** Atım başına kullanılan patlayıcı madde miktarı Paralel Kesme yönteminde daha fazladır.
- **Birim Patlayıcı Tüketimleri:** Kapsüle duyarlı patlayıcı madde özgül tüketimi paralel kesme uygulamalarında daha fazladır (Çiz. 10). Bunun nedeninin Paralel Kesme metodunda daha uzun delik boylarının kullanılmasıdır. Uygulamada aynı kesite sahip tünellerde delik boyu arttıkça özgül şarjın arttığı gözlenmiştir (Kılıç, Ü. Ve Demir, E.2013). Kapsül için özgül tüketim değerleri her iki uygulamada bir birine yakındır. Paralel kesme yönteminde daha uzun delik boyları kullanılmasına rağmen delik sayısının fazla olması toplamda özgül tüketim mukayesesi açısından bir avantaj sağlamamaktadır (Çiz. 10).
- **Delgi Süresi:** Delik boyu ve delik sayısı daha fazla olduğu için delgi süresi Paralel Kesme yönteminde daha fazladır.
- **Kazı İlerleme Hızı:** Haziran-2015 ayı sonu itibarıyla yapılan toplam tünel kazıları sonucu her iki yöntem için günlük-aylık ortalama ilerleme hızları birbirine yakındır. Hatta atım başına delik boyları daha kısa olmasına rağmen V-Kesme (Orta Çekme) yönteminde ortalama ilerleme hızı daha fazladır.

Çizelge 9. İki Yöntemin Karşılaştırılması

Yöntem	Çap (m)	D.B. (m)	D.S. (ad)	D.Sr (dk)	Günlük İlerleme (m/gün)	Aylık İlerleme (m/ay)	Kapsüle Duyarlı (Kg)	İ.Fitul (m)		Kapsül (ad)	
								10g	80g	Elektrikli	Elektriksiz
Paralel Delik	Ø6,20	4,50	84	130	5,0	140	308	20	112	1	84
	Ø5,20	4,20	81	110	5,5	150	270	20	96	1	81
	Ø4,20	3,60	69	90	4,5	120	187	15	85	1	69
Orta Çekme	Ø6,20	4,00	85	100	6,0	160	250	30	50	1	85
	Ø5,20	3,60	65	90	6,2	170	170	20	50	1	75
	Ø4,20	3,00	57	75	5,5	150	140	20	40	1	65

D.B.: Delik Boyu, D.S.: Delik Sayısı, D.Sr.: Delgi Süresi (Kaynak: Çelik, E; Erçelik, M. ve Kurdoğlu, Ç. 2015. *Shuakhevi 185MW Hidroelektrik Santral Projesi Delme-Patlatma Verilerine Ait Rapor*)

Çizelge 10. Patlayıcı Madde Özgül Tüketimleri

Yöntem	Çap (m)	Özgül Tüketimler				
		Kapsüle Duyarlı (kg/m ³)	Elektriksiz Kapsül (Adet/m ³)	İnfilaklı Fital- 80g (m/m ³)	İnfilaklı Fital- 10g (m/m ³)	Elektrikli Kapsül (Adet/m ³)
Paralel Delik	Ø6,20	1,96	0,51	0,71	0,19	0,006
	Ø5,20	2,65	0,76	0,94	0,20	0,010
	Ø4,20	2,83	1,00	1,28	0,30	0,015
Orta Kesme	Ø6,20	1,78	0,61	0,36	0,214	0,007
	Ø5,20	1,94	0,74	0,57	0,23	0,011
	Ø4,20	2,60	1,06	0,56	0,37	0,019

(Kaynak: Çelik, Emre; Erçelik, M. ve Kurdoğlu, Ç. 2015. *Shuakhevi 185MW Hidroelektrik Santral Projesi Delme-Patlatma Verilerine Ait Rapor*)

7 SONUÇ

Yeraltı ve Tünel patlatma yöntemlerinden Paralel Kesme Yöntemi ve Orta Çekme (V- Kesme) yönteminin her ikisinin de kullanıldığı Shuakhevi HES projesinde başarılı delme-patlatma uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Uygulanan delme-patlatma tasarımları ve kayıt altına alınan sonuçlar, müteahhit firma AGE Batumi tarafından yazarlarla paylaşılmıştır. Bu çalışmanın önemli sonuçları aşağıda verilmiştir:

- Genellikle atım sonucunun başarısız olacağı endişesi, dolumdaki zorluklar, özgül şarjın artacağı gerçeği ve daha fazla kontrolsüz boşluklar oluşacağı düşünceleri nedeniyle uzun delikli tünel patlatma uygulamalarından kaçınılır. Oysa bu projedeki delme-patlatma uygulamalarında uzun delik boyları cesaretle kullanılmıştır.
- İlk patlatmalarda tünel patlatma yöntemi olarak alışlagelen Orta Çekme yöntemi yerine şantiyede teknik personelin ısrarı ile Paralel Kesme yöntemi kullanılmıştır. Teknik personelin yoğun çabası ile bu yöntem, ateşleyicilere ve delici makine operatörlerine benimsetilmiş ve ilk 5-6 ay boyunca yapılan yaklaşık 5-km'lik tünel kazılarında başarıyla uygulanmıştır. Daha sonra özellikle personel sirkülasyonu ve çalışılan ayna sayısının artmasına bağlı olarak yeni personel ihtiyacı sonucu Türkiye'den giden delici makine operatörlerinin alışıık olduğu Orta Çekme (V- Kesme) yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Çünkü çok fazla sayıda aynada yoğun bir şekilde delme-patlatma operasyonu yapılırken yeni gelen personelin Paralel Kesme eğitim süreci zaman alıcı olmaktadır.
- Orta Çekme yöntemi kullanılmaya başlandıktan sonra atım başına delik boyu daha kısa olmasına rağmen bu yöntemin ilerleme hızını düşürmediği rapor edilmiştir. Bu durum atım sonuçlarına ait kayıtlarda açıkça görülmektedir. Bu konu hakkındaki bir görüşe göre "Paralel Kesme yönteminin kullanıldığı kazı çalışmalarının ilk başlarında yaşanan aksaklıklar, bu yöntemin kullanıldığı dönemde aylık ilerleme hızı üzerine olumsuz yansımıştır". Diğer bir görüş ise "Paralel Kesme yönteminde uzun delik boylarından dolayı yapılan patlatmalar sonucu tarama (kesit düzeltme) işine daha fazla zaman ayırmak gereği ortaya çıkmaktadır. Bu durum ilerleme hızını olumsuz etkilemektedir." Ayrıca Paralel Kesme Yönteminde delici operatörlerinin ve ateşleyicilerin yeterli deneyime sahip olmamaları nedeniyle delgi süresinin ve dolum süresinin daha fazla olması da ilerleme hızını etkileyen diğer unsurlardır.
- Yeraltı Madencilğinde galeri sürme veya tünel kazısı işlerinde uygun yöntem seçilirken, her iki yöntem denenerek sonuçları kayıt altına almalı ve bu sonuçların ışığında çalışma koşullarına uygun olan yöntemin seçilmesi doğru yaklaşım olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu bildirin hazırlanması sırasında desteklerini sunan Sn. Sezai AZİZOLU'na, Sn. Yavuz DİKER'e, Sn. Nazım KURDOĞLU'na, Sn. Ömer KULEYİNLİOĞLU'na ve AGE BATUM LLC.'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Çelik, Emre; Erçelik, Mete Han ve Kurdoğlu, Çağatay, 2015. *Shuakhevi 185MW Hidroelektrik Santral Projesi Delme-Patlatma Verilerine Ait Rapor*. Batum
- International Society of Explosive Engineers (ISEE), (18th ed.), 2011. *Blasters' Handbook*, Cleveland, Ohio ABD, 845 s.
- International Society of Explosive Engineers (ISEE), (17th ed.), 2000, Second Printing. *Blasters' Handbook*, Cleveland, Ohio ABD, 452. s
- Kılıç, Ü. ve Demir, E. 2013. *VII. Delme Patlatma Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 225-233s. Eskişehir
- Olofsson, S, (2nd ed.), 2002. *Applied Explosives Technology For Construction and Mining*, Arla, Sweden, 166-177s.
- Orica Mining Services, Technical Services, 2010. *Safe and Efficient Blasting in Underground Metal Mines*, Avustralya, 88 s.