

PATLAMALARLA OLUŞAN YER SARSINTILARININ KARAKTERİ VE ÇEVRE GÜVENLİĞİ İÇİN VİBRASYON SEVİYELERİ

THE CHARACTERISTICS OF THE VIBRATIONS DUE TO BLASTINGS AND THE SAFE VIBRATION LEVELS FOR SURROUNDINGS

Cengiz KURTULUŞ

Y.Ü. Kocaeli Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İzmit

ÖZ: Patlamalarla oluşan yer sarsıntıları hem maden endüstrisi ve hem de çevredeki yapılar ve canlılar için önemli sorunlar yarattığından patlamanın en istenmeyen kısmını oluştururlar. Bu sarsıntıların asgari düzeye indirilmesi için 1930'lardan beri çeşitli araştırmalar yapılmış ve bu amaçla yer sarsıntılarının çeşitli durumları incelenmiştir.

Bu makalede patlamadan oluşan yer sarsıntılarının asgari düzeye indirilmesi amacıyla onların karakterleri ve onlara etki eden etmenler ile bu sarsıntılara neden olan dalgaların zaman ve frekans ortamlarındaki durumları ve çevredeki yapıların emniyeti için güvenilir vibrasyon seviyeleri üzerinde durulmaktadır.

ABSTRACT: The vibrations existed from blasting form the undesired part of the detonation since they caused a great deal of problems even on mining, industry and also on living organisms around the region. For this reason a great attempt has been done since 1930's to reduce the vibration levels of these detonations.

In this paper, the characters of the vibrations, the factors affecting them and the frequency characteristics of the waves causing vibrations in the ground and the safe vibration levels are examined in order to decrease the vibration levels to minimum.

YER SARSINTILARININ ÖZELLİKLERİ:

Maden cevherlerinin parçalanmasında, tünel ve taş ocaklarının açılmasında ve inşaat işlerinde kullanılan patlayıcı maddelerin en istenmeyen yanlarını oluşturdukları yer sarsıntıları meydana getirir. Patlamaların oluşturdukları sismik dalgalar aldıkları yol, hız ve ivme cinsinden tanımlanabildikleri gibi, enerji seviyeleri olarak da tanımlanabilirler.

Eğer vibrasyonlar basit harmonik hareket olarak kabul edilirse şu şekilde gösterilebilirler.

$$X = A \cos \omega t$$

burada X yerdeğiştirme, t zaman, A yer hareketinin genliği ve ω ise açısal frekanstır. Yer hareketinin hızı X'in birinci türevini almakla bulunur.

$$V = \frac{dx}{dt} = -A \omega \sin \omega t,$$

X'in ikinci türevi yer hareketinin ivmesini verir,

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -A \omega^2 \cos \omega t,$$

zamana bağlı olan hız ve ivmenin tepe değerleri trigonometrik fonksiyonlar bire eşit olduğu zaman elde edilir. Böylece elde edilen bağıntılar,

$$\begin{aligned} |U| &= A, \\ |V| &= A\omega = A(2\pi f), \\ |a| &= a\omega^2 = A(2\pi f)^2, \end{aligned}$$

olarak bulunurlar.

Patlamadan sonra P ve S dalgalarının yanısıra yüzey dalgaları, kırılmış ve yansımış dalgalar ortaya çıkar. Bu dalgalar, arz içi çalışmalar ve deprem karakterlerinin ortaya çıkmasında çok önemli rolleri oynadıkları halde patlama sismolojisinde kişisel tesirleri tamamiyle ihmal edilir. Çevredeki hasar tespitinde patlama noktası ile hedef arasındaki dalgaların çeşitleri önem kazanmayıp sadece hedefe gelen hareket enerjisinin şiddeti önem kazanmaktadır.

PATLAMA İLE ORTAYA ÇIKAN DALGALARIN ZAMAN VE FREKANS ÖZELLİKLERİ:

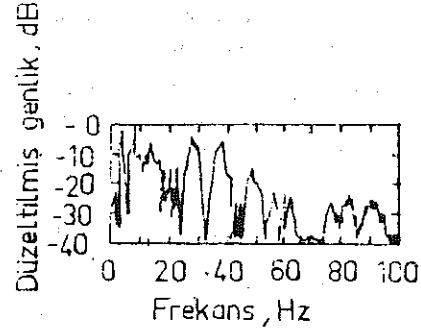
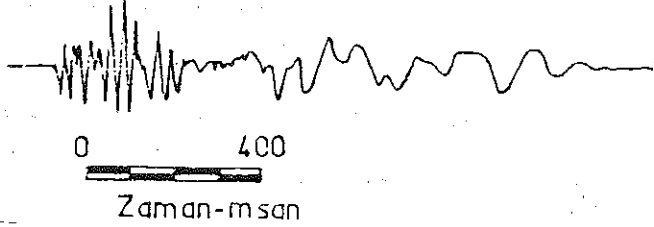
Yer altında enerji kaynağının patlamasıyla oluşan ve her yöne yayılan sismik dalgaların frekans, dalga boyu ve salınım süreleri yer altının homojen olmamasından dolayı değişirler. Yer altında yayılan dalgalar ortam tarafından emilerek zayıflatılırlar, difraksiyon ve bozulmalara uğratılırlar. Patlama noktasına yakın alanlarda dalga hareketinin karakteri atış geometrisine, atış noktaları arasındaki zaman gecikmesi başına düşen toplam patlayıcı madde miktarına, gecikme aralığına, patlama kuyuları arasındaki açıklıklara (Burden ve Spacing), ateşleme noktasına göre değişmektedir. Uzak mesafelerde ise kayaç cinsi ve toprak kalınlığı dalga karakteri üzerinde daha etkili olmaktadır. Dalganın titreşim frekansı, yerdeğiştirme ve ivmesi dalganın içinde yayıldığı ortamın özelliklerine bağlıdır. Kalın toprak yığınları ve uzun mesafeler dalganın düşük frekansta salınım yapmasına ve geç sönüme uğramasına neden olurlar. Bu durum çevredeki yapılarda daha şiddetli hasarlara neden olur. Yapılan deneylerde 10 Hz.'den daha düşük frekansların şiddetli yer sarsıntılarını neden olduğu görülmüştür.

Kömür ocağındaki patlamadan elde edilen dalgaların frekansları düşük fakat amplitüdüleri büyüktür.

Taş ocaklarındaki patlamalardan hasil olan sismik dalgalar ise genellikle bu düşük frekansları göstermezler. Bunun nedeni az miktarda dinamit kullanılması patlama noktası ile alıcı arasındaki mesafenin kısa oluşu ve toprak yığınının azlığı gösterilebilir. Kalın toprak yığınları ve sedimenter kayaç katmanları düşük frekanslı dalgaların ortaya çıkmasına neden olacaklarından, kömür ocağındaki patlamalar taş ocağındaki patlamalardan daha fazla hasara neden olurlar. Sert kaya ve hafriyat içindeki patlamalarla ortaya çıkan sismik dalgalar daha çabuk sönüme uğrar ve yüksek frekanslı hareketleri içerirler. Şekil 2.'de taş ocağındaki patlamadan hasil olan sismik dalganın düşey bileşeni ve onun spektrumu gösterilmektedir.

Hasar tespitinde dalgaların maksimum partikül hareketlerinin büyüklükleri kullanıldığı gibi, ivme büyüklükleri de kullanılmaktadır. Richter 1.0 Hz. deki 0.1 g'lik bir ivmeyi hasara neden olan bir ivme olarak tanımlar. Buna karşı gelen partikül hız 6.15 in/san. ve yerdeğiştirme ise 0.98 in.dir. Richter aynı zamanda bir vibrasyonun hasar potansiyelinin onun devamlılığına bağlı olarak da de-

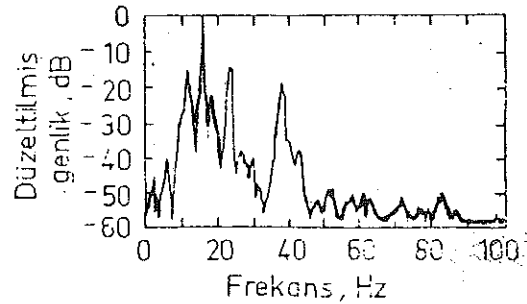
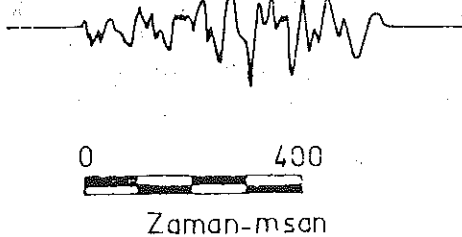
Düşey bileşen



Şekil I. Kömür ocağındaki patlamadan oluşan bir düşey dalga bileşeni ve onun spektrumu.

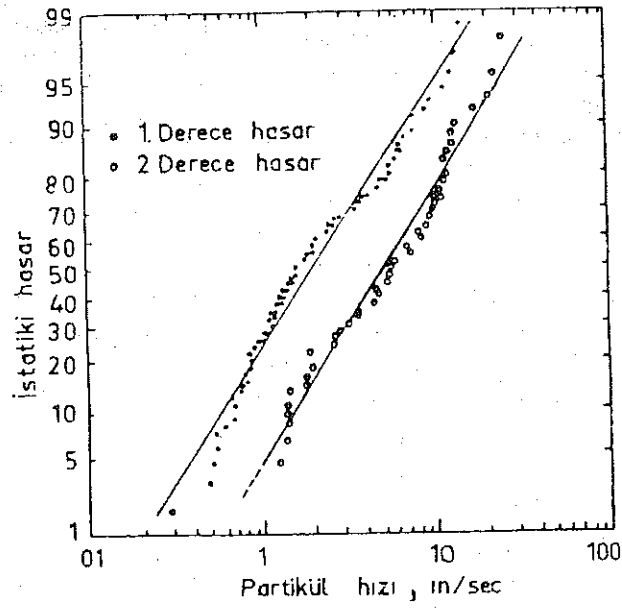
Şekil I.'de kömür ocaklarında yapılan patlamadan oluşan bir sismik dalganın yalnız düşey bileşeni ve onun frekans spektrumu gösterilmektedir.

Düşey bileşen

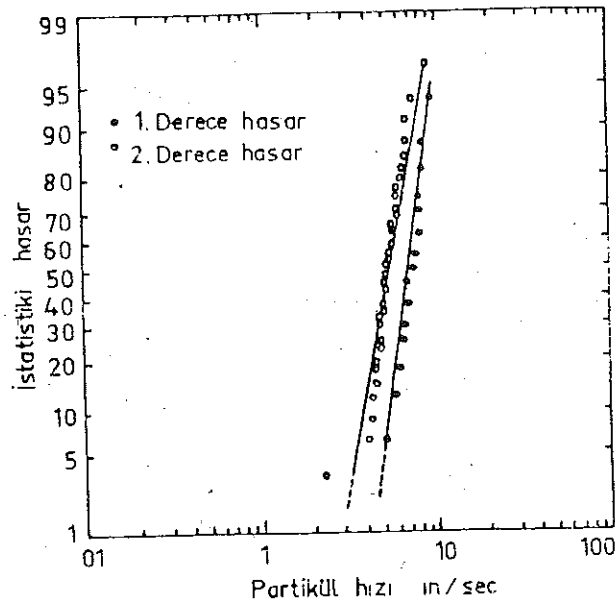


Şekil 2. Taş ocağındaki bir patlamadan oluşan dalganın düşey bileşeni ve onun spektrumu.

ğiştğini incelemiştir. Mesela 1.0 Hz.deki 0.1 g'lik bir ivmenin birkaç saniye devamı halinde hasara neden olmadığı fakat 25-30 saniyelik bir devamlılığı halinde ise ciddi hasarlara neden olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3. Alçak frekanslı patlamalar için istatistiki hasar analizi



Şekil 4. Yüksek frekanslı patlamalar için istatistiki hasar analizi

PATLAMA PLANI VE YER VİBRASYONU

Patlama planını etkileyen en önemli faktörlerden biri her bir gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarıdır. Yüzeğe yakın olarak yerleştirilen patlayıcı maddenin patlatılmasından hasil olan yer sarsıntıları düşük seviyede olmaktadır. Alıcının patlamanın başlangıç noktasına olan uzaklığı ve yönü ile kuyular arasındaki patlama süresi patlamanın şiddetini ve hasarın büyüklüğünü etkilemektedir. Bureau of Mines'dan alınan ve kömür ve taş ocaklarındaki patlamaları kapsayan bir data Tablo 1.'de verilmektedir. Burada H_1 ve H_2 yatay ve V ise düşey bileşenleri göstermekte ayrıca yapı tipi sütunundaki rakamı ahşap iskeletli ve duvarlarının dışı ahşap içi alçı kaplı yapıları, 2 rakamı ise beton ve ahşap iskeletli ve duvarlarının dışı beton içi ise alçı kaplı yapıları göstermektedir.

Yüksek frekanslı patlamalar için istatistiki hasar analizi Şekil 3.'de gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi Şekil 3.'e karşıt olarak ortalama sapma doğrusu hasar noktalarına çok iyi uymakta ve çok dik bir açıya sahip olmaktadır. Hasar çok dar bir partikül hızı bandında ortaya çıkmakta ve vibrasyon seviyesi yaklaşık 5 ve daha aşağı istatistiki hasar oranı için vibrasyonun partikül hızı, 2 in/san.yi aşmaktadır.

Patlamalar için güvenilir vibrasyon seviyeleri Tablo 2.'de verilmektedir. Buradaki değerler yapıların sağlam temele dayandıkları ve iki katı geçmedikleri esas gözönüne alınarak ve vibrasyon süresinin birkaç saniyeyi geçmediği kabul edilerek verilmiştir.

Tablo 1. Kömür ve taş ocağı patlamalarının verdiği maksimum yer ve yapı hareketi.

Atış Yeri	Toplam dinamit miktarı lb	Gecikme başına düşen dinamit miktarı lb	Ölçeklenmiş mesafe ft/lb^2	Max yer hareketi in/san			Max. yapı hareketi in/san			Yapı tipi
				Alçak köşeler						
				H^1	H^2	V	H^1	H^2	V	
K. O	19200	400	100	.10	.12	.06	.11	.09	.09	2
K. O	1000	20	783	.00	.01	.00	.04	.04	.02	1
K. O	40000	400	120	.06	.03	.02	-	.07	.03	1
K. O	3510	351	45	.19	.15	.10	.16	.12	.19	2
K. O	40000	400	120	.05	.05	.04	.03	.06	.05	1
K. O	16608	782	154	.03	.04	-	-	-	-	2
T. O	5752	632	26	1.09	.77	.44	-	-	.60	1
T. O	17604	852	144	.16	.19	.14	.12	.13	-	1
T. O	17604	852	79	.04	.03	.03	.03	.03	-	2
T. O	5752	632	59	.22	.41	.13	.47	.22	-	2

K. O = Kömür ocağı, T. O = Taş ocağı

Tablo 2. Ev tipi yapılar için güvenilir patlama seviyeleri

Yapı Tipi	Yer sarsıntısı - Maksimum partikül hızı in / san	
	Düşük frekansta	Yüksek frekansta
	(< 40 Hz.)	(≥ 40 Hz.)
Modern evler	0.75	2.0
Eski evler, duvar içleri ahşap kaplamalı evler	0.50	2.0

GÜVENİLİR YER VİBRASYONU SEVİYELERİ

Güvenilir vibrasyon seviyeleri istatistiki ve gözlemsel araştırmaların bir neticesi olarak verilmektedir. Düşük frekanslı patlamalar için istatistiki hasar analizi Şekil 3.'te verilmektedir. (Dvorak, 1962) Şekilde görüldüğü gibi ortalama sapma doğrusu ve noktaların meydana getirdiği devamlılık düşük tahmin değerlerinde oldukça saptamaktadır.

SONUÇLAR:

Patlamalarla hasil olan dalgaların özellikleri ve hasara etki eden faktörler şöyle özetlenebilir.

1— Kalın toprak yığınları ve sedimenter katmanlar düşük frekanslı fakat yüksek amplitüdü dalgaların ortaya çıkmasına neden olurlar. Enerjisi yüksek olan böyle dalgalar hasarın şiddetini yükseltirler.

2— Dalga hareketinin karakteri atış geometrisine,

patlamalar arası gecikme aralığına, her bir gecikmede patlayan enerji kaynağının kütle sine ve ateşleme noktasına göre değişmektedir.

3— Dalganın partikül hızı yer sarsıntısının tarifi de en büyük rolü oynamaktadır.

4— Düşük frekanslı (<40 Hz.) patlamaların meydana getirdiği hasar yüksek frekanslı (≥ 40 Hz.) patlamaların meydana getirdiği hasardan büyüktür.

5— Düşük frekanslı yer sarsıntıları meydana getiren patlamalarda modern binalar için 0.75 in/san. ve eski binalar için 0.50 in/san.lik partikül hızları pratik olarak güvenilir olarak kabul edilirler. Yüksek frekanslar için güvenilir partikül hızı bütün binalar için 2.0 in/san. olarak tavsiye edilmektedir.

FAYDALANILAN KAYNAKLAR:

Duwall, W.I., and D.E. Fogelson. Review of Criteria for Estimating Damage to Residences From Blasting Vibrations. Bu Mines RI 5968, 1968.

Dvorak, A. Seismic Effects of Blasting on Brick Houses. Prace geofyrikeniha Ustance Ceskoslovenski Akademic. Ved. No. 169, Geofysikalni, Sbornik, 1962 p. 189-202.

Langefors, U., and B.K. Kihlstrom. Rock Blasting. John Wiley and Sons. 1963, p. 405.

Morris, G., and R. Westwater. Damage to Structures by Ground Vibrations Due to Blasting. Mine and Quarry Eng., April 1953, P. 116-118.