

Patlatma Kaynaklı Titreşimlerde OSMRE Çözümleri -I İstanbul-Cendere Havzası' ndan Bir Uygulama Örneği

OSMRE Procedures on Blast Induced Vibrations -I A Case Study of Istanbul-Cendere Region

Cengiz Kuzu, Hasan Ergin

İTU Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul
kuzu@itu.edu.tr, hergin@itu.edu.tr

ÖZ: Madencilik faaliyetlerinde önemli bir yer tutan taş ocakları işletmeciliği, diğer madencilik kollarına göre şehrsel alanlara daha yakın bir konum arz etmektedir. Bu durum bazen çok abartılı olabilmekte ve şehrsel mekanlar ile taş ocakları iç içe geçebilmektedirler, İstanbul şehri bunun sayısız örnekleri ile doludur. Olayın asıl nedeni, şehrsel alanların planlanmasındaki eksikliklerden kaynaklanmaktadır. Taş ocakları, bazen yerleşimlere, bazen endüstriyel tesislere, bazen otoyollara, bazen isale hatlarına, bazen petrol tanklarına, bazen de doğal su yapılarına abartılı bir şekilde yakın olabilmekte ve çevrede bulunan çeşitli kullanım alanları ile anlaşmazlıklar doğabilmektedir. Konuyla ilgili olarak hazırlanmış olan bildirimlerin ilki olan bu bildiride, OSMRE' nin (Açık Ocak Madencilik ve Çevre Düzenleme Ofisi) patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının etkilerinin incelenmesine yönelik olarak gösterdiği yollar tartışılmakta ve Cendere Havzası' nda AK.DAĞLAR Firması' na ait ocaklarda OSMRE' nin önerdiği III. Yol'a -Değiştirilmiş Ölçekli Mesafe- göre yapılan bir inceleme sunulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Yer Sarsıntısı, Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntısı

ABSTRACT: The quarry mining has always been in the vicinity of urban areas in comparison to the other mining branches such as coal mining. This situation can be, in some cases, very complex such as urban areas and quarries grow into each other's fields. The city of İstanbul has many examples of this kind. This problem is mainly originated from the lack of planning of urban areas. The quarries can be sometimes near industrial buildings, sometimes near highways and petroleum tanks sometimes near water structures. This position of quarries causes conflicts with their neighbors. Two papers are prepared regarding these aspects. In this first paper, the worldwide well-known procedures from OSMRE (U.S. Department of Interior, Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement) are discussed and the use of 3rd OSMRE-Procedure -modified scaled distance- with an example of AKDAĞLAR QUARRIES in Cendere Basin has been demonstrated.

Key words: Ground Vibrations, Blasting Vibrations

1.GİRİŞ

Patlatma kaynaklı yer sarsıntıları, son yıllarda - özellikle madencilik çevrelerinde- sıkça duyulan ve madenci ile çevresini karşı karşıya getiren bir konu olagelmıştır. Bu durum, şehirlerdeki inşaat işlerine paralel olarak, yapı malzemesi "kırmataşa" olan talebin artmasıyla kendini duyurmuştur. İşin temelinde-ekonomik nedenlerle- kırmataş üretiminin şehirlerin yakın alanlarında yapılması gereği yatmaktadır. Diğer yandan, istanbul gibi devamlı göç alan düzensiz ve hızlı bir büyümenin var olduğu yerlerde, önceden şehir dışı alanlarda yer alan taş ocaklarının hızla şehirselleşen mekanların içinde kaldığı veya bu mekanlara komşu olduğu da bilinen bir gerçektir. Sonuçta, taş ocakları ile şehirselleşen alan kullanıcıları arasında madencilik ve çevre etkileri bağlamında başta patlatma kaynaklı yer sarsıntıları olmak üzere bazı sorunlar doğabilmektedir.

Genel olarak, bir patlatma işinde yer sarsıntısı ile ilgili en önemli iki unsur, atım yerine olan uzaklık ve aynı anda patlayan patlayıcı miktarıdır. Bu bakımdan, özellikle fiziki yapılarla yakın atımların söz konusu olduğu durumlarda kontrollü patlatmalar yapılmalıdır. Ancak mesafe kısa olunca, alınacak tedbirler de genel olarak, yukarıda da anılan "patlayıcı miktarı sınırlandırması" ile ilgili olmaktadır. Patlayıcı miktarının sınırlandırılmasına ilaveten alınabilecek diğer tedbirler ile ilgili olarak, sarsıntıların

Çizelge 1 Yer Sarsıntısını Etkileyen Faktörler

		Önem Derecesi		
		Ç	O	A
Kontrol edilebilen faktörler				
1	Gecikme başına patlayıcı	X		
2	Gecikme aralığı	X		
3	Kapsül gecikmesi hassasiyeti	X		
4	Dilim kalınlığı, delikler arası mesafe		X	
5	Sıklama boyu ve tipi			X
6	Şarj boyu ve çapı			X
7	Delik eğimi			X
8	Ateşleme yönü		X	
9	Toplam patlayıcı			X
10	Şarj derinliği			X
11	İnfilaklı fitil kullanım şekli		X	
12	Ateşleme sistemi		X	
Kontrol edilemeyen faktörler				
1	Yeryüzü şekli		X	
2	Örtü tabakasının tipi ve kalınlığı		X	
3	Atmosferik koşullar			X
Ç çok önemli// O orta önemli// A az önemli				

patlatma faktörleri ile olan ilgisine bakmak gereklidir. Çizelge 1' de sarsıntıları etkileyen faktörler sunulmaktadır fi, 2/. Buradan da görüleceği üzere; kontrollü patlatmada en önemli parametreler, aynı anda patlatılan patlayıcı miktarının sınırlandırılması ve patlatma prosesi içerisinde serbest yüzey üzerine kırmaya hizmet eden faktörler olmaktadır.

Patlatma bir kere yapıldıktan sonra ise, sadece, patlatma sonucu oluşan sarsıntıların incelenmesi söz konusu olabilmektedir. Patlatma kaynaklı sarsıntıların büyüklüklerinin sorgulanmasına yönelik olarak, hemen hemen tüm sorgulama prosedürlerinde en ön sırada gelen unsur, maksimum parçacık hızının (PPV) sınırlandırılması olmuştur. Bunun yanında parçacık ivmesi (PPA) ve deplasmanının (PPD) maksimum değerleri de dikkate alınmaktadır.

2.OSMRE PROSEDÜRLERİ

Patlatma kaynaklı yer sarsıntısı konusunun bu şekilde giderek artan önemine bağlı olarak, çeşitli ülkelerde, birbirine benzeyen çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. Bunlardan bir tanesi OSMRE (US Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement) tarafından hazırlanmış bir düzenlemedir (30 CFR (Code of Federal Regulations) Sec. 816.61, 62, 64, 66, 67, 68 ve Sec. 817-61, 62, 64, 66, 68) [3]. Yine aynı kuruluş, bu düzenlemenin açıklaması niteliğinde bir kılavuzda (Blasting Guidance Manual) patlatma kaynaklı yer sarsıntıları ile ilgili olarak izlenebilecek yolları 1987 yılında yayınlamıştır [4]. Bu düzenlemenin teknik anlamdaki arka planında, patlatma kaynaklı yer sarsıntıları konusunu çalışanların yakından tanıdıkları USBM RI8507 de yer almaktadır [3, 4, 5]. Nitekim 30 CFR 816.67 ve 817.68' de doğrudan RI 8507' ye de bir atıf yapılmaktadır. OSMRE' nin düzenlemelerindeki sorgu-lamalar için dört adet yol öngörülmüştür. Bu yolların hepsinde de parçacık hızı baş rolü oynamaktadır. Bu yollar;

- I.Yol : Uzaklığa Bağlı Parçacık Hızı
- II.Yol : Uzaklığa Bağlı Ölçekli Mesafe
- III.Yol : Değiştirilmiş Ölçekli Mesafe
- IV.Yol : Frekans-Parçacık Hızı İkilisi

olarak adlandırılmakta ve patlatma kaynaklı sarsıntılarının alternatif sorgulama şekillerini içermektedir.

2.1 Uzaklığa Bağlı Parçacık Hızı (I. Yol)

Bu yolla (30CFR Section 816.67(d)(2)(i), her bir atımın sonucunda oluşan sarsıntı kaydedilir [3]. Ölçülen parçacık hızına ait üç bileşenin ayrı ayrı ve mesafelere bağlı olarak Çizelge 2' de verilen limit değerleri aşıp aşmadığına bakılır. Bir vektörel toplam gerekmediği gibi, ayrıca bir frekans bilgisi de gerekli değildir. Limitlerin altında kalınması halinde, yapılan atım çevresi için zararsızdır denilir.

Çizelge 2 Uzaklığa Bağlı Olarak İzin Verilebilen Maksimum Parçacık Hızı Değerleri

Uzaklık [feet]	Maksimum Parçacık Hızı Limit Değeri [in./sn.]
0-300	1.25
301-5000	1.00
>5001	0.75

Çizelge 3 Uzaklığa Bağlı Olarak İzin Verilebilen Maksimum Ölçekli Mesafe Değerleri

Uzaklık [ft]/[m]	Ölçekli Mesafe Limit Değeri SD=D/W ^{0.5} [ft/lb ^{0.5}]	8 ms aralıkla patlatılabilecek azami patlayıcı miktar [lb]/[kg]
100//30.48	SD = 50 0-300 ft / 0-90 m	4.0//1.8140
150//45.72		9.0//4.0815
200//60.96		16.0//7.2576
250//76.20		25.0//11.3375
300//91.44		36.0//16.3260
400//121.92	SD = 55 301-5000 ft/ 91-1500 m	53//24.0355
600//182.88		119//53.9665
800//243.84		212//96.1420
1000//304.80		331//150.1085
2000//609.60		1322//599.5270
4000//1219.20		5290//2399.015
5500//1676.40		7160//3247.612
6000//1828.80	SD = 65 >5001ft/ >1501m	8521//3864.273
10000//3048.00		23700//10747.950

2.2 Uzaklığa Bağlı Ölçekli Mesafe (II. Yol)

Bu yolla (30CFR Section 816.67(d)(3)(i)), herhangi bir sismik izleme yapılmaksızın, Çizelge 3' de verilen uzaklığa (D) bağlı, "Uzaklığa Bağlı Ölçekli Mesafe Değerleri (SD)" esas alınarak, aynı anda patlatılabilecek olan patlayıcı madde miktarı (W) tesbit edilir. Buradaki "Ölçekli Mesafe";

$$SD = DW^{0.5}$$

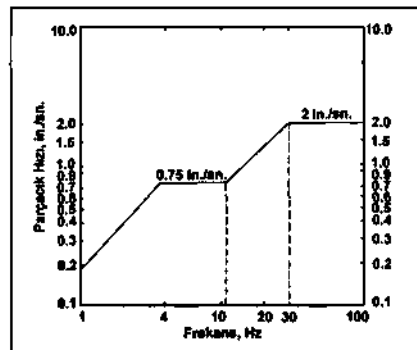
şeklinde tanımlanmıştır. Belirtilen SD değerlerinin genel değerler olması nedeniyle, güvenlik açısından patlayıcı kullanımına gerekenden fazla sınırlandırma getirilebilmektedir.

2.3 Değiştirilmiş Ölçekli Mesafe (III. Yol)

Bölüm 2.2' de ifade edildiği gibi, uzaklığa bağlı olarak "Ölçekli Mesafe" seçildiğinde, aynı anda patlatılacak patlayıcı miktarı aşırı derecede azaltılmaktadır. Oysa bunun yerine, sahada yapılan patlatmaların işaret ettiği, deneyimlere dayanan bir SD değeri kullanılabilir (30CFR Section 816.67(d)(3)(ii)). Yani, bir bakıma gerçek atımlar ile, "SD-Maksimum Parçacık Hızı" eşleşmelerinin istatistiki olarak ifade edildiği bir formülasyona gidilmektedir. Buradaki uygulamalar ile seçilecek olan SD değerleri için -D veri olduğundan, W değerleri ile oynayarak - oluşacak PPV büyüklükleri önceden kestirilebilmektedir. Böylece, II. Yol (Uzaklığa Bağlı Ölçekli Mesafe) ile yapılan SD tayinindeki patlayıcı madde sınırlandırmasındaki aşırılık önlenmektedir. Bunun için daha önceden yapılan atımların (asgari 30 atım) özelliklerinin ve sismik kayıtlarının değerlendirilmesi gerekli olup, ayrıca ek olarak, I. Yolda belirtilen limitlerin de aşılmaması gereklidir. Bölüm 3' de bu yolun kullanımı, bir uygulamayla açıklanmaktadır.

2.4 Frekans-Parçacık Hızı İkili (IV. Yol)

Bu yolla (30CFR Section 816.67(d)(4)(i)), Maksimum Parçacık Hızı' na ek olarak, her bir "Maksimum Parçacık Hızı"nın sahip olduğu frekans değeri bilgisi de sorgulanmaktadır. Şekil 1, sorgulamada kullanılan merdiven diyagramı



Şekil 1 Frekans-Maksimum Parçacık Hızı İkili

göstermektedir. Bir bakıma sorgulama yolları içinde, en esnek ve en hassas olan yoldur. Binaların rezonans frekansları da göz önüne alınarak, düşük frekanslar için düşük parçacık hızlarına izin verilirken, diğer yandan en yüksek olarak 2 in./sn (kozmetik hasar sınırı)' lik parçacık hızı üst sınır olarak alınmaktadır.

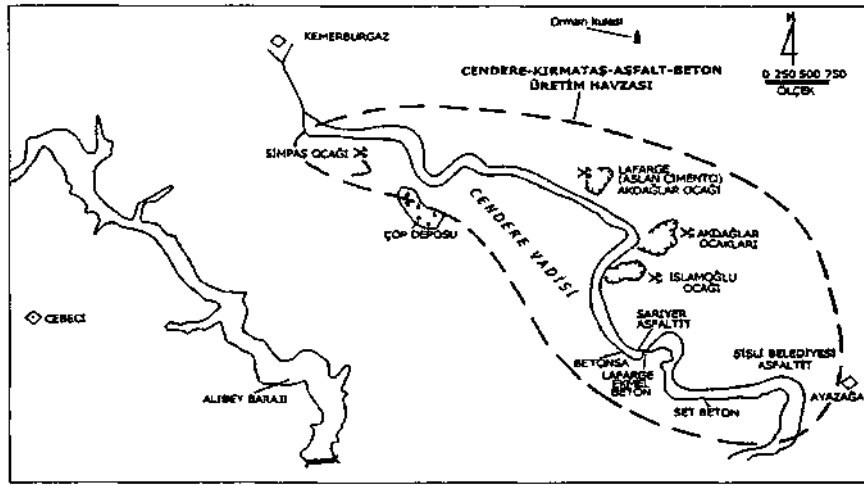
3. III. ve IV. YOLLARIN BİRLİKTE KULLANILDIĞI BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

Patlatma kaynaklı titreşimlerin incelenmesi için, OSMRE' nin önerdiği yollardan olan III. Yol "Değiştirilmiş Ölçekli Mesafe Yolu" ve IV. Yol "Frekans-Parçacık Hızı İkili" için İstanbul Cendere Havzası Akdağlar Ocakları çalışma yeri olarak seçilmiştir (Şekil 2, 3), [6, 7]. Akdağlar Ocakları' nın yakın çevresinde,

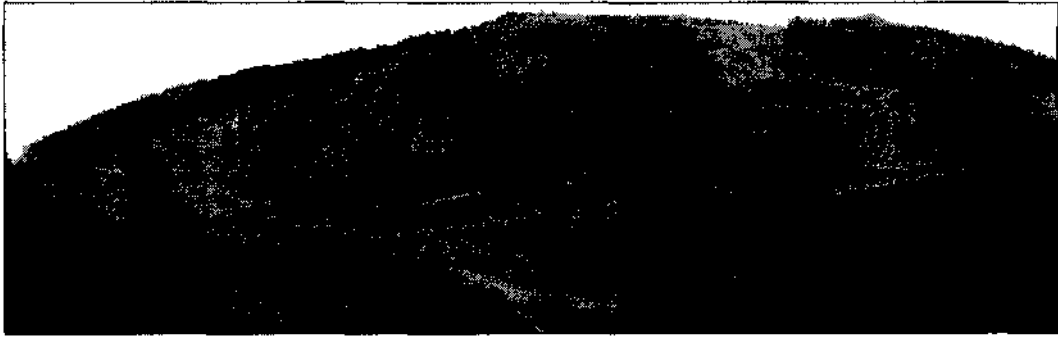
yerleşim veya diğer amaçlı olarak yapılmış bir yapı yoktur. Bu bakımdan ve izleme sonuçları değerlerine göre de, çevre üzerinde patlatma kaynaklı yer sarsıntılılarıyla ilgili olarak bir olumsuz etkiye rastlanmamıştır. Söz konusu ocakların seçilmesindeki neden sadece inceleme amaçlıdır. Bu ocaklarda izlenen 33 adet üretim atımına ait kayıtlar Çizelge 4' de sunulmaktadır. Bu şekilde yapılan çalışma ile belirli SD değerleri için - dolayısı ile çeşitli D ve W ler için - parçacık hızı önkestirimi yapılabilmektedir. Bu önkestirim ifadesi burada, Şekil 4' deki gibi;

$$PPV = 113,61 SD^{0,546} \quad [7]$$

olarak bulunmuştur. Önkestirim ifadesi, ocak lokasyonu ve söz konusu atımların teknolojik özellikleri ile doğrudan ilişkilidir ve ocağın ilerleme hızına uygun olarak yenilenmelidir.



Şekil 2 İstanbul Cendere Havzası ve Çevresi [6]



Şekil 3 Çalışılan Ocağın Genel Görünümü [7]

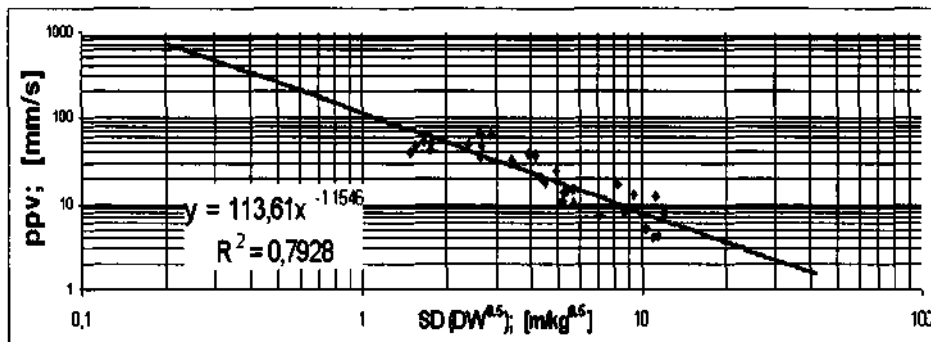
Çizelge 4 izlenen atımlara ait sismik kayıtlar [7]

D [m]	W [kg]	SD [mkg ^{0.5}]/[ft ^{0.5}]	ppv [mm/sn]/[in/sn]	f _i -f _v -f _i [Hz]
65	209	4,49#9,93	17,3#0,6811	19-34-14
80	262	4,94#10,92	24,7#0,9724	>100-22-15
175	450	8,24#18,22	16,9#0,6654	28-37-20
70	318	3,92#8,67	37,7#1,4843	21-22-17
100	370	5,19#11,48	10,9#0,4291	28-16-18
100	315	5,63#12,44	14,8#0,5827	15-16-14
195	309,5	11,08#24,49	4,08#0,1606	21-20-22
80	233,1	5,23#11,57	13,8#0,5433	64-24-11
55	364,5	2,88#6,365	65,5#2,5787	23-28-26
100	311	5,67#12,52	10,2#0,4016	22-20-23
80	337	4,35#9,62	20,8#0,8189	97-14-13
115	267	7,03#15,55	7,54#0,2969	27-17-17
155	320	8,66#19,14	8,58#0,3378	17-15-20
50	215	3,40#7,53	31,7#1,248	28-27-14
38	216	2,38#5,26	49,5#1,9488	64-43-21
30	329,5	1,65#3,65	51,8#2,0394	18-24-16
21	145	1,74#3,85	41,7#1,6417	34-47-16
25	287,5	1,47#3,25	40,1#1,5787	23-37-15
32	425	1,55#3,42	46,5#1,8307	23-37-15
100	350	5,34#11,81	13,5#0,5315	18-20-26
150	300	8,66#19,13	8,11#0,3193	22-32-18
35	400	1,75#3,86	51,1#2,0118	30-35-22
75	325	4,16#9,19	36,1#1,4213	18-25-22
50	350	2,67#5,90	61,1#2,4055	30-23-25
180	300	10,35#22,96	5,1#0,2008	23-26-27
90	250	5,69#12,57	15,1#0,5945	20-24-18
50	365,5	2,61#5,77	68,5#2,6969	16-39-37
210	350	11,22#24,80	12,3#0,4843	20-19-13
120	161	9,45#20,89	12,5#0,4921	30-17-32
225	347	12,07#26,68	7,92#0,3118	11-20-16
220	370	11,43#25,27	4,13#0,1626	15-N/A-23
45	291	2,63#5,82	35,1#1,3819	27-22-17
34	163	2,66#5,88	46,5#1,8307	47-39-26

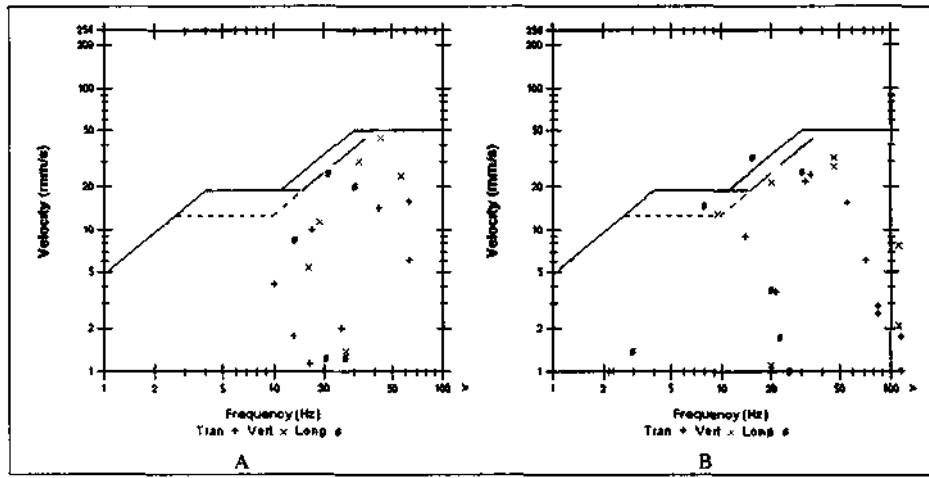
Çünkü ilerleyen ocak ile birlikte jeolojik özellikler ve buna bağlı olarak patlatma uygulamalarının özellikleri de farklı olmaktadır. Çizelge 4' den kolayca görülebileceği gibi, izlenen en büyük PPV değeri, 50m uzaklıkta ve SD=5.77 lft/lbO.SI için **68.5 mm/sn.** olmuştur. Yalnızca bu örnek bile, mutlak SD sınırlandırması veya mutlak PPV sınırlandırmasının pek uygun olmadığını, Çizelge 2 ve 3' deki değerlerin ne kadar aşırı kaçabildiğini ve böylece patlayıcı kullanımına aşırı kısıtlama getirdiğini göstermeye yetmektedir. Bu bakımdan, bu yolla yapılan uygulamaların Bölüm 2.4' de açıklanan "**Frekans-Parçacık Hızı İkilisi**" yoluyla da sorgulanması gereklidir.

Çünkü, III. Yol ile SD bakımından kazanıldığı kabul edilen, düşük SD değerleriyle yani daha fazla patlayıcıyla çalışabilme olanağı, güvenlik boyutunun tamamlanabilmesi için, bu kez I. Yoldaki limitlere göre sorgulanarak tekrar sınırlandırılmaktadır. Bunun yerine, frekans değerlerinin esas alındığı bir sorgulama daha esnek sonuçlar vermektedir. Bunu gösteren iki farklı atıma ait kayıtların yer aldığı bir örnek, Şekil 5A ve 5B' de izlenen merdiven diyagramlarda sunulmaktadır (Çizelge 4' de, gölgeli zemin üzerinde koyu olarak yazılmış). Buradaki atımların her ikisi de I ve II. Yollara göre limit değerleri aşmaktadır. Ancak;

- 35 m uzaklıkta, PPV değeri 49.5 mm/sn. (vektörel toplam) olan bir diğer atım, IV. Yola göre değerlendirildiğinde tüm hız bileşenleri ve bunların sahip oldukları frekans değerleri bakımından güvenli olarak kabul edilirken (Şekil 5A)



Şekil 4 Değiştirilmiş Ölçekli Mesafe Uygulamasında SD ile Parçacık Hızının Özgün İlişkisi [7]



Şekil 5 Diğer Yollarla Sorgulanmış Bulunan Atımların Frekans-Maksimum Parçacık Hızı Bakımından Sorgulanması (Velocity: PPV, Frequency: Frekans, Tran: Enine, Vert: Düşey, Long: Boyuna)

- 21 m uzaklıkta, PPV değeri 41.7 mm/sn. (vektörel toplam) olan bir diğer atım, IV. Yola göre değerlendirildiğinde, $PPV_L = 33.1 \text{ mm/sn}$ @16Hz değeri için sahip olduğu frekans değerinden dolayı güvensiz olarak kabul edilmiştir (Şekil 5B).

4.SONUÇ

Bu bildirinin amacı, patlatma kaynaklı sarsıntuların sorgulanmasında takip edilecek yolların tartışılmasıdır. Burada açıklanan OSMRE prosedürleri, zaten -öyle veya böyle- bir şekilde ülkemiz madenciliğinde kullanılmaktadır. Aslında, bildiride de işaret edildiği gibi, OSMRE' nin önerdiği tüm yollar güvenlik açısından yeterlidirler. Buradaki yapılması gereken, bir bakıma aşırı güvenliğe neden olabilecek sınırlandırmaların yerine daha esnek sayılabilecek yollara başvurabilmektir. Bu ise, Bölüm 2.4' de "Frekans-Parçacık Hızı İkilişi" olarak ifade edilen diğer yollara göre çok daha esnek olan, IV. Yol ile mümkün olmaktadır. Bu çözüm prosedürünün kullanıldığı bir uygulama örneği, aynı bildiriler kitabı içerisinde "Patlatma Kaynaklı Titreşimlerde OSMRE Çözümleri - II, İstanbul-Büyükçekmece Gölü Batısı Taş Ocakları Uygulama Örneği" adlı bildiri ile ayrıca sunulmaktadır.

Teşekkür

Bu bildiride anlatılan çalışmaların yapılabilmesi için gerekli donanım İ.T.Ü. Araştırma Fonu' nun katkılarıyla satın alınmıştır. Bu olanağı sağlayan İTÜ Araştırma Fonu' na ve ocaklarındaki atımları izlemek için izin veren AKDAÖLAR Madencilik A.Ş.' ne teşekkür ederim

Kaynaklar

- [1] Atlas Powder Company, "Explosives and Rock Blasting", 1987, ISBN 0-9616284-0-5
- [2] Hustrlid, W, "Blasting Principles for Open Pit Mining", Volume I, A A Balkema, 1999, ISBN 90 54104597
- [3] Code of Federal Regulations 30 CFR Part 700, <http://www.osmre.gov/regindex.htm>; ve / veya <http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/cfr-retneve.html#pagel>
- [4] Rosenthal, M F, Marlock, G L, "Blasting Guidance Manual", OSMRE, Mart 1987
- [5] Siskind ve Arkadaşları, "Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration from Surface Mine Blasting, USBM RI 8507 (US Bureau of Mines Research Investigation 8507),-1980
- [6] Kaynarkan ve Arkadaşları, "Cendere (Kemberburgaz-Ayazağa-İstanbul) Kırmataş-Beton ve Asfalt Üretim Havzasında Etüd ve Değerlendirilmesi, 2 Ulusal Kırmataş Sempozyumu, Haziran 1999
- [7] Kuzu, C, İT U Araştırma Fonu Projesi, "İstanbul Çevresi Taş Ocaklarında Değişik Jeolojik Formasyonlarda Yapılan Patlatmalar Sırasında Oluşan Titreşimlerin Karakteristiklerinin Yerinde Ölçümü ve Bu Karakteristiklere Bağlı Olarak Civar Yerleşim Birimlerine Etki Olasılığının Araştırılması", İstanbul 2001