

PATLATMA İLE ÇEVREYE VERİLEN SARSINTIDA FREKANSIN ÖNEMİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ.

IMPORTANCE AND THE EVALUATION OF THE FREQUENCY OF THE BLASTING INDUCED GROUND VIBRATIONS

Ö.Y.ERKOÇ

Maden Y. Mühendisi, GEMPA General Makina Ticaret A.Ş., İstanbul

ÖZET : Patlatma sonucu yaratılan yer sarsıntısının çevreye vermiş olduğu etki, ülkemizde de gün geçtikçe daha canlı bir şekilde gündeme gelmektedir. Bu güne kadar olan çalışmalarda yurt dışından bazı ölçüm cihazları getirilmiş ve kayıtlar alınmıştır. Ama hiç bir zaman ölçülen parametrenin gerçekten doğru ölçülüp ölçülmediği tartışması yapılmamıştır. Genelde ölçülen ve baz olarak alınan kütle hızının, yer sarsıntısını, frekans parametresi olmadan ne denli yansıtabildiği de diğer bir tartışma konusudur. Tüm bu verileri doğru olarak değerlendirmeden sarsıntıyı minimize edecek ateşleme sistemlerinin seçiminde doğru olmayacaktır.

ABSTRACT : Blasting induced ground vibrations are becoming into scenery more popularly every day in Turkey. Up to day, some instruments have been used and some data have been recorded. But the reliability of these instruments, and their technique used for measuring the parameters have never been put into discussion. On the other hand, for evaluating the ground vibration, generally the particle velocity is being measured, but the reliability of this parameter without frequency is another point of discussion. Without evaluating the ground vibration with full spectrum, selecting an initiating system would not be dependable either.

1.GİRİŞ

Ülkemizde uzun yıllardan beri patlatma ile çevreye verilen yer sarsması tartışmalar yaratmıştır.

Büyük projeler sarsıntı ölçüm cihazlarını getirtmişler ve yaptıkları patlatmaların çevreye verdiği sarsıntılarını ölçmüşlerdir. Bilindiği kadarı ile bu ölçümlerde literatürde değinilen zarar limitlerinin üstünde okuma yapılmamıştır. Öte yandan ölçüm yapılmayan, özellikle galeri yöntemi kullanılan patlatmaların çevreye gerçekten zarar limitlerinin üzerinde sarsıntı verdikleri de bilinmektedir. Bu verilerin ışığı altında, konu üzerinde çalışan teknik elemanlar çevre sakinlerinin şikayetlerinin başlıca ;

- a) Gerçek nedenlere
- b) Bilgi azlığına bağlı endişeye
- c) Çıkar sağlamak amacı ile kötü niyete

bağlı olduğu kanısına varmışlardır.

Benzer tartışmalar baki dünyasında da ülkemizdekinden daha eskiye giderek yapılmaktadır. Bizdekinden farklı olarak, tartışmalar çok sayıda araştırma ile desteklenmekte ve yeni teknoloji arayıştan gündeme gelmektedir. İşnin üzücü yam,

yeni bilgi ve teknoloji ülkemize ancak eskimeye yüz tuttuğu dönemlerde gelmektedir.

Yaptığımız literatür araştırmasına göre, yaklaşık on yıldan beri tartışmalarda sorulan sorular şöyle sulanabilmektedir;

-Parametreler gerçekten doğrumu ölçülmektedir, değerlendirmeye alınan parametre tek basma yeterlidir ?

-Acaba şikayet eden ama, konuyu abarttıkları sonucuna varılan çevre sakinlerinin haklılık payı var mıdır ?

-Sarsmayı ve etkilerini minimize etmek için ateşleme sistemlerinde nelere dikkat edilmelidir ?

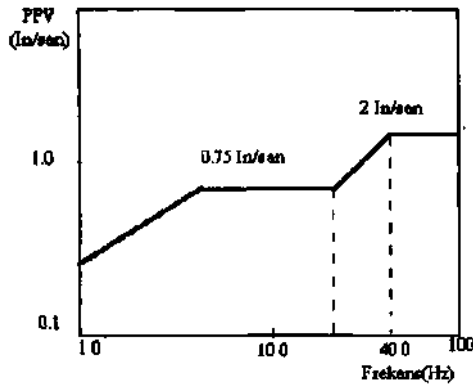
İlerleyen bölümlerde bu sorulara yanıt bulmaya çalışacağız.

2. DALGA FREKANSININ ÖNEMİ.

Yer sarsması tartışmaları gündeme geldiği ilk günlerden beri etkili olan parametrenin hangisi olduğu üzerinde bir fikir birliği olmamıştır. İlk başlarda kütle deplasmanı ölçülmüş, daha sonraları

kütle hızı ve ivmesinin ölçülmesine başlanmıştır. Ama üzerinde fikir birliğine varılan nokta " kaya yapısında ölçülen sarsıntı ile, yapıların bunlara gösterdiği tepkinin birbirinden farklı" olduğudur. Ne varki yapıların tepkilerinin ölçülmesi ve öngörülmesi çok zor bir işlemdir. Bunun yerine istatistiksel çalışmalara yönelinmiş, ve her ülkede değişik standartlar oluşturulmuştur. Ölçülecek parametre olarak "kütle hızı" yaygınlık kazanmıştır. Kütle hızı, batı literatüründeki "Peak Partide Velocity.PPV," karşılığı olarak kullanılmaktadır. Çok sayıda yapılan ölçümlerle yapılara zarar vermiyen limitler bulunmuştur.

1980 li yulardan sonra limitlerin altında olmasına karşın bazı kütle hızı değerlerinin hasarlara neden olması ile dikkatler frekansın üzerine yoğunlaşmıştır. ABD de sarsıntı limitleri Şekil. 1. deki gibi saptanmıştır⁽⁹⁾.



Şekil. 1. USBM tarafından uygulanan sarsıntı limitleri

Bu klasifikasyon nereden doğmuştur? Konu üzerinde çalışan araştırmacılar her yapının, yapım tekniğinden, kullanılan malzemeden, kaç katlı olduğundan ve konumundan kaynaklanan bir "öz frekansı" olduğu sonucuna varmışlardır. Eğer kaya yapısı tarafından iletilen sarsıntının frekansı ile yapının öz frekansı birbirlerine yakın ise yapının rezonansa girerek sarsıntıdan etkilendiği, aksine frekanslar birbirlerinden uzak ise yapının etkilenmeye zamanı olmadan sarsıntının geçip gittiği gözlenmiştir.

Bu konu üzerinde en etkileyici araştırma Scott⁽¹⁰⁾ ve arkadaşları tarafından gerçekleştiril-

miştir. Queensland'de bir açık ocak kömür işletmesinde yapılan patlatmaların yarattığı sarsımlar 1200 ile 3000 m uzaklıktan, bir yapıdan ölçülmüştür. Jeofonlardan bir tanesi, yapının hemen önünde 10m derinliğinde bir sondaj deliğine yerleştirilmiş, diğeri de tek kadı olan yapının atıma dik konumunda olan bir duvarının ortasına epoksi ile bağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo. 1 de verilmiştir.

Blast No	Type	Exp. per Hole (KR)	PPV (Yer) mm/san	Frks. (yer) Hz.	PPV (Dvr) mm/san	Frks. (Dvr) Hz.	Amp Fakt.
1	Tek delik	52	0.29	13	0.88	16.2	4.89
2	Tek delik	56	0.25	13	0.98	16.2	4.80
3	Üretim	-	0.15	6.5	0.26	15.9	2.07
4	Kazı	60	0.17	15.6	0.92	16.0	7.73
5	Kazı	60	0.26	11.7	0.80	15.9	3.50
6	Yar- ma	1000	12.1	156	32.7	148	9.21

Tablo. 1. Scott ve arkadaşları tarafından yapılan ölçümler.

Tablodan da görüleceği üzere kaya yapısında ölçülen PPV değerleri ile duvarda ölçülenler arasında belirli bir amplifikasyon faktörü kadar farklılık bulunmaktadır. Üzerinde durulması gereken nokta, amplifikasyon faktörünün tablodaki değerler üzerinden değil, dalga formunun aynı andaki değerlerinden hesaplandığıdır.

Bu çalışma etud edildiğinde, kaya yapısındaki frekans ile duvarın frekansının birbirlerine yaklaştıkları durumlarda amplifikasyon faktörünün büyüdüğü, aksine durumlarda da küçüldüğü belirgin bir şekilde görülmektedir.

İşte bu tür araştırmalar doğru bir değerlendirme için, kütle hızının yarıya frekansında ölçülerek değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

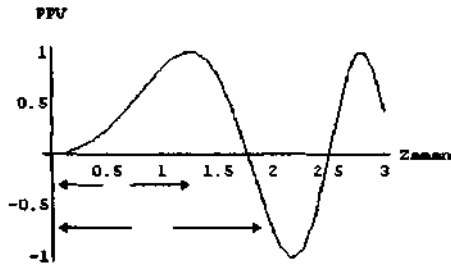
3.ÖLÇÜM TEKNİKLERİ

Araştırmalarda gündemde olan diğer bir konuda ölçüm cihazlarının kullandığı teknikler ve doğruluklarıdır.

Öncelikle ölçüm cihazları, yer sarsıntısının Uç eksenindeki maksimum kütle hızı, deplasman ve kütle ivmesi olarak değerlerini verdikten sonra etkin olan frekansında vermektedir. Burada dikkati çekmek

istediğimiz nokta sadece bir frekans değerinin verilmesidir. Halbuki patlatma noktasından, ölçüm noktasına kadar olan kaya yapısının ve topografyanın katkısı ile çok sayıda dalga formları oluştuğu bilinmektedir. Bunlar temelde "gövde dalgaları" ve "yüzey dalgaları" olarak ikiye ayrılmakta, alt gruplar olarak da "Rayleigh", "Love" dalgaları gibi isimler almaktadır. O zaman bir ölçüm cihazının kayıtlarında tek bir etkin kütle hızından ve frekansdan bahsetmekte doğru bir yaklaşım olmamaktadır.

Ölçüm cihazlarındaki ilk ayrılık frekansı değerlendirme tekniklerinde oluşmaktadır. Bazdan "1/2 Periyod" yöntemini kullanırken diğerlerinde "1/4 Periyod" yöntemini kullanılmaktadır. (Bkz. Şekil.2)



Şekil.2. Frekansın ölçülmesinde 1/2 ve 1/4 periyod yöntemleri.

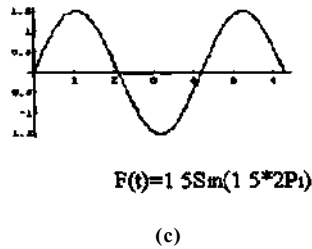
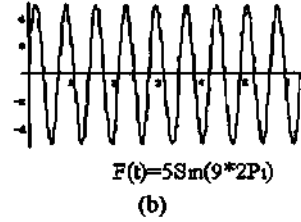
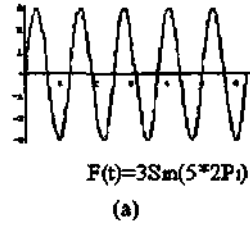
Burada bir dalga formu bir sinüzoidal dalga olarak kabul edilmekte, ya sıfır ile pik arasındaki süre ele alınmakta, 4 ile çarpılarak periyod bulunmakta ve $f=1/T$ bağıntısından hareketle frekans hesaplanmaktadır. Ya da sıfır ile ilk sıfır kesişimi arasındaki süre alınmakta, 2 ile çarpılarak toplam periyod ve frekans hesaplanmaktadır. Dalga formunun simetrik, basit sinüzoidal dalga olması halinde bir sorun olmamaktadır. Ama nevarki örneğimizde olduğu gibi asimetri gündeme geldiğinde her iki yöntemle hesap edilen frekans değerleri başka başka olmaktadır⁹

Bu kaşıkça birde ölçüm noktasında kayıtlı dalga formunun bir anlamda değişik dalga formlarının bileşkesi olması, her birinin aynı hız, deplasman, ivme ve frekans değerleri olması eklendiğinde, ölçüm cihazlarının çıktılarını değerlendirirken gerçekten ihtiyatlı olunmasını işaret etmektedir.

4.FREKANS SPEKTRUMU

Önceki bölümlerde yapıların öz frekansları ile kaya yapısının iletilen frekansın yalan değerlerde olması durumunda, yapıların rezonansa girdiklerini açıklamıştık. Elimizde bir ölçüm cihazının çıktısı bulunduğunda, bu çıktıya göre etkin frekansın, yapıların öz frekansından farklı olmasına karşın çevre sakinlerince şikayetin sürmesi, aklımıza ilk olarak gelen çevre sakinlerinin amacının başka olduğudur. Ama gerçek burnudur ?, teknik olarak atlanan bir nokta olabilirini ?

Frekans parametresini doğru olarak yorumlayabilmek için söz konusu olan dalga formunun "frekans spektrumu" nu elde etmek gerekmektedir. Böylelikle kayıtlı dalga.



Şekil.3. Değişik genlik ve frekansta örnek sinüzoidal dalga formları.

formunun hangi frekans bandlarını taşıdığı, bu bandların hangi kütle hızı verdiği ve dolayısı ile

yapılan rezonansa sokarak hasar verip veremeyeceği anlaşılacaktır

Fransız matematikçi Fourier, her hangi bir periyodik hareketin, harmonik dalgaların denklemlerinin toplamı ile gösterilebileceğini ortaya koymuştur⁴. Bu denklem;

$$x=F(t)=a_1\sin\omega t + a_2\sin2\omega t + a_3\sin3\omega t + \dots + b_0 + b_1\cos\omega t + b_2\cos2\omega t + b_3\cos3\omega t + \dots$$

şeklinde verilmektedir. Konuya açıklık getirmek açısından Şekil.3 ü incelemekte yarar vardır.

Burada denklemlerde verilen basit sinüzoidal dalga formları gösterilmektedir. Söz konusu dalga formlarının Fourier Serileri kavramı içinde toplanılan ise Şekil4. deki gibi olacaktır.



Şekil. 4. (a),(b),(c) de gösterilen dalga formlarının toplamlarının çizim sonucu.

Görüldüğü gibi sonuçta elde edilen dalga formunun, kendisini oluşturan formlar ile hiç bir benzerliği yoktur, genlik farklıdır ve etkin bir frekans hesaplayabilmekte söz konusu değildir. Patlatma ile elde edilen dalga formları burada örneğini vermeye çalıştığımız gibi kompleks bir yapıdadırlar.

Fourier, kuramın aperiyojik dalga formları içinde genişletmiş, kompleks bir dalga formunun bir kaç sinüzoidal dalganın süperpoze olması ile gösterilebileceğini ortaya koymuştur. Aperiyojik dalgalar için denklemlerde değişik frekansların toplamı yerine integrasyonu alınmaktadır. Bu kuram Fourier Transform ikiz denklemleri ile gösterilmektedir;

$$F(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\omega) e^{i\omega t} d\omega$$

$$f(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} F(t) e^{-i\omega t} dt$$

Bunlardan F(t), yer sarsıntısının zamana bağlı olduğu histogramı olarak kabul edildiğinde, f(ω) bunun Fourier Transformı olup aynı sarsıntının frekansa bağlı histogramını vermektedir. Böylelikle

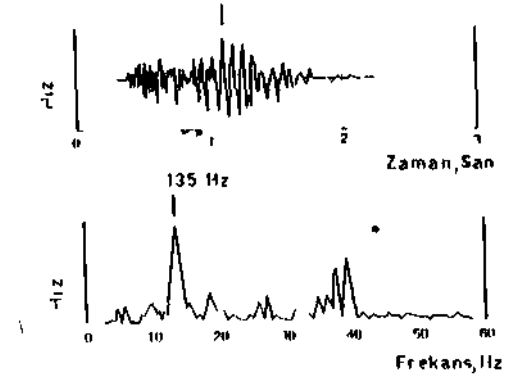
yer sarsıntısının frekans spektrumunu elde etmek olanaklıdır.

Günümüzde bu teknik değişik dalga analiz aygıtlarında yardımı ile kullanılmakta, ve yer sarsıntılarının tam bir yorumu yapılabilmektedir. Bazı ölçüm cihazı üreticileri, cihazların söz konusu olan tekniği kullanma olanağı veren bilgisayar programları ile desteklemektedir. Söz konusu bilgisayar programlarında Fast Fourier Technique (FFT) olarak isimlendirilen bir yöntem kullanılmak-

5. FREKANSIN YORUMU

Buraya kadar olan açıklamalarımızda, bir yer sarsıntısının hasar düzeyini saptayabilmek için kütle hızının yam sıra frekansuunda kesinlikle ölçülmesi gerektiğini, frekansı ölçerken titiz davranılmasının önemini vurgulamaya çalıştık. Frekansı değerlendirirken en doğru yöntemin o yer sarsıntısının frekans spektrumunun çıkartılması olduğunu saptadık. Bunun içinde Founner Transform tekniğinin kullanılması gerekmektedir.

Yapılara yönelik analizlerde ayrıca yapıların tepki spektrumlarında bilinmesi gerekmektedir. Ne varki bu spektrumun elde edilmesi oldukça güç bir işlemdir. Belkide yapılacak en doğru işlem Scott ve arkadaşlarının yaptığı gibi doğrudan yapının gerekli elemanları üzerinde ölçümler almaktır. Bununla beraber standard olarak kullanılan basit yapıların öz frekanslarının 10-15 Hz arasında olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 5. Basit bir dalga formu ve FFT ile elde edilmiş frekans spektrumu.

FFT yöntemi ile frekans spektrumu elde edilmiş olan basit bir dalga formunun örneği Şekil. 5. de gösterilmektedir.

Burada klasik yaklaşımla, sadece dalga formunun çıktısı incelendiğinde, ilk olarak dikkatler genliğe yönelicekür. Frekansa bakıldığında ise, (maksimum genliğin olduğu frekansa) yaklaşık 18 Hz gibi bir değerde olduğu görülecektir. Bu değer literatürde yapılar için verilen 10- 15 Hz öz frekanslarının biraz dışında olan bir düzeydedir. Ölçülen genliğin limitler altında olması durumunda da herhangi bir hasar ve şikayete neden olmayacak sarsıntılar olduğu sonucuna varılacaktır.

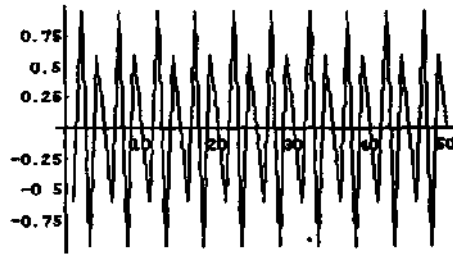
Halbuki, frekans spektrumunu elde ettikten sonra, frekansın 13.5 Hz ve 40 Hz değerlerinde pikler yapıları görülmektedir. 40 Hz lik değer, yapıların öz frekans limitlerinden çok uzakta olduğu için, karşılığı olan gövde hızı değerlerindeki limitler altında olması halinde, her hangi bir hasara yol açması beklenmemektedir. Ama 13.5 Hz lik pik değer, yapıların olası öz frekanslarının çok yakındadır. Karşılığı olan gövde hızı değerleri limitlerin altında da olsa, rezonansa bağlı olarak hasarlara ve şikayetlere neden olması kuvvetle olasıdır.

6. BU YAKLAŞIMLA NELER YAPILABİLİR ?

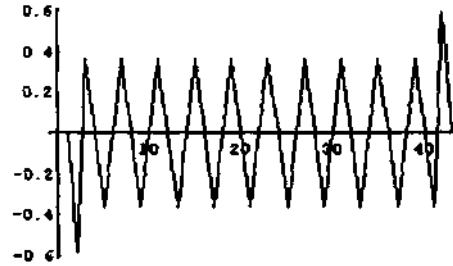
Buraya kadar açıklamaya çalışılan yaklaşımla, patlatma ile çevreye verilen sarsıntının nasıl yorumlanması gerektiği işaret edilmiştir. Peki, bu yaklaşım kullanılarak çevreye verilen sarsıntıyı minimize etmek için neler yapılabilir ?

a) Doğru Gecikme Aralığı Seçimi : Bilindiği gibi çevreye verilen yer sarsıntısını deneiyyen en önemli parametre " bir defasında devreye giren patlayıcı madde miktarıdır". Değişik ateşleme sistemleri ve gecikme elemanları kullanılarak söz konusu denetim yapılmaktadır.

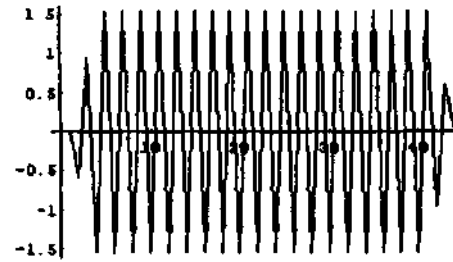
Temel fizik kurallarına göre basit bir sinüzoidal dalga değişik faz aralıkları ile üst üste bindirildiğinde, faz aralığına bağlı olarak ya süperpoze olmakta ve genliği artmakta, yada sönümlenmekte ve genliği azalmaktadır. Bunun bir örneği Şekil.6 da gösterilmeye çalışılmıştır. Şekil (a) tek bir deliğin verdiği sinüzoidal dalgayı temsil etmektedir. Zaman skalasındaki her bir aralık "t", periyod "2t" kadardır. Görülen maksimum genlik 0.9S birim kadardır.



(a)



(b)



(c)

ŞeU\6.Aym Sinüs dalgasının faz farkları ile süperpoze olması.

Şekil (b) aynı dalga formunun T kadar bir faz farkı ile üst üste bindirildiği haldeki durumunu göstermektedir. Bu durumda bir sönümlenme gözlenmekte, ve maksimum genlik 0.58 birim civarında gözlenmektedir. Şekil (c) ise faz farkının "2t" olduğu durumdur. Bu faz farkında ise tam bir süperpoze olma gözlenmekte ve maksimum genliğin 1.54 birime yükseldiği görülmektedir.

İşte gecikme aralığında doğru seçilmesi durumunda Şekil(b) de gözlenen sönümlenmenin elde edilmesi önemli yararlar getirmektedir. Aksine durumlarda yarar beklenirken bir ampüfikasyon ile karşı karşıya gelinebilmektedir.

Bu gerçeği çok öncelerde gören Langefors¹⁰ kaya yapısının öz frekansında göz önünde tutarak, hangi gecikme aralığı suresinde aynı numaradaki deliklerin ne kadarının koopere ettiğini ön görebilmiştir. Örnek vermek gerekirse öz frekansı 50 Hz olan bir kaya yapısında, ve 25 ms gecikme elemanları kullanıldığında deliklerin ancak 1/3 U koopere etmektedir. Diğer bir deyişle her gecikme aralığında A Kg patlayıcı madde var ise ölçülebilen sarsıntı 1/3xA Kg kadar patlayıcı maddenin karşılığına gelen sarsıntı olmaktadır.

Günümüzdeki teknik olanaklar bu çalışmalarını birbir ölçerek yapma olanağını vermektedir. Nitekim SisknuP bir teknik geliştirmiş, uygun gecikme aralığını saptayabilmek için önce ocakta tek bir delik patlatarak dalga formunu elde etmiş, daha sonra dalga analiz cihazları ile değişik fazlarda dalganın süperpoze olmasını inceliyerek doğru gecikme aralığını saphyabilmeyi başarmıştır.

b) Gecikme elemanlarındaki sapmaların etkisi incelenebilir : Bir önceki bölümde doğru gecikme aralıklarının ne denli bir yarar getirebildiği işaret edilmişti. Bu yararın sağlanabilmesi için gecikmeyi sağlayan elemanlarında belirli bir standart sapma içinde devreye girebilmesi bir gereklilik olmaktadır. Bilindiği gibi günümüzde gecikme elemanları piroteknik malzemelerden üretilmektedir. Piroteknik malzemenin yanma hızına bağlı olarak aynı numaradaki kapsüller aynı zamanda patlayamamaktadır. Eğer standart sapma olması gerekenden fazla ise o zaman uygun aralıkta gecikme elemanı kullanarak elde edilmek istenen avantaja ulaşılması olası değildir.

Stagg¹⁰ ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Monte Carlo teknikleri ve FFT tekniğini kullanarak sentetik dalgalar oluşturmuşlar ve gecikme elemanlarındaki sapmaların etkilerini incelemişlerdir. Çalışmaları Tablo.E de özetlenmiştir.

Bu tablo incelendiğinde, aynı gecikme aralığındaki kapsüllerde sapma arttığı oranda beklenen ortalama PPV ve maksimum PPV değerlerinde artışlar gözlenmektedir. Diğer bir deyişle, yer sarsmasını minimize etme çalışmalarında ateşleme sisteminin zaman sapması açısından kalitesinde yaşamsal önem göstermektedir. Sapma aralığı ne kadar az ise, yani aynı numaradaki kapsüller ne denli aynı zamanda patlar iseler, öngörülen değerlere yakın sarsıntı oluşmaktadır.

Standard sapma a, milisaniye	Ortalama PPV Longt. in/san	Maks. PPV Longt. in/san
0.0	0.24	0.24
0.5	0.25	0.30
1.0	0.27	0.36
1.5	0.28	0.39
2.0	0.29	0.47
2.5	0.30	0.47
3.0	0.32	0.59
3.5	0.33	0.55
4.0	0.35	0.59
4.5	0.36	0.60
5.0	0.37	0.60

Ta bio. II. *Stagg ve arkadaşlarının bilgisayar simülasyonu ile buldukları, kapsüldeki sapmaya göre elde edilen PPV değerleri.*

Aksine, sapmanın fazla olduğu durumlarda ise öngörülen değerlerden uzaklaşmaktadır.

7. BİR UYGULAMA.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSKİ Genel Müdürlüğüne inşaatı yaptırılan Baltalimanu, Ön Arıtma Tesislerinde iki adet geniş çaplı ve yaklaşık 40 m derinliğinde kuyu kazısı bulunmaktadır. Sert kaya formasyonunda yapılan bu kazıda, 40 m uzaklıkta yapıların bulunması nedeni ile, Kontrollü patlatma teknikleri kullanılmaktadır.

Patlatma işlemlerinin ön çalışmalarında, kazı ekonomisinde göz önünde tutularak her gecikme aralığında 25 Kg patlayıcı madde kullanılması kararlaştırılmıştır. Bu miktarın seçiminde;

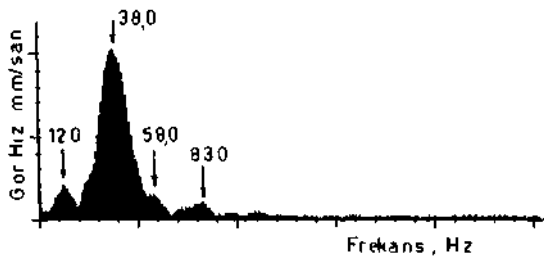
$$v = k \left(\frac{R}{Q} \right)^{-\beta}$$

bağıntısı kullanılmıştır. Burada v; kütle hızı, k; arazi katsayısı, R; uzaklık, Q ; bir defasında devreye giren patlayıcı miktarı, β ; arazi sönümleme katsayısı olarak kullanılmaktadır. Söz konusu uygulamada, çevredeki yapıların karakteri nedeni ile maksimum 25 mm/ san bir kütle hızı hedeflenmiştir. Bu limit değeri verecek Q miktarını hesaplayabilmek için; k=800, $\beta=1,6$ değerleri formüle konmuştur. Böylelikle güvenlik katsayıları ile birlikte Q= 17 Kg olarak saptanmıştır.

Ama yukarıda da değindiğimiz gibi kazı ekonomisi açısından $Q=25\text{Kg}$ /gecikme olarak seçilmiştir. Bu aşamada kaya yapısının ve yapıların olası öz frekansları, uygun gecikme aralığında dalgaların birbirlerini sönmölmeleri ve Langefors'un önerdiği gibi koopere eden şarjlar kavramından hareketle 25 Kg patlayıcının ancak 12.5 Kg hık miktarının sarsıntı yaratacağı ve 25 Kg ile yapılacak patlatmaların, yapılar 25mm/san den az sarsıntı vereceğı tarafımızdan öngörölmüşür.

Bu değeriendirminin doğruluğı için İSKİ yetkilileri İTÜ Maden Mühendisliğı Faköltesine başvurmuş, ve Sn Prof.Dr. VARDAR ve Sn Doç. Dr. EVERGEN gözetiminde ölçümler yapılmıştır. Ölçümler, SET TAŞ Sanayi Yatırım ve Tic. AŞ tarafından INSTANTEL DS477 BLASTMATE cihazı ve bağıntılı bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Söz konusu cihaz ve bilgisayar programı, buraya kadar yaptığımız yorumları doyuracak yetenekte görölmüşür.

Ölçümler 5, 10, 15 ve 23 Kg hık Q değeriilerinde yapılmıştır. En büyük genlikti değeri $Q=23\text{ Kg}$ hık patlatmada longitudinal eksen de gözlenmiştir. Ölçölen değeri 13.84 mm/san dir. Yukarıdaki formöle konduğunda bu sarsıntıyı verecek Q miktarı 10.03 Kg olarak hesaplanmaktadır ki tarafımızdan öngörölen 12.5 Kg hık koopere eden şarj miktarında altındadır.



Şekil.7. B alkali mam kazısında elde edilen frekans spektrumu

Kullanılan cihaz ve bilgisayar programının yeteneğı bize birde sarsıntılarının frekans spektrumunu inceleme olanağı vermiştir. Cihaz ilk çıktı olarak yukarıdaki pik değeri etkin frekansın 39 Hz

olduğunu işaret etmiştir. Bilgisayar yardımı ile bu dalga formunun frekans spektrumu incelendiğinde,
 12.00 Hz de 0.040 mm/san Göreceli Hız
 38.00 Hz de 0.203 mm/san Göreceli Hız
 58.00 Hz de 0.026 mm/san Göreceli Hız
 83.00 Hz de 0.019 mm/san Göreceli Hız
 pik değeri okunmaktadır

Burada verilen Göreceli Hız kavramı, o frekandaki hız değeriinin, maksimum değeri orantısı şeklinde tanımlanmaktadır. O zaman yapıların öz frekansına en yakın olan 12 Hz frekans pikinde kütle hızı $0.040 \times 13.84 = 0.556$ mm/san olmaktadır ki rezonansa bağılı olarak 10 kat arttığında bile 5.56 mm/san değeri ile sarsıntı güvenlik limitlerinin çok altında kalmaktadır.

8. SONUÇ

Son günlerde Ülkemizde çok güncelleşmesine karşın Patlatmalar ile çevreye verilen yer sarsıntısı konusu yeteri titizlik ile ele alınmamıştır. Günümüze kadar yapılan ölçümleme çalışmalarında oldukça yüzeysel kalmıştır.

Doğru bir ölçümleme yapabilmek için;

- Gerek kaya yapısında ve gerekse yapılarda aynı anda kayıd alabilen, yeteri kadar kanalı olan ölçüm cihazları kullanılmalıdır. Bu cihazlar ya doğrudan bir bilgisayara besleme yapabilmeli, yahut bilgüer disket aracılığı ile aktanlabilmelidir.
- Bilgisayarda kullanılan programlar tam yetenekte dalga formu analizleri yapabilmelidir.
- Dalga formlarının genlik, frekans, ve enerji spektrumları elde edilmeli ve incelenmelidir.
- Öncelikle yapıların öz frekansını bulmak gerekmektedir.
- Frekans spektrumunda yapılan rezonansa sokabilecek frekans bantları incelenmeli, ve patlatma pattemi buna göre düzenlenmelidir.
- Buraya kadar tanımlanan ölçüm cihazı ve bilgisayar programı ile hem sarsıntıyı minimize edecek gecikme aralıkları sağlıklı bir şekilde saptanabilecek, hemde gecikme elemanlarındaki sapmaların olumsuz etkileri ölçülebilecektir.
- Tüm bunlar sağlandıktan sonra uygulama örneğinde olduğu gibi sağlıklı sonuçlar elde edilebilen patlatmalar yapılabilecektir.

9. SON SÖZ

Doğaldır ki sonuç bölümünde sıralanan isteklerin karşılığı oldukça büyük yatırımlardır. En azından konu ile sorunu olan herhangi bir kuruluşun tek basına bu iş için girmemesi kadar büyüktür. Ayrıca cihazların yarıya yetişmiş uzman kadrolarında el altında olması diğer bir maliyet unsurudur.

Bunun yerine yukarıda tanımlanan yapılan cihazlar ve yetişmiş kadrolar bir iki merkezde toplanabilir ve ülke genelinde hizmet verebilirler. Merkezlerin resmi hüviyeti olması veya yeminli müşavirlik sisteminde olduğu gibi bilrkişiliklerinin geçerli olması, idari ve adli makamlarada önemli yararlar sağlayacaktır.

Her şeyin ötesinde konu ile ilgili standartların Ülkemizde de artık oluşturulması çok geç kalmış sorundur.

Standarttan oluşturma aşamasında, Batı ülkelerindeki çalışmalara ek olarak;

-Anadolu'daki yapılaşmanın karakterlerinin incelenmesi.

- Sarsıntuların sadece yapılara olan etkileri değil, üzerinde oturduğu kayaç yapısına olan etkilerinin araştırılması, potansiyel toprak kaymalarını etkileyip etkilemediğinin incelenmesi.

- Merkezi bir kaynakta deprem kayıtlarının arşivlenmesi.

gibi çalışmalarında kapsam içine alınması yararlı olacaktır.

BAŞVURU KAYNAKLARI.

1. EXPLOSIVES AND ROCK BLASTING ; Field Technical Operations, Atlas Powder Company, Subsidiary of the Tyler Corporation, Dallas, Texas U.S.A

2. DJORDJEVIQN. , KAVETSKY.A. , SCOTT, A. ;Blast Design Optimization to Minimize Induced Vibrations of Structures

3. WHrRE,T.J. & FARNFIELD,R.A.; A Measure of Frequency. Explosives Engineering, April 1994 p 4-12.

4. BOLLTNGER,G.A. ; Blast Vibration Analysis, Southern Illinois University Press.

5. LANGEFORS, U. , KIHLSSTRÖM. ; Rock Blasting. Almquist and Wiksell Informationsindustri AB, Uppsala, 1973.

6. STHEPEN, A.R. ,ROLFE, F.,0., STAGG, M.S. Computer Simulation To Determine The Effects of Firing Time Scatter. Twin Cities Research Center, Bureau of Mines, U.S.

7. Dr FIRTH, N.C. ; VIBREX a predictive modelling code for assesment of the effect of blast design on ground vibration. Explosives Engineering April 1994 p 28-33.

8. ANDERSON, D.A.; Blast Vibration Frequencies, What do they mean ? Vibra-Tech Engineers, Hazleton, PA 18201.

9. CRENWELGE, Jr O.E. ; A frequency domain approach for predicting and minimizing blast induced Ground vibrations. Shell Development Company, Houston, Texas.

10. CRUM S.V., SISKIND, D.E., ELTSCHLAGER, K. ; Blast vibration measurements at far distances and design influences on ground vibrations. A paper presented to Rock Blasting Symposium 1992.

11. BEATTIE, M. ; The effect of water table on peak particle velocities from blasting operations. A paper presented to Rock Blasting Symposium 1992.