

Patlatma Noktası ile Ölçüm Noktası Arasındaki Mesafeye (R) Ait Yatay ve Düşey Bileşenlerin Maksimum Parçacık Hızına Etkisi

Effect of the Horizontal and Vertical Components Belongs to Distance Between the Blasting Point and the Measurement Point on Peak Particle Velocity

ABDURRAHMAN TOSUN^{1*}

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği ve Bergama Meslek Yüksekokulu Buca/İzmir/Türkiye

Geliş (received) : 06 Ocak (January) 2016

Kabul (accepted) : 10 Mart (March) 2016

ÖZ

Literatürden bilindiği gibi açık ocak patlamalarından kaynaklanan maksimum parçacık hız değeri; jeolojik saha özellikleri, gecikme başına kullanılan maksimum patlayıcı madde miktarı ve patlatma noktası (titreşim kaynağının olduğu nokta) ile maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafeye (R) bağlıdır. Söz konusu parametrelere göre maksimum parçacık hızını tahmin eden bağıntılar geliştirilmiştir. Bu çalışmada, bağıntılarda kullanılan, patlatma noktası ile maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafenin nasıl hesaplanması gerektiğini belirlemek amacıyla laboratuvar ortamında parçacık hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucunda, söz konusu bağıntılarda kullanılan mesafenin (R) yerine onun bileşenleri olan yatay ve düşey mesafelerin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Maksimum parçacık hızı, ölçekli mesafe, titreşim.

ABSTRACT

As it is known from the literature, peak particle velocity resulting from the open pit blasts depends on geological field characteristics, charge per delay and the distance values of the blasting points to the point measured of peak particle velocity. Some equations predicting to peak particle velocity have been improved according to the said parameters. In this study, some of peak particle velocity measurements were carried out in the laboratory in order to determine how the distance values of the blasting points to the point measured of peak particle velocity in the said equations should be calculated. As a result of measurements, it is seen that instead of the distance in the equations, horizontal and vertical distance being it's components should be used. .

Keywords: Peak particle velocity, scaled distance, vibration.

* A.Tosun

e-posta: abdurrahman.tosun@deu.edu.tr

GİRİŞ

Açık ocak madencilğinde yapılan patlatmalar sonucunda, patlatma noktası ile titreşim ölçümü yapılan yer arasında ortamın jeolojik özelliklerine göre değişen mesafelerde maksimum parçacık hızları meydana gelmektedir. Bu durum, patlatma çevresindeki yerleşim yerlerini olumsuz şekilde etkilemektedir. Negatif etkilerin oluşmaması için, patlatma noktasına belli mesafelerde oluşan maksimum parçacık hızlarının doğru olarak tahmin edilmesi gerekmektedir. Patlatmadan kaynaklanan maksimum parçacık hızını etkileyen faktörler, kontrol edilemeyen ve kontrol edilebilen parametreler olarak ikiye ayrılmaktadır. Kontrol edilemeyen parametreler kaya kütlelerinin jeolojik saha özelliklerini nitelendirilmektedir. Homojen ve masif kaya kütlelerine sahip sahalarda titreşim dalgaları her yöne eşit dağılım göstermektedir. Ancak heterojen yapıya sahip sahalarda, titreşim dalgaları farklı değerler alabilmektedir. Aldas ve Ecevitoğlu (2008), sadece jeolojik saha özelliklerini kullanarak maksimum parçacık hız değerini tahmin eden bir yöntem geliştirmiştir. Bu çalışmada patlayıcı miktardan bağımsız olarak, delikler arasına verilen uygun gecikmeler sayesinde en yüksek parçacık hızlarının hedef noktada minimize edilmesi sağlanmıştır.

Patlatma işlemleri sonucu oluşan maksimum parçacık hızını etkileyen kontrol edilebilir parametreler üç tanedir.

Bunlardan birincisi gecikme başına kullanılan maksimum patlayıcı madde miktarıdır. Patlayıcı madde miktarı titreşim dalgalarının frekansını oldukça etkilemektedir (Aldas, 2010). Frekans değerleri de maksimum parçacık hızıyla ilişkilidir. İkincisi, patlatma noktası ile maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki uzaklıktır. Patlatma noktasından uzaklaştıkça oluşan titreşim dalgaları etkisini yitirmektedir. Kontrol edilebilen değişkenlerin sonuncusu ise gecikme zamanıdır. Patlatma operasyonlarında kullanılan gecikmeli sistem ile tüm patlatma deliklerinin aynı anda patlamaması sağlanmış olur.

Buna göre, kontrol edilebilir parametrelerden bir defada patlayan maksimum patlayıcı madde miktarı ve titreşim ölçümünün yapıldığı noktanın patlatma noktasına olan mesafe değerleri,

ölçümün yapıldığı noktada en yüksek parçacık hızlarını etkilemektedir. En yüksek parçacık hızını tahmin eden bağıntılar, bazı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Duvall ve Fogelson, 1962; Ambraseys ve Hendron, 1968; Langefors ve Kihlstorm, 1978; Ghosh and Daemen, 1984; Pal Roy, 1991; Singh vd., 2002). Ancak bunlardan en çok kullanılan Duvall ve Fogelson tarafından geliştirilen bağıntıdır. Bu bağıntıda, öncelikle bir defada patlayan maksimum patlayıcı madde miktarı ve patlatma noktasına olan mesafe arasındaki ilişki tespit edilmektedir. Bu ilişki ölçekli mesafe olarak adlandırılmaktadır.

Bu eşitlikte ölçekli mesafe Eşitlik 1 ile hesaplanmaktadır (Duvall ve Fogelson 1962).

$$SD=R/(\sqrt{Q}) \quad (1)$$

SD: Ölçekli mesafe

R: Patlatma noktası ile en yüksek parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafe (m.)

Q: Gecikme başına kullanılan maksimum patlayıcı madde miktarı (kg.)

Eşitlik 1'e göre, hesaplanan ölçekli mesafeler ile titreşimden kaynaklanan en yüksek parçacık hızları arasındaki ilişkiler, aşağıda verilen eşitlik 2 ile hesaplanmaktadır (Duvall ve Fogelson 1962).

$$V=K * (R/(\sqrt{Q}))^{-\beta} \quad (2)$$

V: Titreşimden kaynaklanan en yüksek parçacık hızı (mm/s)

K: Arazi katsayısı

β : Arazi sönümlenme katsayısı

Burada ve β katsayıları patlatma sahasındaki kontrol edilemeyen parametreleri ifade etmektedir. Bu katsayılar her saha için farklı değerlerde olabilmektedir. ve β katsayılarının aynı sahada farklı değerler almaması için patlatmadan kaynaklanan en yüksek parçacık hız ölçümlerinin hep aynı yönde yapılması gereklidir. Eşitlik 2 yardımıyla aynı sahada daha sonraki patlatmalar için patlayıcı madde ve mesafeye göre maksimum parçacık hız tahmini yapılmaktadır. Birçok araştırmacı bu yöntemi kullanmaktadır (Özyurt vd., 2015; Hüdaverdi vd., 2007; Ak ve Konuk, 2003).

Patlatma işleminin yapıldığı nokta ile en yüksek parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafe (R), en yüksek parçacık hızını oldukça etkilemektedir. Bu mesafenin Şekil 1'de görüldüğü gibi v ve h mesafeleri olmak üzere iki tane bileşeni bulunmaktadır. v mesafesi patlatma enerjisinin ulaştığı düşey mesafeyi ifade ederken; h mesafesi de patlatma enerjisinin ulaştığı yatay mesafeyi ifade etmektedir.

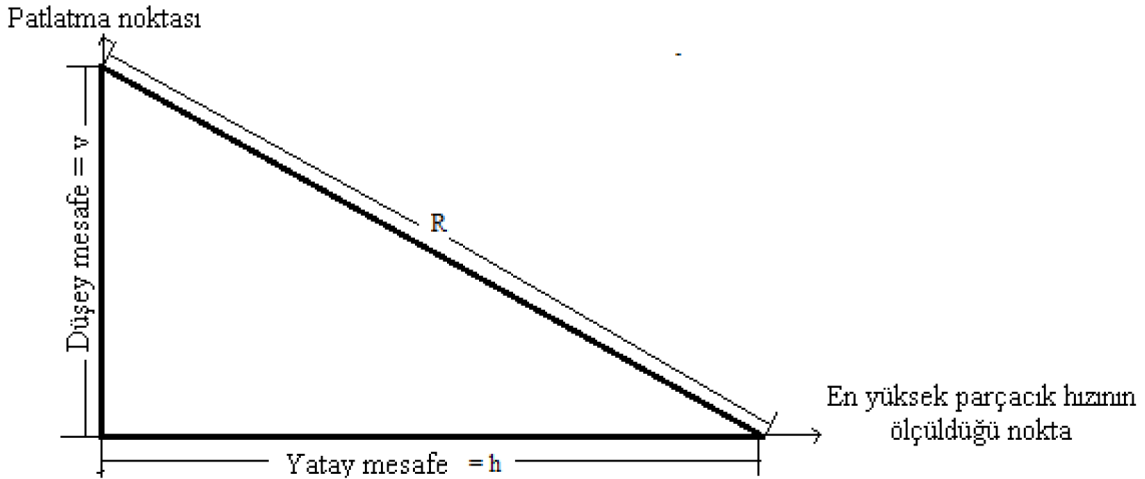
Patlatma işlemlerinde düşey (v) ve yatay (h) mesafeler oldukça değişkenlik gösterebilmektedir. Bazı patlatmalarda düşey mesafe çok küçük, yatay mesafe de çok yüksek değerler alırken; bazı patlatmalarda ise tersi durum oluşabilmektedir. Bu nedenle maksimum parçacık hızını tahmin eden eşitliklerde kullanılan R mesafesinin, düşey ve yatay mesafeleri ne kadar temsil ettiği çok önemlidir.

Bu çalışmada, patlamadan kaynaklanan en yüksek parçacık hızını etkileyen R mesafesinin, düşey ve yatay mesafeleri ne kadar temsil ettiğini belirlemek amacıyla laboratuvar ortamında birtakım titreşim deneyleri yapılmıştır. Gerçekleştirilen deneylerin hepsinde titreşim kaynağını oluşturan güç aynı tutulmuştur. Jeolojik saha özelliklerinin aynı kalması için de deneyler kendi aralarında aynı olacak şekilde iki yönde dizayn edilmiştir. Deneylerde düşey mesafenin sıfır dolayısıyla yatay mesafenin R mesafesine eşit

olduğu belirli R mesafeleri ile farklı düşey ve yatay mesafelere sahip aynı R mesafelerinde oluşan maksimum parçacık hız değerleri ölçülerek aralarında karşılaştırma yapılmıştır. Farklı düşey ve yatay mesafeler içeren aynı R mesafesine sahip ortamların oluşmasını sağlamak için merdiven basamakları kullanılmıştır. Karşılaştırma sırasında; titreşim kaynağını oluşturan güç, jeolojik saha özellikleri ve R mesafe değerlerinin aynı olmasına rağmen farklı maksimum parçacık hız değerlerinin elde edildiği görülmüştür.

LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Laboratuvar deneylerinde ekipman olarak maksimum parçacık hızını inç/s. olarak ölçen tek jeofona sahip titreşim ölçüm cihazı ve titreşim kaynağının oluşturulmasını sağlamak amacıyla demir bilya top kullanılmıştır (Şekil 2). Deneylerin tümünde titreşim kaynağı oluşturmak amacıyla ağırlığı 242.5 gr olan demir bilya top, 172.72 cm yüksekliğe sahip mesafeden serbest düşme tekniğiyle yere düşürülmüştür. Demir bilya topun yarattığı titreşim, patlatmada gecikme başına kullanılan maksimum patlayıcı maddenin patlamasından kaynaklanan titreşimi ifade etmektedir. Burada demir bilya topun seçilme amacı titreşim kaynaklarının homojen ve sabit olmasının sağlanmasıdır. Deneylerde bilya top yere sadece bir defa çarptırılarak enerji yaratılmıştır.



Şekil 1. Patlatma noktası ile maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafe bileşenleri.
Figure 1. The distance components between the point of the maximum particle velocity measured and blasting point.



Şekil 2. Titreşim ölçüm cihazı ve titreşim kaynağı oluşturulmasında kullanılan demir bilya top.
Figure 2. Vibration measurement equipment and the iron ball used to create vibration source.

Deneyler öncelikle Şekil 3'de görüldüğü gibi merdiven basamakları altında yapılmıştır. 63.5, 95.25 ve 127 cm R mesafelerine sahip düşey mesafenin sıfır dolayısıyla yatay mesafenin R mesafesine eşit olduğu düz ortam ile farklı düşey ve yatay mesafeleri içeren yine 63.5, 95.25 ve 127 cm R mesafelerine sahip merdiven basamakları altında maksimum parçacık hız değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Daha sonra deneyler Şekil 4'de görüldüğü gibi merdiven basamakları üstünde yapılmıştır. Bu deneylerde de, merdiven basamakları altında yapılan deneylerde kullanılan değerler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada titreşim kaynağının olduğu nokta ile maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki düşey (v) ve yatay mesafe (h) değerleri önemli parametreler olarak değerlendirilmiştir. Şekil 5'ten görüldüğü gibi yapılan deneylerin, kendi aralarında aynı olacak şekilde iki yönde ve özellikle titreşim ölçüm mesafelerinin çok kısa olmasından dolayı deneylerin tümünde jeolojik saha özelliklerinin aynı kalması sağlanmıştır. Ayrıca Çizelge 1 ve 2 incelendiğinde;

düşey mesafenin sıfır, dolayısıyla yatay mesafenin R mesafesine eşit olduğu merdiven üstü ve altında iki farklı yöne sahip düz ortamda yapılan titreşim ölçümlerinde, maksimum parçacık hız değerlerinin yaklaşık olarak aynı olduğu görülmektedir. Bu durum, merdiven basamakları üstünde, altında ve düz ortamda yapılan deneylerin tümüne ait jeolojik saha özelliklerinin aynı olduğunu göstermektedir.

Yine Çizelge 1 ve 2'den de anlaşıldığı gibi deneylerin sahip olduğu jeolojik saha özellikleri, titreşim kaynağını oluşturan güç miktarı ve titreşim kaynağının olduğu nokta ile maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafe parametreleri aynı olmasına rağmen; düşey mesafenin sıfır olduğu titreşim ölçümleri ile düşey mesafenin sıfır olmadığı titreşim ölçümlerinde meydana gelen maksimum parçacık hız değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu görülmektedir. Bu durum, yatay ve düşey yönlerde yayılan titreşim dalgalarının yayılma hızının birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. Deney sonuçlarında, dalgaların düşey yöndeki yayılma hızının, yatay yöne göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Merdiven basamağı üstünde yapılan deneylerde dalgalar, aşağıya doğru yayılırken; merdiven



Şekil 3. Merdiven basamakları altında yapılan deneyler.

Figure 3. The tests carried out under the stairs.

Çizelge 1. Merdiven basamakları altında yapılan deneylere ait ölçümler.

Table 1. Measurement of the tests carried out under the stairs.

Titreşim kaynağının olduğu ölçüm noktası	R	h	v	V	Bilya topun düşürüldüğü mesafe (cm)
Düz ortamdaki ölçümler					
1	63.5	63.5	0	0.23495	172.72
2	95.25	95.25	0	0.2159	
3	127	127	0	0.19431	
Basamak altında yapılan ölçümler					
1	63.5	54.24	33.02	0.0635	172.72
2	95.25	81.36	49.53	0.05715	
3	127	108.48	66.04	0.04445	

R: Titreşim kaynağının olduğu nokta ile en yüksek parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafe (cm)

h: Yatay mesafe (cm)

v: Düşey mesafe (cm)

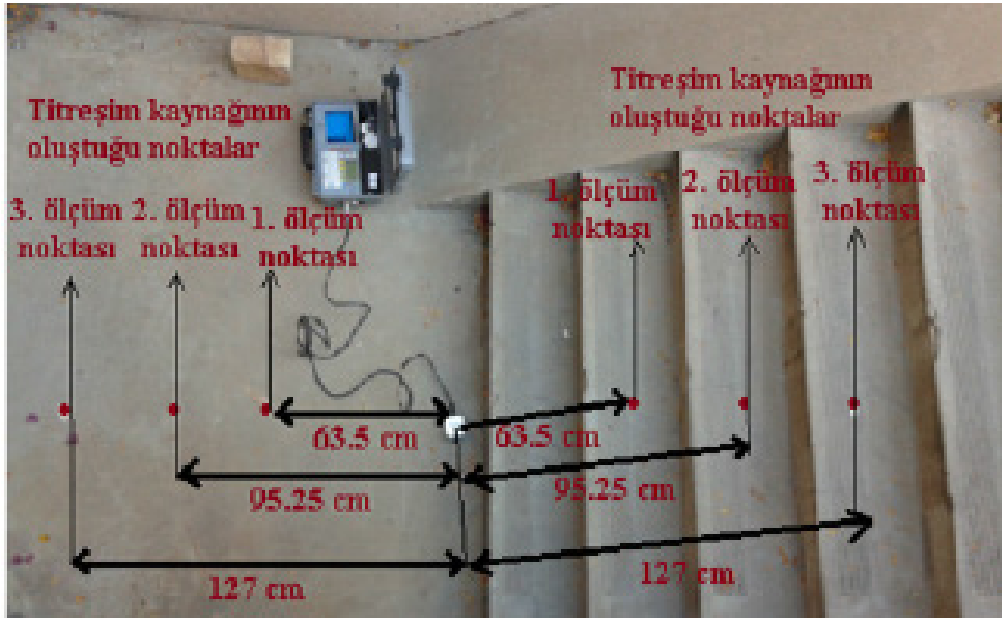
V: Ölçülen maksimum parçacık hızı (cm/s)

altındaki deneylerde ise dalgalar yukarıya doğru yayılmaktadır. Bu noktadan hareketle, düşey yöndeki aşağıya doğru yayılan titreşim dalgalarının, yine düşey yöne sahip yukarıya doğru yayılan dalgalara göre daha hızlı yayıldığı da anlaşılmıştır. Yatay/düşey yönlerde ve düşey yöne sahip aşağı ve yukarıya doğru yayılan dalgaların hızlarının mesafe değerlerine göre ne kadar

bir etki yarattığı net rakamlarla saha ortamında gerçekleştirilerek belirlenmelidir.

SONUÇLAR

Bu araştırmada, maksimum parçacık hızını tahmin eden bağıntılarda kullanılan patlatma noktası (titreşim kaynağının olduğu nokta) ile



Şekil 4. Merdiven basamakları üstünde yapılan deneyler.
Figure 4. The tests carried out the top of the stairs.

Çizelge 2. Merdiven basamakları üstünde yapılan deneylere ait ölçümler.
Table 2. Measurement of the tests carried out the top of the stairs.

Titreşim kaynağının oluştuğu ölçüm noktası	R	h	v	V	Bilya topun düşürüldüğü mesafe (cm)
Düz ortamdaki ölçümler					
1	63.5	63.5	0	0.23368	172.72
2	95.25	95.25	0	0.2159	
3	127	127	0	0.19558	
Basamak üstünde yapılan ölçümler					
1	63.5	54.24	33.02	0.1016	172.72
2	95.25	81.36	49.53	0.09525	
3	127	108.48	66.04	0.08255	

R: Titreşim kaynağının oluştuğu nokta ile en yüksek parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafe (cm)

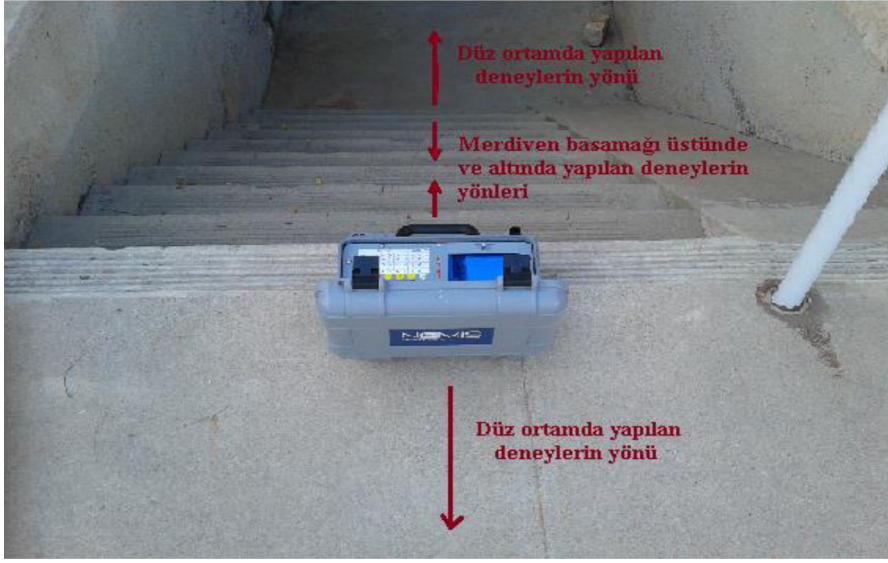
h: Yatay mesafe (cm)

v: Düşey mesafe (cm)

V: Ölçülen maksimum parçacık hızı (cm/s)

maksimum parçacık hızının ölçüldüğü nokta arasındaki mesafenin (R) bağıntılar içinde nasıl hesaplanması gerektiğini belirlemek amacıyla laboratuvar ortamında bazı maksimum parçacık hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler,

merdiven basamakları altında ve üstünde olmak üzere iki türde yapılmıştır. Gerçekleştirilen deneylerin hepsinde titreşim kaynağını oluşturan güç aynı tutulmuştur. Jeolojik saha özelliklerinin aynı kalması için de deneyler kendi aralarında



Şekil 5. Yapılan deneylerin yönleri.
Figure 5. The directions of the tests carried out.

aynı olacak şekilde iki yönde dizayn edilmiştir. Hem merdiven basamağı altında hem de üstündeki deneylerde, düşey mesafenin sıfır dolayısıyla yatay mesafenin R mesafesine eşit olduğu 63.5, 95.25 ve 127 cm değerlerindeki R mesafeleri ile farklı düşey ve yatay mesafelere sahip yine aynı 63.5, 95.25 ve 127 cm değerlerine sahip olan R mesafelerinde oluşan maksimum parçacık hız değerleri ölçülerek aralarında karşılaştırma yapılmıştır. Merdiven basamağı altındaki maksimum parçacık hızları, düşey mesafenin sıfır olduğu deneylerde sırasıyla; 0.23495, 0.2159 ve 0.19431 cm/sn olarak ölçülürken; farklı düşey ve yatay mesafelerin olduğu deneylerde ise sırasıyla; 0.0635, 0.05715 ve 0.04445 cm/sn olarak elde edilmiştir. Merdiven basamağı üstünde ölçülen maksimum parçacık hızları ise, düşey mesafenin sıfır olduğu deneylerde sırasıyla; 0.23368, 0.2159 ve 0.19558 cm/sn olarak oluşurken; farklı düşey ve yatay mesafelerin olduğu deneylerde ise sırasıyla; 0.1016, 0.09525 ve 0.08255 cm/sn olarak elde edilmiştir. Bu durum, yatay/düşey yönlerde ve düşey yöne sahip aşağı ve yukarıya doğru yayılan dalga hızlarının birbirinden farklı değerler alabildiğini göstermektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) 2219 doktora sonrası araştırma bursu kapsamında yapılmıştır. Bu nedenle TÜBİTAK'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Ak, H. ve Konuk, A., 2003. Eskişehir-Süpren yöresinde bir taş ocağında patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının ölçülmesi ve analizi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, ISSN 1301-045X, 1-14.
- Aldaş, G. G. U. and Ecevitoglu, B., 2008. Waveform analysis in mitigation of blast-induced vibrations. Journal of Applied Geophysics, 66, (1-2), 25-30.
- Aldaş, G. G. U., 2010. Explosive charge mass and peak particle velocity (PPV)-frequency relation in mining blast. Journal of Geophysics and Engineering, 7, 223-231.
- Ambraseys, N.R. and Hendron, A.J., 1968. Dynamic behavior of rock masses, rock mechanics. In: Stagg and Zeinkiewicz

- (eds.). Engineering Practice, John Wiley and Sons Inc., London, 203-227.
- Duval, W. I. and Fogelson, H., 1962. Review of criteria for estimating damage to residences from blasting vibrations. U.S. Bureau of Mines, RI 5868.
- Ghosh, A.K. and Samaddar, A.B., 1984. Design of surface mine blast. Mining Engineering Journal Institute, (I), 52-57.
- Hudaverdi, T., Kuzu, C., and Fisne A., 2007. Analysis of blast induced vibrations in aggregate mining. 36th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Istanbul.
- Langefors, U., and Khilström, B., 1978. The Modern Technique of Blasting. 3rd Ed, Halsted Press, 1978, Sweeden.
- Özyurt, M.C., Kalayci, Ü., Karadoğan, A., ve Özer, Ü., 2015. Evaluation of blast induced ground vibrations at Ozarslan Quarry. Türkiye 24. Uluslararası Madencilik Kongresi, Antalya, Türkiye, 894-900.
- Pal Roy, P., 1991. Prediction and control of ground vibrations due to blasting. Colliery Guardian, 239 (7), 210-215.
- Singh, T.N., Amit, P., Saurabh, P. and Singh, P.K., 2002. Prediction of explosive charge for efficient mining operation. Rock Eng. Problems and approaches in Underground Construction, South Korea, 777-785.