

Taşocaklarında Yapılan Patlatmalardan Kaynaklanan Titreşimlerin Hasar Riski Değerlendirmesi

Damage Risk Evaluation of Ground Vibration Induced by Blasting at Quarries

Kağan ÖZDEMİR¹, U. Gökhan AKKAYA¹,
Ali KAHRİMAN¹, Abdulkadir KARADOĞAN¹, Güngör TUNCER¹

¹İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Programı, Vezneciler, İstanbul
İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34850, Avcılar, İstanbul
kozdemir@istanbul.edu.tr, ufukhan@istanbul.edu.tr, kahrیمان@istanbul.edu.tr, akadir@istanbul.edu.tr,
tuncer@istanbul.edu.tr

ÖZET: Yerleşim yerleri yakınındaki patlatma çalışmalarının sebep olduğu, rahatsızlık derecesine varan çevresel sorunların artmasıyla, büyük dikkat gerektiren emniyetli patlatma tasarımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, özellikle büyük patlatmalarda, belirli bir mesafede, gecikme başına düşen maksimum patlayıcı miktarının sınırı, çevresel problemlerin elimine edilmesi için büyük önem taşımaktadır. Emniyetli yaklaşımlarla, yer sarsıntısının parçacık hızı ve diğer bileşenlerinin tahmini, patlatma tasarımcıları için önemli kolaylıklar sağlayacaktır. Patlatmanın sebep olduğu çevresel problemlerin azaltılabilmesi için günümüze kadar yürütülen yoğun çalışmalara rağmen, henüz güvenilir bir genel formül saptanamamıştır. Bu yüzden deneysel çalışmalar, her bir sahaya özgün olarak, bu problemlerin azaltılabilmesi için gereklidir. Bu bildiri kapsamında, parçacık hızı seviyesini tespit etmek için, Halimoru ve Naipli kalker ocaklarında toplam 9 atım olayı gerçekleştirilmiştir. Her bir atım 5 farklı titreşim ölçer kullanılarak kaydedilmiş ve olası hasar riski, uluslararası normlara göre değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Patlatma, Titreşim Etkileri, Ölçüm Sonuçları, Hasar Riski

ABSTRACT: With the general trend toward larger blasts in mining, ground vibration and air blast problems and complaints have significantly increased. With increasing environmental constraints on the levels of disturbance induced by blasting operations upon nearby residents, there is an increasing need to be able to design cautious blasting with greater precision. Therefore, determination of maximum amount of explosive per delay for a certain distance especially in large blasts is very important for the elimination of these environmental problems. Estimating the particle velocity and other components of ground vibration with reliable approaches will give important advantages to the blasters. Although many studies had been carried out to isolate environmental problems induced by blasting, a general reliable formula has not been established yet. So experimental studies are still necessary for each site to minimise environmental issues. Within the scope of this study, 9 blast events realised at Halimoru and Naipli limestone quarries in order to predict peak particle velocity level. All blast events were recorded with 5 different monitors and possible damage risk existence were evaluated according to the international norms.

Keywords: Blasting, Vibration Effects, Measurement Results, Damage Risk

1. GİRİŞ

Patlatmanın kaçınılmaz olduğu taşocakçılığı, madencilik, inşaat altyapı kazıları, kuyu-tünel, boru hattı, baraj gibi çeşitli sektörlerde, yer sarsıntısı ve hava şokundan kaynaklanan çevre problemleri ile sıkça karşılaşmakta ve tartışılmaktadır. Bu nedenle, patlatma tasarımında yalnızca parçalanma derecesi, eş dağılımlılık, maliyet gibi teknik ve ekonomik unsurlar değil, aynı zamanda söz konusu problemlerin elimine edilmesi de dikkate alınmalıdır. Patlatmadan kaynaklanan titreşim bileşenlerinin tahmin edilmesi çevresel şikayetleri önlemede büyük önem taşımaktadır.

Son yıllarda, patlatmalı kazılardan sorumlu teknik elemanların karşılaştıkları sorunlardan biri de yer sarsıntısı ve hava şokları nedeniyle, çevrede yaşayan kişi ya da kuruluşların haklı veya haksız şikayetleridir. Nüfus artışı ve şehirleşmeye paralel olarak bu tür gerçek ya da psikolojik rahatsızlıklar giderek yoğunlaşmaktadır. Dolayısıyla ekonomik ve emniyetli bir patlatma, aynı zamanda bu tür sorunları da en aza indirmek durumundadır. Bu nedenle, iyi bir patlatmadan beklenen en önemli unsurlardan biri atımın çevresel etkiler açısından emniyetli olmasıdır. Bu tür çevresel duyarlılıklar dikkate alındığında, patlatma kaynağından belirli bir uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin ya da tesisin, patlatma sonucunda oluşacak yer sarsıntısı, fırlayan kaya ve hava şoku gibi sonuçlardan etkilenmemesi için patlatma tasarımında, herhangi bir gecikme aralığında kullanılacak en fazla patlayıcı madde miktarının önceden belirlenmesi ve kontrollü atımlar gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Patlatmadan kaynaklanan çevresel problemler, gelişmiş ülkelerde, ülkemize göre çok daha önceleri yaşanmıştır. Bu nedenle bu konuların çözümü ve konuyla ilgili bazı standartların oluşturulması amacıyla çeşitli sistematik araştırma programları yürürlüğe konulmuştur. Bu programların sonucunda "Kontrollü Patlatma Tekniğinin İlkeleri" ortaya konulmuştur. Günümüzde patlayıcı madde üreticileri ve tüketicileri, patlatma sonucu oluşan yer sarsıntılarını ve hava şokunun etkilerini belirlemek ve gerekli önlemleri alabilmek için deneysel çalışmaları sürdürmektedirler. Bu konularda çeşitli yasal hükümler geliştirilmeye

çalışılmaktadır [1,2,3].

1.1. Araştırmanın Amacı

Afyon Çimento T.A.Ş. ve Balıkesir Çimento T.A.Ş. Fabrikalarının hammadde ihtiyaçlarını karşılamak üzere üretim faaliyetleri sürdürülen Halımoru ve Naipti kalker ocaklarında, üretimi hedeflenen malzemenin (kalker) sert ve sağlam yapısı olmasından dolayı patlatmalı kazı kaçınılmaz olarak yapılmaktadır. Bu durum, araştırma ekibinin yerinde yaptığı deneylerle de teyit edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, söz konusu ocaklarda, kalker üretimi sırasında, patlatmadan kaynaklanan titreşim ve hava şoku gibi çevresel problemlerin birkaç atım olayı bazında ölçülerek, bu unsurların, çevrede bulunan yerleşim birimlerindeki (Halımoru Köyü, Nuribey Beldesi ve Hafız'ın Çiftliği) yapılarda hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olmadığı konusunda değerlendirme yapılmasıdır.

2. ÇALIŞMA ALANLARI VE ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanları

Bu çalışma kapsamında, Afyon Çimento T.A.Ş. tarafından Halımoru Kalker Ocağı'nda ve Balıkesir Çimento T.A.Ş. tarafından Naipti Kalker Ocağı'nda hammadde üretimi amacıyla patlatma çalışmaları sırasında, çevredeki yerleşim birimlerinde olası hasar düzeyini belirlemek amacıyla, titreşim ve hava şoku ölçümleri yapılmıştır.

Üretim faaliyetleri sürdürülen Halımoru Kalker Ocağı'nın en yakın yerleşim birimleri olan Halımoru Köyü ve Nuribey Beldelerine uzaklıkları sırasıyla 1200 m ve 1100 m civarındadır.

Kazı ve üretim faaliyeti yapılan çalışma alanı, neojen yaşlı sedimenter kayalardan oluşmaktadır. Çalışma alanında gözlenen egemen kaya birimleri, belirli kalınlıklarda ardalanmış kalker ve killi kalkerlerden oluşmaktadır. Sedimentasyonla aynı zamanlı olarak volkanizma da söz konusudur [4].

Naipli Kalker Ocağı'nın ise en yakın yerleşim birimi olan Hafız'ın Çiftliği'ne uzaklığı 450 m civarındadır

Kazı ve üretim faaliyeti yapılan çalışma alanı, kristalize kalkerden oluşmaktadır. Çalışma alanında gözlenen egemen kaya birimleri, belirli kalınlıklardaki kristalize kalker, breşik-lateritik kalker, altere andezit ve altere tüflerden oluşmaktadır. Sahada sedimentasyonla birlikte tektonizma ve hidrotermal etkiler de söz konusudur [5].

Bu araştırma kapsamında çalışma alanlarında egemen olan kaya birimlerinin kazı zorluğu derecesini belirlemek amacıyla uygulanmakta olan patlatma! 1 kazı

faaliyetlerinin gözlemlerine ek olarak, kaya sınıflama çekici (Schmidt Çekici) testleri yapılmıştır. Bölge jeolojisini oluşturan formasyonların sertlik değerlerinin bulunabilmesi amacıyla, arazide yerinde yapılan Schmidt Çekici deneyleri sonucunda, elde edilen sertlik değerlerinin, Uluslararası Kaya Mekanik Demeği (ISRM) tarafından önerilen Schmidt çekici sertlik skalasındaki yerleri belirlenerek kaya sertliği tasvirleri yapılmıştır (Çizelge 1) [6,7]. Bu gözlem ve değerlendirmeler ışığında üretim hedeflerini gerçekleştirebilmek için patl atmalı kazının kaçınılmaz olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 1. Kaya Sınıflama (Schmidt) Çekici Deney Sonuçları [6,7]

	Halımoru Kalker Ocağı		Naipli Kalker Ocağı	
	1. Deney	2. Deney	1. Deney	2 Deney
Lokasyon	Halımoru	Halımoru	Naipli 3 no'lu Ocak	Naipli 3 no'lu Ocak
Formasyon	Kalker	Kalkerli Mam	Kristalize Kalker	Kristalize Kalker
Çekiç Konumu	Düşey	Düşey	Yatay	Düşey
Aritmetik Ortalama	47 8	35 4	47	49 6
Standart Sapma	± 4 98	± 1 89	+ 6 6	± 6 6
Yüzde Standart Sapma (%)	10	5	13	13
ISRM Skalısındaki Yeri	SERT	AZ SERT	SERT	SERT

2.2. Araştırmada Uygulanan Yöntem

Çalışma kapsamında, öncelikle Halımoru Kalker Ocağı ve Naipli Kalker Ocağı'nda uygulanmakta olan patlatma düzeni ile ilgili gözlem ve incelemeler yapılmıştır, incelemeler sonucunda her iki sahada da uygulanan patlatma modelinin, esas olarak iki ayrı kademede yapılan basamak patlatması olduğu anlaşılmıştır. Söz konusu sahalarındaki üretici firmaların genelde uyguladığı atımlardan biri, spontane olarak ve yakın yerleşim birimleri titreşim ölçüm istasyonları olarak seçilmek suretiyle izlenmiştir. Ayrıca Halımoru Kalker Ocağı'nda gerçekleştirilen 4, Naipli Kalker Ocağı'nda ise 3 ayrı deneme atımlarıyla ilgili de gerekli ölçümler yapılmıştır.

Araştırma süresince, amaçlar doğrultusunda, daha önce açıklanan yöntem uygun olarak toplam 9 adet atım kaydedilmiştir. Her bir atımla ilgili patlatma paterni, patlayıcı madde şarj parametreleri ve titreşim ölçüm sonuçları titizlikle kaydedilmiştir. Deneme atımlarındaki delik ve şarj miktarları ise

araştırma ekibince sistematik bir yaklaşımla önerilmiş ve ilgililerce uygulanmıştır. Atım kaynağı ile yer sarsıntısı ve hava şoku kayıt istasyonu arasındaki mesafe ise GPS kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler, bu amaçla geliştirilen form ve çizelgelere aktarılmıştır.

Her iki sahada basamak atımı şeklinde gerçekleştirilen toplam 9 adet atıma ilişkin patlatma geometrisi konfigürasyonları Çizelge 2'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir .

Atımlarda, firmalar tarafından kullanılan patlayıcı maddelerin kullanılmasına devam edilmiştir. Bu çerçevede, Halımoru Kalker Ocağı'nda esas patlayıcı olarak BARANFO, yemleyici olarak jelatinit dinamit veya EMULİTE-100 ve ateşleyici olarak da elektrikli kapsüller (gecikmeli veya gecikmesiz), Naipli Kalker Ocağı'nda esas patlayıcı olarak ANFO, yemlemede ise Emulite 100 kullanılmıştır. Yüksek basamaklarda delik dibi ve kolonda olmak üzere iki ayrı noktadan ateşleme yapılmıştır [6,7].

Çizelge 2. Titreşim Ölçümü Yapılan Atımların Patlatma Geometrisi [6,7]

Atım Parametreleri	Halımoru Kalker Ocağı					Naipli Kalker Ocağı			
	1*	2**	3**	4**	5***	6*	7**	8**	ç**
Basamak Yüksekliği (m)	6	15	15	15	15	1-8	6	6	5
Delik Sayısı	10	1	2	3	10	46	1	3	2
Delik Çapı, d (mm)	89	89	89	89	89	89	89	89	89
Delik Eğimi, a (°)	85	85	85	85	85	85	85	85	85
Delik Boyu, H (m)	7	16	16	16	16	2-9	7	7	6
Dilim Kalınlığı, B (m)	3	3	3	3	3,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Delikler Arası Mesafe, S (m)	3	-	3	3	3,5	3	-	3	2,5
Sıklama, h ₀ (m)	2	3	3	3	5	2	2	2	2
Yemleme Miktarı, (kg)	10,5	2	3,75	5,65	20	52	1	3	2
Toplam Şarj, Q (kg)	300	75	150	225	600	1400	36	108	58
Gecikme Başına Toplam Şarj, W (kg)	62	77	154	231	186	490	36	108	58
Toplam Kapsül Adedi	10	2	4	4	20	52	1	3	2
* 1 ve 6'nolu atım firmaların spontane olarak düzenlediğidir ** 2, 3, 4, 5, 7, 8 ve 9 nolu atımlar araştırmacı tarafından önerilmiştir. *** 5 nolu atım araştırmacı tarafından firmanın çalışmasına benzer şekilde düzenlenmiştir									

Atımlardaki kayıt alımlarında, parçacık hızının enine, boyuna ve dikey bileşenlerini ölçen ve bunların bileşkesi olan hız değerlerini veren jeofonlar ve hava şokunu ölçen mikrofonlar belirtilen yönlerde muhtelif uzaklıkları olarak keyfi şekilde (yerleşim birimlerine doğru) seçilen ölçüm istasyonlarına yerleştirilmiştir.

Sahalarda gerçekleştirilen toplam 9 atım olayı için ölçekli mesafe unsurları kaydedilirken, yer sarsıntısı ve hava şoku ölçümleri de, Halımoru Kalker Ocağı'nda 4 ayrı, Naipli Kalker Ocağı'nda ise 5 ayrı titreşim ölçer cihazı ve ekipmanı ile ölçülmüştür. Daha sonra elde edilen ölçüm sonuçları, bilgisayar destekli data değerlendirme ünitesine aktarılarak yorumlanmıştır. Titreşim ölçer cihazı ile elde edilen kayıtlar, ülkemizde konuyla ilgili standart ve kriterlerin bulunmaması dolayısıyla, uluslararası standartlarla karşılaştırılarak hasar normları içindeki yeri belirlenmeye çalışılmıştır. Ölçülen parçacık hızı bileşenleri (boyuna, enine, düşey, bileşke ve maksimum) ve oluşum frekansları dikkate alınarak uluslararası genel kabul görmüş normlarla mukayeseleri yapılmıştır.

Ayrıca, ilerideki çalışmalara baz oluşturmak amacıyla maksimum parçacık hızı

tahmini için, gecikme başına düşen en fazla patlayıcı madde şarjları ve kaynak-ölçüm istasyonu arasındaki uzaklıklar dikkate alınarak türetilen ölçekli mesafe parametresiyle parçacık hızı arasındaki ilişki araştırılmış, çalışma kapsamında elde edilen sınırlı sayıdaki veri çiftleri kullanılarak, saha faktörlerini yansıtan, titreşim hızının kestirimi için ön değerlendirmelerde kullanılabilecek ampirik formüller, söz konusu sahalar için elde edilmiştir.

3. ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Patlatma paterni ve patlayıcı tüketimleri, yukarıda detaylı olarak açıklanan atımlar sonucunda, kayaç içi titreşimlerin oluşturduğu parçacık hızı,- deplasman, ivme ve frekans değerleri, kayıt cihazları ile tespit edilmiştir. Kayıt cihazlarını çıktılarında çeşitli normlar arasında, USBM ve DİN 4150 normları da mevcuttur. Cihaz ve data değerlendirme üniteleri, istendiğinde, atım sırasında ölçülen parçacık hızı ve frekans değerlerini adı geçen normlara işlemektedir [8]. Titreşim ve hava şoku ölçümü yapılan atımlarda, cihazların kaydettiği değerler, çevredeki tesis ve yapılara etki

derecelerini tahmin ve mukayese etmek amacıyla, hem USBM hem de Alman DİN 4150 Norm'larına göre değerlendirilmiştir. Cihaz, kuruluş modunda 0,70 mm/sn'nin üzerinde oluşacak titreşim hızı seviyelerini ölçecek hassasiyette ayarlanmıştır. Bu nedenle, kayıt alınmak üzere ölçüm istasyonuna cihaz

konulduğu halde, değerleri kurulum değerlerinden daha düşük olan atımların titreşim kaydı alınamamıştır. Kayıt alınan atımların parçacık hızı bileşenlerini, frekans değerlerini ve hava şoku ya da gürültü değerlerini içeren bilgiler Çizelge 3'te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 3. Atımlar Sonucunda Ölçülen Titreşimlerin Veri Kaydı [6,7]

Atım No	Titreşim Ölçer Cihaz Modeli	Ölçüm Sonuçları					
		En Yüksek Parçacık Hızı PPV (mm/sn)	Frekans f (Hz)	Hava Şoku N (dB)	Gecikme Başına Toplam Şarj W (kg)	Mesafe R (m)	Ölçekli Mesafe SD
Halımoru Kalker Ocağı							
1	Blast Mate II	Kayıt Alınamadı*			62	1275	—
	Mini Mate Plus	Kayıt Alınamadı*			62	1170	—
	Mini Seis (1455)	Kayıt Alınamadı*			62	900	—
	Mini Seis (1457)	Kayıt Alınamadı*			62	690	—
2	Blast Mate II	Kayıt Alınamadı*			77	990	—
	Mini Mate Plus	Kayıt Alınamadı*			77	600	—
	Mini Seis (1455)	Kayıt Alınamadı*			77	345	—
	Mini Seis (1457)	7.62	30.1	123	77	130	14.81
3	Blast Mate II	Kayıt Alınamadı*			154	600	—
	Mini Mate Plus	1.52**	1.50	125	154	450	36.26
	Mini Seis (1455)	1.01	32	118	154	345	27.80
	Mini Seis (1457)	10.66	12.8	126	154	130	10.48
4	Blast Mate II	1.27	9	116	231	600	39.48
	Mini Mate Plus	1.78	8	115	231	450	29.61
	Mini Sek (1455)	1.01	16	119	231	345	22.70
	Mini Seis (1457)	12.19	12.1	126	231	130	8.55
5	Blast Mate II	Kayıt Alınamadı*			186	570	—
	Mini Mate Plus	1.52	6.8	125	186	397	29.11
	Mini Seis (1455)	2.03	13.1	126	186	345	25.30
	Mini Seis (1457)	9.14	15.5	100	186	225	16.50
Naıpli Kalker Ocağı							
6	Blast Mate II	2,67	10	139	490	360	16,26
	Mini Mate Plus	132	18	148	490	180	8,13
	Mini Seis (1455)	17,78	8,6	Ölçülmedi	490	150	6,78
	Mini Seis (1457)	65,02 ***	36,5	142	490	65	2,94
	Mini Seis (1393)	55,37	34,1	Ölçülmedi	490	115	5,20
7	Blast Mate II	13	13	124	36	60	10,00
	Mini Mate Plus	3,68	11	123	36	85	14,17
	Mini Seis (1455)	2,16	13,8	Ölçülmedi	36	95	15,83
	Mini Seis (1457)	4,95	10	Ölçülmedi	36	105	17,50
	Mini Seis (1393)	9,27	39,3	Ölçülmedi	36	60	10,00

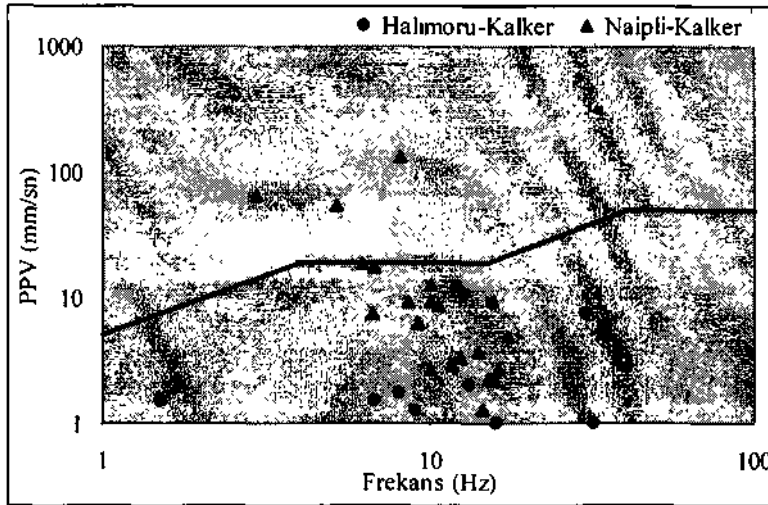
Çizelge 3. (Devamı)

8	Blast Mate II	18,7	28	131	108	65	6,25
	Mini Mate Plus	9,40	18	122	108	90	8,66
	Mini Seis (1455)	2,67	13,1	Ölçülmedi	108	105	10,10
	Mini Seis (1457)	8,64	23,2	Ölçülmedi	108	110	10,58
	Mini Seis (1393)	7,62	13,4	Ölçülmedi	108	70	6,74
9	Blast Mate II	6,22	19	131	58	70	9,19
	Mini Mate Plus	3,30	21	124	58	95	12,47
	Mini Seis (1455)	1,27	19,6	Ölçülmedi	58	110	14,44
	Mini Seis (1457)	2,29	18,9	Ölçülmedi	58	115	15,10
	Mini Seis (1393)	2,92	26,9	Ölçülmedi	58	90	11,82
* Cihaz kurulum değerlerinin altında olduğu için kayıt alınamamıştır.							
** Ana titreşim değil, yüzey dalgası olduğu tahmin edilmektedir.							
*** Cihaz trigger seviyesi aşıldığından, değeri daha yüksek kaydedilemedi.							

3.1. Atımların Hasar Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında, söz konusu sahalarda yapılan atımlarda ölçülen parçacık hızı ve frekans değerlerinin çevreye verebilecekleri hasar riski, USBM ve DİN 4150 Alman Normu'na göre irdelenmiştir. Şekil 1'deki grafikte, kaydedilen olaylarda ortaya çıkan maksimum parçacık hızlarına karşılık gelen frekans değerlerinin dağılımı görülmektedir.

Yapılan değerlendirmeler sonucu, kaydedilen değerlerin (atım noktalarına yakın seçilen 3 ölçüm hariç), yıpranmış binalar için verilen hasar başlangıç sınırının bile çok çok altında olduğu belirlenmiştir (Şekil 1). Bu veriler ışığında, bu çalışma esnasında yapılan atımların, söz konusu sahalara yakın yerleşim birimlerinde herhangi bir hasar riski taşımadığı saptanmıştır.



Şekil 1. Kaydedilen Maksimum Parçacık Hızlarına Karşılık Gelen Frekans Dağılımı

Patlayıcı madde atımları sırasında ölçme istasyonunda 140 dB' den yüksek değerlerde sesten rahatsız olma, pencere camı kırılmaları,

binalarda hasar meydana gelebilmektedir.

Kazı sahasında yapılan atımlar sırasında cihazların mikrofonu zemine yerleştirilerek hava

şoku değerleri 104-140 dB arasında kaydedilmiştir. Bu değerler, atımların, seçilen ölçüm istasyonlarına göre çok daha uzakta bulunan yerlerdeki tesis ve yapılarda herhangi bir hasar yaratmayacağı gibi, cam kırılmaları, sestem rahatsız olma gibi durumları da meydana getirmeyeceğini göstermiştir.

3.2. Atım Sonuçlarının İstatistiksel Analizi

Bu çalışma kapsamında, 31 adet olay kaydedilmiş (9 olay ise cihaz kuruluş değerlerinin düşük tutulmasına rağmen uzaklığın fazla olması nedeniyle kaydedilememiştir) ve oluşan yer sarsıntısı ölçüm sonuçları Çizelge 3'te sunulmuştur. Parçacık hız bileşenleri (boyuna, enine, düşey, bileşke ve maksimum), oluşum frekansları dikkate alınarak daha önce bahsedilen uluslararası genel kabul görmüş normlarla mukayese edilmiştir. Bu çalışmaya ek olarak parçacık hızı tahmini için gecikme başına düşen en fazla patlayıcı miktarı ve kaynak ile ölçüm istasyonu arasındaki uzaklıklar dikkate alınarak türetilen ölçekli mesafe ile parçacık hızı arasındaki ilişki incelenmiştir.

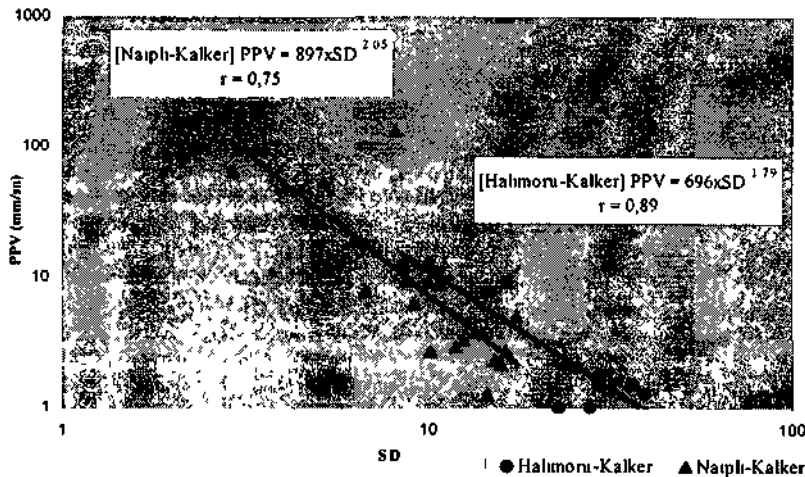
Çizelge 3'teki verilerden hareketle, ölçülen maksimum parçacık hızı ile ölçekli mesafe veri çiftleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda, yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında, parçacık hızı

tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahalarının sabitleri;

$$\text{Halımoru Kalker Ocağı için,} \\ \text{PPV} = 696 \times \text{SD}^{1.79}, \quad (r=0.89) \quad (1)$$

$$\text{Naipli Kalker Ocağı için,} \\ \text{PPV} = 897 \times \text{SD}^{2.05}, \quad (r=0.75) \quad (2)$$

formülleriyle ifade edilmiştir. Buna göre, çalışılan sahaların sabitleri sırasıyla Halımoru Kalker Ocağı için $K=696$ ve $\beta=-1.79$, Naipli Kalker Ocağı için $K=897$ ve $\beta=-2.05$ olarak bulunmuştur. Oldukça anlamlı sayılabilecek korelasyon katsayıları ile sonuçlanmış olan bu regresyon ifadeleri, söz konusu işletmelerde titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşim hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede çok önemli bir yaklaşım olarak rahatlıkla (kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilir. Kısıtlı sayıdaki verilerle elde edilen bu yaklaşımların yeni veriler ile ocakların derinleşmesi de dikkate alınarak zaman esası olarak güncelleştirilmesi gözden uzak tutulmamalıdır. Literatüre uygun olarak makul sayılabilecek korelasyon katsayılarıyla elde edilen bu fonksiyonların logaritmik grafiksel görünümü de Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Maksimum Parçacık Hızı ve Ölçekli Mesafe İlişkisi

4. SONUÇLAR

Nüfus artışı ve kentleşmeye paralel olarak, modern dünyanın ihtiyacı olan büyük inşaat ve tesislerin yapımı ile birlikte endüstrinin ihtiyacı olan maden kaynaklarının üretilerek insanlığın hizmetine sunulması sırasında, geçmişte olduğu gibi günümüzde, hatta gelecekte de patlatmalı kazı çalışmalarının kaçınılmaz olduğu bilinmelidir. Bu yüzden, patlamadan kaynaklanan çevre etkilerinin belirlenmesine yönelik yer sarsıntısı ve gürültü ölçümleri büyük önem taşımaktadır.

Gelişmiş ülkelerde bu tür çevresel problemlerin çözümüne dönük araştırma programları uzun süreden beri sürdürüldüğü ve muhtelif standartlar ve kriterler oluşturulduğu dikkate alındığında, ülkemizin bu konuda oldukça yetersiz ve geri kalmış olduğu görülmektedir. Bu nedenle, benzer çalışmaların yaygınlaştırılarak, ülkemiz koşullarına uygun standart ve kriterleri elde edebilmek için üniversite ile patlatmalı kazı çalışmalarını yürüten gerek özel sektör, gerekse devlet kuruluşları arasında ciddi ilişkiler kurulmalıdır.

Bu yönde yapılan çalışmalara örnek olarak seçilen iki araştırma sahasında, kısmi olarak elde edilen ölçüm sonuçları, günümüzde yaygın kabul görmüş olan bazı kriterler ile analiz edilmiş ve patlatmalı kazı çalışmaları sırasında, izlenen paternlerdeki atımların meydana getirdiği titreşim ve hava şokunun, ölçü alınan noktalar itibarıyla söz konusu sahalarda civarındaki tesisler başta olmak üzere, çevredeki yapılarda etkili olamayacağı belirlenmiştir. Ancak, bu tür çalışmalarda, kontrollü atım tasarımlarının ve kayıt cihazı kullanımının önemi, özellikle ihtilafli durumların çözümünde gözdeji uzak tutulmamalıdır.

Teşekkür

Yazarlar, bu araştırmaya olanak sağlayan Set Italcementi Group'a ve çalışmalar sırasındaki ilgi ve yardımlarından dolayı Sayın Ata FERHATOGLU ve Tamer GEZGUL'a teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] Ceylanoglu A., Kahriman A., "Measurement and Analysis of Ground Vibration Induced by Bench Blasting in a Celestite Open-pit Mine in Turkey", *Fourth International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production*, October 7-11, Cagliari, Italy, Volume 1, 283-290, 1996.
- [2] Johnston G.J., Durucan Ş., "The Numerical Prediction, Analysis and Modelling of Ground Vibration Induced by Blasting", *Third International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection*, 18-20 October, Istanbul, 1994.
- [3] Kahriman A., Görgün S., Karadoğan A., Tuncer G., "Estimation Particle Velocity on The Basis of Blast Event Measurement For An Infrastructure Excavation Located Nearby Istanbul", *First World Conference on Explosives And Blasting Technique*, 6-8 September, Munich, Bavaria, Germany, 2000.
- [4] Ferhatoglu A., "Geochemical Report of Hahmoru Limestone Quarry Afyon Plant", AFY 95 GEO 01, 1994.
- [5] Ferhatoglu A., Gezbul T., "Narıplı East Limestone Deposit Geochemical and Geostatistical Report Balıkesir Plant", BAL 97 GEO 01, 1997.
- [6] Kahriman A., Tuncer G., Görgün S., Karadoğan A., "Monitoring and Analysing Ground Vibration Induced by Different Blasting Excavation Activities", *Seventh International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production*, October 7-10, Cagliari, Italy, 385-394, 2002.
- [7] Kahriman A., Karadoğan A., Tuncer G., Görgün S., Güven S., Ferhatoglu A., Gezbul T., "Evaluation of Damage Risk of the Ground Vibration Induced by Blasting in a Quarry" *Second International Conference: Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection*, Varna, Bulgaria, 9-15 June, 365-377, 2002.
- [8] Kahriman A., Tuncer G., Görgün S., Karadoğan A., Özdemir K., "Evaluation of The Ground Vibration Attenuation Produced From Blasting For "The Different Rock Masses", *Proceedings of The Twenty-Ninth Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*, 2-5 February, Nashville, Tennessee, USA., Vol. I, 193-201, 2003.