

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth Coal congress of TURKEY

PATLAYICI MADDELERİN KULLANIM SONUCU OLUŞAN
TİTREŞİMLER VE YAPILARDA MEYDANA GELEN HASARLAR

VIBRATIONS GENERATED BY BLASTING AND THEIR
DAMAGING EFFECT ON STRUCTURES

Seyfi KULAKSIZ*

ÖZET

Maden ocakları (yeraltı ve yerüstü), inşaat şantiyeleri, yol, kanal, boru hattı gibi yerlerde *patlatmalar sonucu kazı alan* çevresindeki yapılar özelliklerine göre az veya çok hasara uğramaktadır. Bu bildiride kullanılan patlayıcı madde miktarı, yapıların patlatma noktasına olan mesafesi, yapıların özellikleri arasındaki ilişkiler ülkemiz yapı teknikleri ve malzeme cinsi ve kullanımını açısından incelenmiş ve sonuçları tartışılmıştır.

ABSTRACT

In open pit and underground mining, quarrying, civil engineering projects et al., in/on their environmental structures more or less will be damaged by blast vibration according to some criteria. In this paper, the relation between quantity of explosive, the distance from the blast, civil structures was investigated and discussed from the points of structure techniques, applying material technique and their types at local areas in our country.

(*) Doç.Dr. H.Ü. Muh. Fak., Maden Müh. Bolum, ANKARA

1. GİRİŞ

Patlayıcı maddeler kullanımı sonucunda oluşan titreşimler ve hava şokları, madencilik alanları veya diğer tür kazı sahalarına yakın yerlerde yerleşik halkın şikayetlerine konu olmaktadır. Yaptığımız istatistikî kayıtlara göre, ülkemizin çeşitli mahkemelerinde konuya ilişkin (1000) binin üstünde mahkeme dosyası bulunmaktadır.

Patlamalar sonucu oluşan sarsıntı ve hava şoklarından civardaki yapıların (bina, tarihi binalar, harabeler, boru, boru hatları vb) korunması ve bu tür şikayetlerin en aza indirilmesi gerekir, öte yandan bu tür çalışmalar hem hasarları hem de fazla patlayıcı kullanımını önlemiş olacaktır.

Bu araştırmanın bir amacı da, ülkemiz için geçerli bir standardın oluşturulmaya çalışılmasıdır.

Bu konuyla ilgili olarak diğer ülkelerde oldukça yoğun bir araştırma ve yayın yapılmaktadır (1,2,3). Ülkemizde ise bu konuda kaynak taramasında ancak bir yayın bulabildiğimiz (4J).

2. PATLAMALAR SONUCU OLUŞAN SİSMİK DALGALAR

Patlama sonucunda oluşan basınç dalgaları, daha sonra sismik dalgalarına dönüşmektedir. Bu sismik dalgaların titreşim kayıtlarının yapılması ve incelenmesi gerekir. Bu ise sismograf ve titreşim ölçer cihazlarla yapılmaktadır. Vibrometreler ile parçacıkların titreşim genliği, tepe hızı, ivmesi, frekansı ölçülebilir.

Patlamalar sonucu oluşan titreşimlerin tespiti ve hasar parametresinin bulunması için tanecik hızı, tanecik evmesi, üçüncü parametre olarak da genlik kullanılmıştır, özellikle Duvall et al., 1963; Devine et al., 1966; Oriard 1970., gibi araştırmacılar hasar parametresinin tespitinde kriter olarak tanecik hızlarının daha kullanışlı ve korelasyon yönünden daha uygun olduğunu belirtmektedirler. U.S. Bureau Mines'in araştırma ve yayınlarına göre partikül hızları hasar limitlerinin tespitine daha uygundur (5,6,7). Buna karşılık İngiltere'de hasar tespiti limitleri için kriter olarak genlik esas alınmaktadır.

Bir kısım araştırmacılar tarafından tanecik hızının hesaplanmasında deneysel çalışmalar ve uygulamalar sonucu, önerilen çeşitli formüller, aşağıda verilmiştir (8,9,10,11,12).

$$V = K.W.^b.D^{-n} \quad [1] \text{ (Duvall et al., 1963)}$$

$$V = \text{Tanecik hızı mm/sn}$$

$$W = \text{Gecikme periyodu başına düşen patlayıcı madde miktarı, kg.}$$

$$D = \text{Atım noktası ile ölçüm yapılan yer arasındaki mesafe, m.}$$

$$b = \text{Patlayıcı miktarı için üslü katsayısı}$$

$$n = \text{(Regresyon katsayısı) Çizgi doğrultusu çizgisinin eğimi}$$

$$K = \text{Arazinin jeolojik yapısına bağlı katsayı.}$$

Burada b katsayısının değişik oranlara göre hız değerleride değişecektir. Tanecik hızına karşı ölçülmüş mesafe grafiğinde, bazı araştırmacılara göre küpkök, bazılarına göre ise karekök değişik yerlerde arazi uygulamaları formülerte uyum sağlamıştır.

$$V = k \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right) - B \quad [2] \quad (\text{USBM}) \quad V = k \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{\beta} \quad [3] \quad (\text{Hoek \& Bray 1981})$$

Formül ikide k ve B sabit değerleri ancak aletli Ölçümlerle tespit edilmektedir. Formül üç de ise k değeri 200-800 arasında β değeri ise -1.1 ile -1.6 arasında arazi yapısı ve patlatma tipine (açık veya kapalı ocak, serbest yüzey durumuna göre) göre değişmektedir.

$$V = 1409 \left(\frac{D}{3\sqrt{W}} \right)^{-1.6} \quad [4] \quad (\text{İsaac et al., 1981})$$

$$V = K \left(\frac{D}{\sqrt{W^3}} \right)^{-1.6} \quad [5] \quad \text{Projede önerilen ve bu araştırmada kullanılan formül.}$$

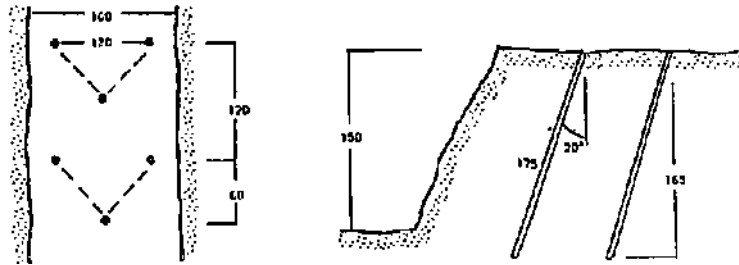
2.1. Titreşime Etki Eden Faktörler

Patlatmalar sonucu oluşan titreşimlere etki eden 1. faktörleri şöyle sıralayabiliriz: Mesafe, delik geometrisi, her deliğe konulan patlayıcı miktarı her gecikme periyodu için, jeolojik yapı ve çevrede bulunan yapıların özellikleri. Diğer yönden kayıt cihazlarının özellikleri ve hangi frekans aralıklarında kayıtların yapıldığı patlayıcının tipi, deliklerde patlayıcının dağılımı, serbest yüzey sayısı ikinci grup etken faktörleri oluştururlar.

3. UYGULAMALI ÇALIŞMALAR

Çalışma yapılan yerler ülkemizin değişik yörelerinde yer alan açık, kapalı maden ocakları (davalar devam ettiği için isimler verilemedi), alt yapı yapımları taşocakları boru hatları olup, bu yerler değişik jeolojik yapılara, kayaç türlerine sahiptirler. Aynı zamanda bölgede bulunan farklılıklar arz etmektedir.

Burada örnek olarak verilen sahada kayaçlar kireçtaşı, marn ve yer yer kıltaşı ardalanması göstermektedir. Tabaka kalınlıkları ise 1-50 cm arasında değişmektedir. Çalışmalarda kullanılan delik geometrisi Şekil 1. de verilmiştir. Patlatma delikleri ve patlayıcı maddeler ile ilgili bilgiler ise Çizelge 1. de verilmiştir. Çizelge 2. de ise yerinde yapılan ölçümlerde tanecik hızları verilmiştir.



Şekil 1. Uygulanan Delik Geometrisi

4. Nolu formüle göre

$$V = 121.1 \text{ mm/sn}$$

5. Nolu formüle göre

$$K = 200 \text{ için } V \text{ s } 81.6 \text{ mm/sn}$$

Formüllere göre hesaplanan tanecik hızlarına karşın yerinde ölçümleme ise $V = 71 \text{ mm/sn}$ - Eğer K katsayısı ölçümlere göre hesaplanan $K = 174$ değerleri alındığında hızın ölçümleme hızları ile uyumluluk içinde olduğu görülmektedir, üç No'lu formülde ön çatlatma da önerilen $K = 800$ değeri alındığında karekökü formül değerleri ölçüm değerlerine yakın değerler almaktadır. Burada formül (3) projede uygulanan formül (5) ölçüm değerlerine yakın değerler vermektedir. Uygulamadan da görüldüğü gibi teorik formüllerle hesaplanan tanecik hızı ile, yerinde yapılan ölçümler sonucu tespit edilen hızlar arasında 5-10 mm/sn. farklar bulunmakta ve patlayıcı miktarı $3/2$ üslü değeri yerinde ölçümlere daha yakın değerler vermektedir.

Patlamalar sonucu oluşan titreşimin tespit olunan ve hesaplanan bu tanecik hızlarında hasarlar meydana gelebileceği bir çok araştırmacı tarafından belirtilerek hasar alt limit *hızı* 50 mm/sn kabul edilmiştir (1,9,11, 12).

Fakat yapılan gözlemler sonucu 25-30 mm/sn tanecik hızlarında yapılar da hasarlar gözlenmiştir. Bazendé iki bitişik binanın bir tanesinde hasarlar gözlenmiştir. Bu ise: Bölgedeki binaların, yaşı (eskiliği) bakımsızlığı, kullanılan harç malzemesine (çamur, samanlı-çamur, kireç-kum, çimento-kum, bozunmuş kireçtaşı-çitnento) yapı malzemesine (taş, terpiç, tuğla, briket, ahşap), yapı tipine bağlı olarak kirişlerde hatalı malzeme yerleştirilmesi ve kullanılmasına,

- Yapılarda kuşak (hatıUtapan) tabir edilen elemanların bulunup, bulunmamasına,

- Çok katlı binalarda, birinci kat üstüne farklı malzemeden ikinci kat yapılması (taştan yapılmış kat üstüne, briket kat yapılması gibi)

- Yapı tekniğine, yağma taş, yağma kargir (taş veya tuğla), betonarme vb.

- Tavanlarının, ahşap, betonarme, toprak olması

- Bina zeminin sert ve yumuşak olmasına (jeolojik yapı) bağlı olduğu görülmüştür.

- Dünya standartlarına göre tanecik hızının 50 mm/sn altında zarar verme olasılığının çok az olarak nitelendirilen limit hızı, ülkemizde çamur harçlı, taş veya kerpiç yapı elemanlı eski binalarda 25-30 mm/sn olması gerekmektedir. Bu limitlerde binalarda sıva dökülmeleri bazen binanın eskiliğine bağlı olarak köşelerde ve özellikle atım yönüne yönelik cephe duvarında hava şok etkisi ile birlikte yeni çatlakların oluşması veya eski çatlakların genişlemesi görülmektedir (özellikle gecikmeli periyodik atımlarda).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Kazı öncesinde mümkün olduğu kadar kabul edilebilir bir hasar seviyesi için titreşim parametreleri tespit edilmelidir. Çalışmaların ilerlemesi esnasında ilk tespit parametreleri şartlara göre optimize edilmelidir.

Çizelge 1. Çalışmalarda uygulanan patlatma delikleri boyutları ve patlayıcı maddenin özellikleri

Delik çapı	40 mm
Delik boyu	175 cm
Delikler arası mesafe	130 cm
Delik sıraları mesafesi	120 cm
Bir sıradaki delik sayısı	2 1
Bir delikteki patlayıcı miktarı	1.085 kgr.
Kullanılan patlayıcı cinsi	% 70 jelatin dinamit (MKE)
Gecikmeli kapsül zaman aralığı	20-50 milisaniye

Sahada titreşim sonucu oluşan tanecik nızları VİBRAMETER 1101 (5-500Hz) ile ölçülmüştür.

Çizelge 2. Ölçülen tanecik hızları mm/sn

	Gecikmeli atım başına patlayıcı miktarı (kg)	Mesafe (m)	k katsayı	Tanecik hızı (ölçülen mm/sn)
1.	0.92	5.0	188	54
2.	1.38	5.0	216	76
3.	1.84	5.0	113	46
4.	1.38	5.0	190	67
5.	1.61	5.0	216	82
6.	5.52	15.0	157	46
7.	5.52	16.0	167	49
8.	2.30	7.0	130	46
9.	1.61	5.0	124	47
10.	1.38	5.0	194	68
11.	2.30	6.0	141	56
12.	2.30	6.0	152	60
13.	3.45	6.0	131	78
14.	3.78	5.50	155	84
15.	3.78	5.50	140	76
16.	3.68	6.50	134	73
17.	2.76	6.50	174	71
18.	2.76	6.00	150	65
19.	2.76	6.50	181	74
20.	2.76	6.50	203	83

Tanecik hızlarının hesaplanması için önerilen formüllere göre (kullanılan patlayıcı madde miktarı ve ölçüm yapılan mesafelere göre)

Veriler:

$$K = 200$$

$$R = 6,5 \text{ m}$$

$$Q = 2,76 \text{ kgr}$$

$$3. \text{ Nolu formüle göre} \quad V = 22.54 \text{ mm/sn}$$

$$\text{Eğer } K = 800 \text{ alınır} \quad V = 90.1 \text{ mm/sn}$$

2. Titreşim ölçer kayıt cihazları 0-500 Hz frekansında olmalı, maksimum tanecik genliği ve hızını ölçebilmeli.
3. Uzun madencilik faaliyetleri esnasında atımlar sonucu hasara konu olabilecek yapı tip ve türleri incelenerek kaçınılmaz olan minimum hasar limitleri tespit edilmeli.
4. Yeraltı madenciliğinde aynı önlemler, kuyu, desandre ve ana nakliye galerisi için de yapılarak bu gibi yerlerdeki tahkimatın ve madenin ana elemanlarının titreşimlerden hasar görmemesi sağlanarak emniyetli şekilde tutulması gerekir.

KAYNAKLAR

1. DUVALL, W.I. et al., Vibrations from instantenous and Milisecond-Delayed Quarry Blast RI 6151 U.S. Bureau of Mines, 1963.
2. DEVİNE, J.F., et al., Effect of Charge Weight on Vibration Levels from Quarry Blasting. RI, 6774 U.S. Bureau of Mines, 1966.
3. ORIARD, L.L., Blasting Operations in the Urban Environment, Association of Engineering Geologist Vol.9, No 1, 1972.
4. ÖZDOĞAN, M., Açıkocaklarda Dinamitleme Sonucu Oluşan Titreşimler Hava Şokları ve yerleşim Bölgelerinde Alınacak Önlemler Madencilik, Cilt XVII, Sayı 3, 1978, 7-16 s.
5. NICHOLLS, H.R., JOHNSON, C.F., and DUVALL, W.I., Blastign Vibrations and Their effects on Structures Bu Mines Bull. 656, 1971, 105 pp.
6. OLSON, J.J., FOGELSON, D.E., DICK, R.A. and HENDRICKSON- A.D., Ground Vibrations from Tunnel Blasting in Granite. Bu Mines, RI 7563, 1972, 25 pp.
7. **STAGG, S. and SISKIND, D.E., Effects of Blast Vibration on Construction Material Cracking in Residential Structures Bu Mines IC 9135, 1987, 33-45 p.**
8. KOPP, J.W. and SISKIND, E.D., Effects of Milisecond-delay Intervals on Vibration and Airblast from Surface Coal Mine Blasting, Bu Mines, RI 9026, 1986, 44 pp.
9. NOBEL'S EXPLOSIVE COMPANY LIMITED., Excavating with Explosives, Scotland Ref. No. NDP 316/2.Ed/23/173. 12 p.
10. ISAAC- I.D., and BUBB, C, A Study of Blast Vibrations Part 2. Tunnels and Tunneling 1981, 61-65.
11. BERGLING, J.', EKLAND, K., SJÖBERG, C, An Investigation of Damages at Different Vibration Levels' Nitro Consult AB, 1978.
12. ORIARD, L.L., Underground Mining Methods Handbook, Ed. Hustrulid SME, 1982, 1590-1603 pp.