

# Basamak Patlatmalarında Gecikmenin Önemi

## *Importance of The Timing In Bench Blasting*

Ümit Kılıç

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş.)

Metehan Derya

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş.)

**ÖZET** Patlatmada genel olarak en iyi sonuçlar (parça boyutu, sarsıntı, gerinin örselenmesi vb. şartlar açısından) komşu deliklerin uygun kısa gecikmeler kullanılarak teker teker ateşlenmesiyle elde edilir. Uygun gecikme zamanları seçilerek deliklerin teker teker ateşlenmesi ile komşu delikler arasındaki pozitif etkileşimden faydalanılır. Birçok deneme patlatması ve üretim patlamasının sonuçları göstermiştir ki tipik bir basamak patlatmasında uygun delikler arası gecikme genellikle komşu delikler arası mesafenin metresi başına 10ms'den küçüktür.

Bu çalışmada, artık üzerinde daha ayrıntılı çalışmalar yapılmaya başlanan basamak patlatmalarında gecikmenin önemi üzerinde durulmuş ve pratikteki uygulamalar karşılaştırılmıştır.

**ABSTRACT** Generally best results in blasting operations can be achieved by hole by hole firing with short delays. Hole by hole firing with suitable delay time would ensure positive interaction between adjacent blastholes. Lots of test blast and production blast results indicate that ideal inter-hole delay for typical bench blasting is less than 10ms per meter of spacing.

This paper mentions about importance of timing in bench blasting and comparisons between practices.

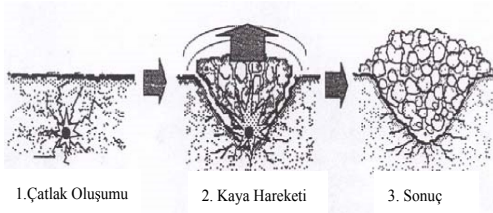
## 1 GİRİŞ

Patlatma işlerinde gecikme kullanılması bazı ihtiyaçlardan dolayıdır. Bu ihtiyaçlar, daha büyük hacimli patlatmalar yaparak üretimi arttırmak, daha verimli patlatmalar yapmak, sarsıntı sorununu azaltmak şeklinde ifade edilebilir. Yerüstü patlatmaları ile yeraltı patlatmaları için ihtiyaç duyulan gecikme süreleri farklıdır. Yeraltı patlatmalarında uzun gecikme süreleri gerekli iken yerüstü patlatmalarında kısa gecikme aralıkları kullanılmaktadır. Yüzey patlatmalarında delikler gecikmesiz olarak, sadece sıralara gecikme verilerek, delikler arasında uzun gecikme kullanılarak ya da delikler arasında kısa gecikme kullanılarak ateşlenebilir.

### 1.1 Patlatma Sırasında Gelişen Olaylar

Basamak patlatmalarında bir serbest yüzeye doğru patlayan delik Şekil-1'de görüldüğü gibi şu olaylara sebep olur:

- Delikteki patlayıcının patlaması
- Şok dalgalarının kayaç içerisinde ilerlemesi ve çatlakları oluşturması
- Basınçlı gazların genişleyerek oluşan çatlakları genişletmesi
- Kaya kütlelerinin taşınması



Şekil 1. Patlama sırasında gelişen olaylar. (5)

## 2 GECİKMESİZ ATIMLAR

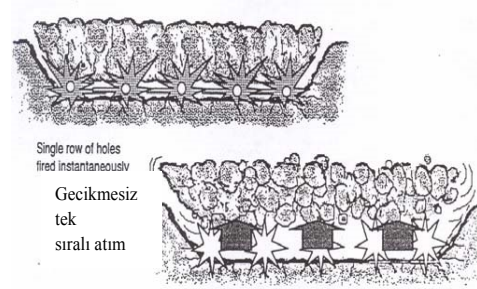
Genellikle gecikmesiz atımların sonuçları gecikmeli atımlara göre daha kötüdür. Gecikme verilmediği için deliklerin tamamı aynı anda ateşlenecektir. Böyle bir atımın sonucu, gecikmesiz tek sıralı atımlar ve gecikmesiz çok sıralı atımlar açısından değişik olacaktır.

### 2.1 Gecikmesiz Tek Sıralı Atımlar

Serbest yüzeye doğru tek sıra halinde delinmiş olan patlatma delikleri gecikmesiz olarak aynı anda ateşlendiğinde komşu delikler arasındaki çatlaklar birleşme eğiliminde olacaktır. Çatlak gelişimi sırasında iki delik arasındaki en yakın mesafe boyunca stres altındaki kaya içerisinde oluşan çatlaklar birleşmeye çalışacaktır. Birleşen bu çatlaklara dolan patlatma gazları önündeki yükü ötelemeye başlar (Bkz. Şekil 2). Delikler önündeki yük mesafesinde bulunan kaya kütlesi, çatlak oluşumu tamamlanmadan ötelenmeye maruz kalacağı için parçalanma iyi olmayacaktır. Bunun yanında, birleşme eğilimindeki çatlaklar delikler arasında bir hat oluştururlar. Deliklerdeki patlayıcının patlaması sonucu açığa çıkan büyük hacimdeki ve yüksek basınçtaki gazlar bu çatlak hattına dolarak kaya kütlesini hep birlikte taşımaya çalışacak, dolayısıyla pasa daha çok savrulacaktır(5). Gecikmesiz tek sıralı atımların sonuçları şöyle özetlenebilir:

- Daha iri tane boyutu: Çatlaklar en kısa yoldan birleşerek kaya kütlesini ötelere ve yeterli parçalanmaya zaman tanımaz.
- Pasanın savrulması daha fazladır: Patlatma gazları birleşen çatlakların arasına sızarak yükü ileri doğru ötelere.

- Daha fazla örseleme: Yük tek kütle halinde ileri doğru gitme eğiliminde olduğundan gerideki kayada ani ve büyük reaksiyon oluşturur.
- Daha fazla sarsıntı ve hava şoku.



Şekil 2. Tek sıralı gecikmesiz patlatma. (5)

### 2.2 Gecikmesiz Çok Sıralı Atımlar

Çok sıralı olarak delinmiş delikler gecikmesiz olarak aynı anda ateşlendiğinde ön sıra gecikmesiz tek sıralı patlatma gibi davranarak benzer sonuçlar ortaya çıkarır. Arka sıralar ise daha az verimle çalışacaktır. Çok sıralı gecikmesiz atımlar daima kötü sonuçlar ortaya çıkarır. Tüm sıralar aynı anda ateşlendiği için bir öndeki sıra arkadaki sıra için serbest yüzey oluşturacak yeterli zamana sahip olamayacaktır. Dolayısıyla, önü açılmayan arka sıralardaki delikler ateşlendikten sonra krater yapma eğilimindedir. Böyle bir atımın neticesinde oluşacak olan pasa oldukça sıkıdır ve kazılması/yüklenmesi daha zordur. Ayrıca topuk kısmında kaya kütlesi yeterince kırılmaz ve tırnak kalma ihtimali çok yüksektir. Gecikmesiz çok sıralı atımların sonuçları şu şekilde özetlenebilir:

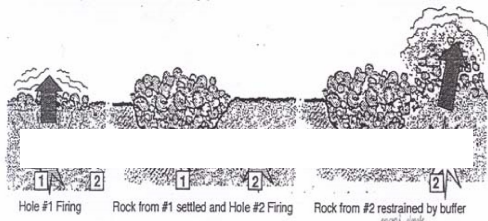
- Parçalanma ve pasanın ötelenmesi kötüdür. Arka sıralar için serbest yüzey oluşmadığı için yeterince parçalanmış gevşek pasa elde edilemez ve ayanın dip kısmında tırnak oluşur.
- Çevre kayada ve bir sonraki ayna yüzeyinde örseleme ve askıda kalan kavlak çok daha fazla olacaktır.
- Patlatmanın çevreye olan olumsuz etkisi daha fazla hissedilecektir. Arka sıralara doğru artan derecelerde, delikler krater yaparak daha fazla hava şoku ve kaya fırlamasına neden olacaklardır. Birim zamanda devreye giren patlayıcı madde

miktarı fazla olacağından ve sıralar önündeki yük serbest yüzeye doğru hareket edemeyeceğinden dolayı hissedilecek sarsıntı daha yüksek olacaktır.

### 3 TEK SIRALI DELİKLERİN TEKER TEKER PATLATILMASI

Tek sıra halinde serbest yüzeye doğru delinmiş olan delikler, teker teker uzun gecikme süreleri kullanılarak ya da kısa gecikmeler kullanılarak ateşlenebilir. Bu atımların sonuçları değişik olabilmektedir.

#### 3.1 Tek Sıra Halindeki Deliklerin Uzun Gecikme Aralıkları Kullanılarak Teker Teker Ateşlenmesi



Bir sıra halindeki delikler uzun gecikme aralıklarıyla teker teker ateşlendiğinde komşu delikler arasındaki pozitif etkileşimden yararlanılmaz ve her delik bağımsız olarak patlar (Bkz. Şekil 4). Delikler patlarken Bölüm 1.1'de anlatılan olaylar gelişir.

*Gecikmesiz tek sıralı atımlara göre yararları:*

- Daha ince pasa
- İleri yönde hareket daha azdır (önce patlayan deliğin pasası tampon olur).
- Daha az örselenme (fakat tampon etkisinden dolayı tek deliğinkinden fazla)
- Daha az sarsıntı ve hava şoku: Birim zamanda devreye giren patlayıcı madde miktarı daha az olacağı için sarsıntı daha az olacaktır.

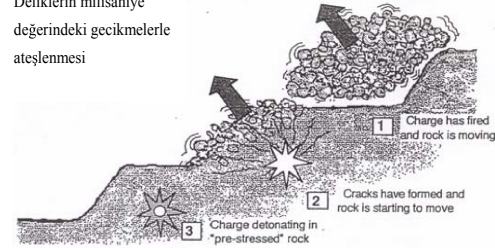
*Sakıncaları:*

- İlk patlayan delik komşu delikteki şarjı etkileyebilir.

- Önce patlayan şarjların oluşturduğu çatlaklardan gaz kaçışı olabilir. (enerji kaybı, kaya fırlaması, hava şoku)
- Oluşan sarsıntı tek deliğin yaratacağından büyük olabilir çünkü deliklerin önünde pasa olacaktır.

#### 3.2 Tek Sıra Halindeki Deliklerin Kısa Gecikme Aralıkları Kullanılarak Teker Teker Ateşlenmesi

Deliklerin milisaniye değerindeki gecikmelerle ateşlenmesi



Şekil 4. Delikler arasındaki etkileşim. (5)

Tek sıralı atımlar için en iyi sonuç deliklerin kısa gecikme aralıkları ile teker teker ateşlenmesiyle elde edilir(5). Şekil-4'de görüldüğü gibi 2 nolu delik ateşlendikten sonra çatlaklar gelişmeye başlar ve delik önündeki yük aynadan kopmaya başlamadan önce 3 nolu delik ateşlendiğinde delikler arasındaki pozitif etkileşimden yararlanır. Çünkü bu sırada 3 nolu delik civarındaki kaya 2 nolu deliğin ateşlenmesi sonucu oluşan şok dalgaları tarafından strese maruz bırakılır. 3 nolu deliğin önündeki kaya kütlesi daha önce stres altında kaldığı için delik ateşlendikten sonraki çatlak gelişimi ve çatlakların birbirini etkilemesi daha kolay ve verimli olmaktadır.

Komşu delikler arasındaki mesafenin her metresi için birkaç milisaniye şu sonuçlara neden olacaktır (5):

- Daha iyi tane boyuna
- Kontrollü pasa hareketine
- Daha az örselenmeye
- Nispeten daha az sarsıntı oluşmasına

### 4 ÇOK SIRALI ATIMLAR

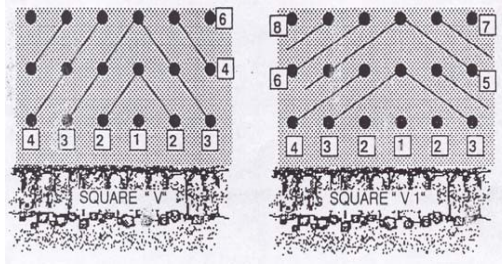
Birden çok sıralar halinde delinmiş olan delikler, sıralara gecikme vermek suretiyle ya da hem komşu deliklere hem de sıralara gecikme vermek suretiyle ateşlenebilir.

#### 4.1 Sıralara Gecikme Verme

Bu yöntemde sadece sıralara gecikme verilir. Aynı sıradaki tüm delikler aynı gecikme zamanı ile ateşlenir. Nitro Nobel firmasından Bernt Larsson, öndeki sıra yük mesafesinin 1/3'ü kadar ilerledikten sonra arka sıranın ateşlenmesi gerektiğini önermektedir. (4) Eğer gecikme süreleri yeterli olursa, patlatmanın performansı gecikmesiz atımlara göre çok daha iyi olur çünkü her sıra için öndeki yükün taşınması gerçekleşir.

Sıralar arası gecikmenin yetersiz olduğu durumunda, arka sıralara doğru giderek artan oranda tıkanma olacaktır. Böylece, arka sıraya doğru sonuçlar giderek kötüleşecek ve toplamda atımın performansı kötü olacaktır. Kare delik düzeni kullanılmışsa, kenar ve köşe delikler için kötü geometri söz konusudur ki bu bölgelerde kazıda zorlanma beklenmelidir.

Şeş-beş düzende ise daha iyi sonuçlar alınır. Bu durumda patlayıcılar kayaç içinde daha iyi dağıtılmış olur ve çevre delikler daha uygun kırılma açısına sahip olurlar.



Şekil 5. V Delik Düzeni. (5)

Bazen atımın performansını arttırmak için Şekil-5'de görülen düzenler kullanılabilir. Burada V serisinde serbest alan oluşumu daha dar bir geometride gerçekleşir, dolayısıyla V'nin tepe noktasına doğru zorlanma artacaktır.

Şaşırtmalı V1 serisi, kenar ve köşe deliklerinin geometrik olarak hapsolme derecesini azaltır ki bu durum ileri yönde hareketi artırır ve örselenmeyi azaltır. Her sıranın oluşturacağı serbest yüzey daha uygun şekle sahip olacaktır (eğri şeklinde). Zorlanma azalacağından sarsıntı seviyesi azalacaktır.

*Ama çoğu kez her sıranın farklı gecikmelerle patlatılması toplamda en iyi sonucu vermeyecektir.(5)*

#### 4.2 Çok Sıralı Atımlarda Her Deliğe Ayrı Gecikme Verme

Bir atımın performansı açısından en iyi sonuçlar, komşu deliklerin ateşlenmesinde uygun kısa gecikmelerin kullanıldığı seride, her deliğin bireysel olarak ateşlendiği sistemle elde edilir.

##### 4.2.1 Delikler arası gecikme (DAG)

Tek Sıradaki deliklerin ideal "delikler arası gecikme (DAG)" ile ateşlenmesi şu sonuçlara yol açacaktır:

- Özgül şarj değiştirilmeden elde edilebilecek en ince parça boyutu elde edilebilir.
- Gecikmesiz tek sıralı atımlara göre ileri yöndeki hareket daha azdır. Çünkü önce patlayan deliğin oluşturacağı pasa komşu delik önünde tampon olacaktır.
- Tek bir deliğin neden olacağı örselenme elde edilir.
- Atım sonucu oluşacak sarsıntı ve hava şoku, tek bir deliğinkine yakın olacaktır.

##### 4.2.2 Sıralar arası gecikme (SAG)

Çok sıralı atımlarda ideal DAG ve ideal SAG şu istenen sonuçlara yol açacaktır:

- Mümkün olan en iyi parçalanmanın elde edilmesine.
- Kontrollü pasa hareketine.
- Çevre kayaçta en az örselenmeye.
- Minimum sarsıntı ve hava şokuna.

Toplam parçalanma, özellikle deliğin topuk kısmına yakın bölgelerinde SAG'den etkilenebilir. Genellikle delikler arası gecikmeden etkilenir. Uygun SAG ile çevre kayaca verilen hasar azaltılabilir, sarsıntı ve hava şoku gibi patlatmanın olumsuz etkileri en aza indirgenebilir. SAG ve DAG değiştirilerek pasanın yayılımı, şekli, pozisyonu ve gevşekliği kontrol edilebilir.

#### 5 GECİKME SEÇİMİ

Delikler arasındaki pozitif etkileşim DAG ve SAG ile kontrol edilebilir. Bu parametreler de atımın performansını önemli ölçüde etkileyebilirler. Parçalanma boyutu, pasanın hareketi, yönü, çevredeki kayada örselenme, sarsıntı seviyeleri genellikle gecikmeler ile kontrol edilebilir.

DAG, komşu iki delik arasındaki etkileşimi kontrol eder.

SAG, bağımsız delikler arasındaki etkileşimi kontrol eder.

SAG'nin DAG'ye oranı, patlatma esnasında yaratılan yeni serbest yüzeylerin yönelimini ve geometrisini tayin eder.

Her durum için en uygun gecikmeleri tespit etmek adına bazı deneme atımları yapmak ve bunların sonuçlarını değerlendirmek gerekir.

### 5.1 Pasa Oluşumu Sırasında Geçen Süreler

Delik içindeki patlayıcı madde detone olmaya başladıktan sonra yayılan şok dalgaları ilk önce delik çevresinde radyal çatlaklara neden olurlar. Patlama reaksiyonu sonucu oluşan yüksek sıcaklık ve hacimdeki gazlar da bu çatlaklara dolarak çatlakların gelişimine katkıda bulunurlar. Kayaç tipine bağlı olarak dalga kayada 3050-6100m/s hızla ilerlemeye başlar(3). Şok dalgası sert-sağlam kayada daha hızlı ilerler. Çatlak gelişimi bu sismik dalga hızının 0,15-0,40 katı kadar bir hızla olmaktadır (3). Buradan, sert-masif kayalarda çatlak oluşum hızının 2400m/s olabileceğini söyleyebiliriz. Yumuşak kayalarda ise alt değerleri alırsak çatlak hızının 450-1200m/sn olacağı söylenebilir. (3)

Parçalanma böyle hızlı gerçekleşirken kırılmış kayanın taşınması daha uzun sürmektedir. Taş ocaklarında yapılan ölçümler göstermiştir ki kırılmış kaya 15,2-30,5 m/s hızla hareket etmektedir. Yani pasa, 10ms içinde 15-30cm hareket etmektedir. (3)

Gecikme seçiminin kayanın tepki süresine bağlı olarak belirlenmesini öneren I. Odenera & S. Esen öncelikle bu sürenin (minimum response time) belirlenmesinin gerektiğini bildirmişlerdir. (2)

### 5.1 Uygun DAG'nin Seçimi

Birçok deneme ve üretim patlatmasının sonuçları göstermiştir ki tipik bir basamak patlatması için uygun DAG, genellikle delik aralığının metresi başına 10ms'den küçüktür. Her durum için ideal gecikme kaya özelliğinden etkilenir. Delik aralığının metresi başına 3ms-5ms gecikme süresi başlangıç deneme atımları için önerilir. (5)

Özel uygulamalar için ideal DAG doğru olarak hesaplanamaz ve seçimler ancak piyasada bulunabilen ürünlerle sınırlıdır. Herhangi bir durum için en uygun gecikmeleri belirlemek için bazı denemeler yapmak gereklidir.

Kırılğan, düşük yoğunluklu ve bloklu (kapalı çatlaklar içeren) kayaçlar için genelde kısa DAG uygundur. Kısa DAG, daha iyi parçalanma ve sarsıntı pahasına (zararına olarak) ileri yöndeki hareketi arttırmak eğiliminde olacak şekilde komşu delikler arasında bir efor yaratır.

Yoğun, masif, poroz veya plastik özellik gösteren kayaçlar genellikle, daha uzun DAG'ye ihtiyaç duyarlar.

Uzun DAG, her deliğin daha bağımsız çalışmasına yol açar ki bu durumda pozitif etkileşim azalır ve kayanın hareketi ile komşu şarjın zarar görmesine neden olabilir.

### 5.2 Uygun SAG'nin Seçimi

Kayaç özelliklerine, patlatma geometrisine ve istenen sonuçlara bağlı olarak, efektif yükün her metresi için 12ms-15ms gecikme önerilir (5). Önerilen bu değerler sadece başlangıç deneme atımları için bir çıkış noktası olup en uygun gecikme değerleri yapılacak olan bu denemeler sonucu tespit edilmelidir.

Düşük yoğunluklu, kırılğan, elastik, bloklu kayaçlar için kısa SAG uygundur.

Poroz, plastik, yoğun homojen kayaçlar, yükün taşınması için genellikle daha fazla süreye ihtiyaç duyarlar. Yukarıda verilen gecikme değeri 30ms/m'ye kadar çıkabilir. Çünkü bu tip zeminlerde sismik dalgaların yayılma hızı ve dolayısıyla çatlak oluşumu daha yavaştır. Bunların sonucu olarak da parçalanma ve parçalanmış kayanın hareketi için uzun gecikmelere ihtiyaç duyulur.

Uzun SAG, çevre kayaçtaki örselenmenin daha az olmasına, ileri yöndeki pasa hareketinin ve pasa gevşekliliğinin daha iyi olmasına yardımcı olur.

Gereğinden kısa SAG şu sonuçlara yol açar:

- İleri yöndeki hareketi en aza indirgeme eğilimindedir.
- Kaya fırlamasını arttırma eğilimindedir.
- Daha sıkı pasa oluşumuna neden olur.
- Çevre kayaçta daha fazla hasara neden olur.
- Daha fazla sarsıntıya neden olur.

Kırılan kaya düşük hızda (15-30m/s) hareket ettiği için sıra sayısı arttıkça pasa hareketi yukarı doğru bir eğilim gösterecektir. Bunun nedeni ise düşük pasa hızı nedeniyle arka sıralara doğru serbestliğin giderek azalmasıdır. Bunun sonucu olarak da kaya

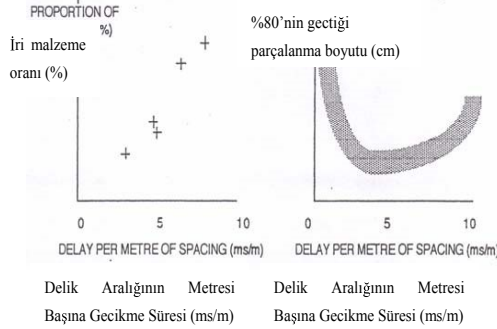
fırlaması ve tabanda tırnak kalması gibi sorunlar görülebilir. Uygulamada ateşleyicilerin, SAG'yi arka sıralara doğru arttırmak istemesinin altında bu sebepler yatmaktadır.

## 6 GECİKMENİN PARÇALANMA VE PASA HAREKETİ ÜZERİNE ETKİSİ

Uygun gecikme seçimi toplam atım performansına bakıldığında parçalanma ve istenen pasa hareketinin elde edilmesi gibi önemli sonuçlara olumlu etki yapacağı açıktır. Bu bölümde gecikmenin parçalanma ve pasa hareketi üzerine olan etkileri incelenecektir.

### 6.1 Gecikmenin Parçalanmaya Etkisi

DAG'nin parçalanma üzerindeki etkisi, bir çok normal üretim atımının sonuçlarıyla ve titizlikle kontrol edilen ölçümler neticesinde do



Şekil 6. DAG ile parçalanma boyutu ilişkisi (5)

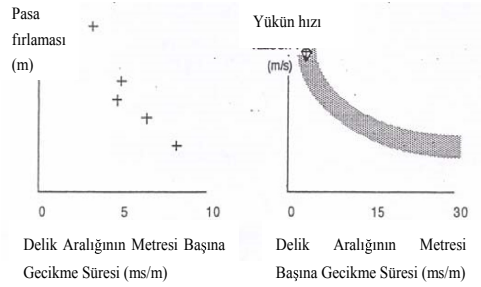
Bu konu üzerinde önemli araştırmalar yapmış olan kurumlar Şekil-6'daki grafikteki görülen durumu doğrulamışlardır. (Kaynaklar, no:5)

- ICI Explosives'in Avustralya'da granit ve bazalt ocaklarında elektronik kapsüller ile yapmış olduğu çalışmalarda patarların oranı, DAG ile doğrudan etkilenmiştir.
- Diğer gruplar (USBM ve SveDeFo) tarafından yapılan çalışmalar da DAG ile toplam fragmantasyon arasındaki ilişkiyi göstermiştir.

- Patlatma sonucu oluşan çok ince tanelere gecikmenin etkisi çok küçüktür. (deliğe çok yakın pulvarize olmuş taneler)

### 6.2 Gecikmenin Pasa Hareketi Üzerine Etkisi

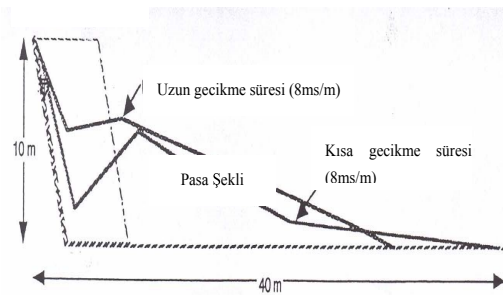
DAG'nin, pasanın taşınması üzerine olan etkisi de yapılan çalışmalar ile doğrulanmıştır.



Şekil 7. DAG ile pasa hareketinin ilişkisi. (5)

- ICI Explosives'in elektronik kapsüller ile yapmış olduğu çalışmalarda (bölüm 6.1'de belirtilen), pasanın hareketi, DAG ile doğrudan etkilenmiştir. Yapılan çalışmalar, DAG ile yükün taşınma hızı arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir (Bkz. Şekil- 7).

Pasanın şekli ve pozisyonu DAG ile kontrol edilir (Bkz. Şekil-8). ICI Explosives'in Avustralya bazalt ocağında elektronik kapsüller ile yapmış olduğu çalışmanın sonuçları karşılaştırıldığında:



Şekil 8. Gecikme ile pasanın hareketi arasındaki ilişki. (5)

- Kısa DAG, pasayı daha fazla serer ve çok alçak, yayvan bir pasa oluşturur.
- Uzun DAG, daha kısa, toplu, yüksek ve daha sıkı pasa oluşturur ama toplamda

parçalanma daha iri olabilir. Ayrıca çevre kayacın örselenmesi daha fazla olabilir.

### 6.3 Gecikmenin Sarsıntı Üzerine Etkisi

Çok delikli atımların neden olduğu sarsıntı seviyesi, deliklerin gecikme sürelerinden etkilenir. Her şarj, hapsolme derecesi ve yük mesafesine bağlı olarak kendine has bir sarsıntı dalgası oluşturur. Enerjinin şiddeti, kaynaktan uzaklaştıkça ve zamanla azalır, zemine ve diğer dalgalarla olan etkileşimle değişir.

Sarsıntı, patlatılan toplam miktardan çok birim zamanda devreye giren patlayıcı madde miktarına bağlıdır. Maksimum sarsıntı miktarı, genellikle, gecikme zamanına bağlıdır. Çünkü gecikmeler şarjın hapsolme durumunu etkiler (yük, pozisyon, ve patlatma sırasında yaratılan yüzeyin şekli).

Uzun SAG, daha az sarsıntıya neden olur. Genellikle, yük mesafesinin metresi başına 12-15m/sn'lik gecikme yeterli olmaktadır. Her bir dalga karşılaştığında etkileşir ve kompleks güçlenmiş yapı oluştururlar ve muhtemel yıkıcı girişime neden olur. Bu durum, bir şarjın oluşturduğu sarsıntı tamamen sönümlenmeden diğerinin ateşlenmesi sonucu görülür.

Patlatmadan kaynaklı sarsıntının baskın frekansı, farklı şarjların ateşlenmesi sırasındaki gecikmeden de etkilenir. Uzun gecikmeler, daha düşük frekanslar oluşturur ki bu binalar ve diğer yapılarda daha fazla hasara neden olabilir.

Özel yerlerde, patlatmanın geometrisi ve ateşleme yönü sarsıntı seviyesini önemli ölçüde değiştirir. Bir ateşleme yönündeki maksimum sarsıntı seviyesi, zıt yöndeki kaydedilmiş olan seviyeden çok daha fazla olabilir.

### 6.4 Gecikmenin Hava Şoku Üzerine Etkisi

Gecikme seçimi, hava şoku seviyesini önemli ölçüde etkiler.

Atımın (rahatlığı) serbestliği için en önemli etken SAG'dir.

Uzun SAG, yükün daha rahat taşınmasına ve düşük hava şokuna yol açabilir.

Kısa SAG, sıkışmaya sebep olur ve krater eğilimini artırır. Dolayısıyla daha yüksek hava şokuna neden olur.

12-15ms/m genellikle yeterli olmaktadır. (5)

Aşırı SAG, patlatma sırasında oluşan yeni serbest yüzeyde önemli çatlakların

oluşumuna neden olabilir. Bu çatlaklar, efektif yükün azalmasına ve patlatma gazlarının buralardan yüksek basınçla atmosfere kaçmasına neden olurlar.

## 7 SONUÇLAR

Anlatılanlar ışığında aşağıdaki sonuçlara varılabilir:

- Patlatma işlerinde istenen sonuçlara da bağlı olarak en iyi sonuçlar, uygun gecikmelerin kullanılmasıyla elde edilebilir. Ama unutulmaması gereken nokta patlatma işi için uygun bir özgül şarj değerinin olduğudur. Asıl atımın verimini etkileyen en önemli parametre özgül şarjdır. Gecikme ise bu enerjinin kontrollü olarak kullanımını temin etmektedir.

- Atımlar gecikmesiz olarak, sadece sıralara gecikme verilerek ya da her deliğe ayrı gecikme verilerek delikler tek tek patlatılabilir.

- Deliklerin kısa gecikmelerle teker teker ateşlenmesiyle komşu delikler arasında pozitif etkileşim yaratılabilir. Bu durumda ise özgül şarj değiştirilmeden elde edilebilecek en iyi sonuçlara ulaşılabilir. Bunun için delikler arası mesafenin her metresi başına 3-5ms başlangıç için önerilir ama en uygun gecikme bir dizi test patlatması sonucu bulunmalıdır. SAG için ise, yük mesafesinin her metresi başına 12-15ms'lik gecikme başlangıç test patlatmaları için önerilmektedir. (5)

- Pratikte kullanılan gecikmeler yukarıda anlatılanlarla paralellik göstermektedir. Çoğu taş ocağı (2,5-3,5m yük mesafesine ve delik aralığına sahip) DAG olarak 17ms-25ms kullanırken SAG olarak genellikle 42ms-65ms gecikmeyi tercih etmektedirler.

- Çok sıralı atımların uygun DAG ve SAG ile ateşlenmesiyle, toplamda elde edilecek en iyi parçalanma boyutu, pasanın kontrollü taşınması, çevre kayaca en az tahribat ve en az sarsıntı ile hava şoku gibi istenen sonuçlar elde edilir.

- Gereğinden uzun DAG kullanımı tek bir deliğin ateşlenmesi gibi bir etki oluşturur ve delikler arasındaki pozitif etkileşimden yararlanılamaz. Gereğinden daha kısa DAG ise, delik önündeki parçalanma için yeterli süre dolmadan komşu delikler

arasındaki çatlakların birleşerek zemini ileri doğru itme eğilimi sonucunu doğurur.

- Plastik davranış gösteren kayalarda (örneğin, kil, marn vb.) ise, zeminin hareketi daha yavaş olduğu için daha uzun gecikme sürelerine ihtiyaç duyulur.
- Bu çalışmada önerilen gecikme değerleri başlangıç için bir çıkış noktası olup en uygun DAG ve SAG yapılacak olan birkaç test atımından sonra bulunmalıdır.

#### KAYNAKLAR

1. Atlas Powder Company, (ed.), 1987. *Explosives and Rock Blasting*, Dallas, Texas, Sayfa 233-244
2. I. Onederra & S. Esen, 2003. Selection of inter-hole and inter-row timing for surface blasting-an approach on burden relief analysis, *Explosive and Blasting Technique*, Holmberg (ed), Sayfa 269-275, Prauge.
3. International Society of Explosives Engineers, (17th ed.), 1998. *Blasters' Handbook*, Cleveland, Ohio, Sayfa 316-337
4. Olofsson, Stig O (ed.), 1988. *Applied Explosives Technology for Construction and Mining*, Arla, Sweden, Sayfa 103-105
5. Orica, *Engineer Training Program-Package No:8 (Timing)*, Australia, 27 Sayfa