

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI



KÜÇÜK ÇAMLICA TV-RADYO KULESİ PROJESİ PATLATMALI TEMEL
KAZILARI TİTREŞİM ANALİZİNE BAĞLI DELME-PATLATMA
OPTİMİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYKUT ARSLANTÜRK

tarafından

YÜKSEK LİSANS

derecesi şartını sağlamak için hazırlanmıştır.

DANIŞMAN: PROF. DR. ALİ KAHRİMAN

Ocak 2017

Program: Patlayıcı Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

KÜÇÜK ÇAMLICA TV-RADYO KULESİ PROJESİ PATLATMALI TEMEL
KAZILARI TİTREŞİM ANALİZİNE BAĞLI DELME-PATLATMA
OPTİMİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYKUT ARSLANTÜRK

tarafından

OKAN ÜNİVERSİTESİ

Patlayıcı Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programına

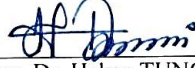
Yüksek Lisans

derecesi şartını sağlamak için sunulmuştur.

Onaylayan:



Prof. Dr. Ali KAHRİMAN
(Danışman)



Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR
(Üye)



Yrd. Doç. Dr. Birol ALAS
(Üye)

Ocak 2017

Program: Patlayıcı Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

KISA ÖZET

Bu tez kapsamında, “Küçük Çamlıca Tv – Radyo Kulesi Projesi” kapsamında gerçekleştirilen patlatmalı temel kazıları çalışmaları takip edilmiştir. Patlatmalı kazı çalışmalarının başlangıç aşamasından itibaren; risk analizi yapılarak ön planlama, başlangıç delme-patlatma modellerinin oluşturulmuştur. Ayrıca, delme-patlatma uygulamaları ve tasarımları, patlatma kaynaklı titreşimler ile kayıt edilmiştir.

Uygulanan mini basamak modellerine ait parametreler üzerinde daha sonra değişiklikler yapılarak optimum parçalanma boyutuna ulaşılmıştır. Atımların büyük bir kısmında ikincil kırma işlemine gerek duyulmadan, delme-patlatma işleminden, çalışmanın amacına yönelik olarak, optimum verim elde edilmiştir.

Çalışmada, konuyla ilgili daha önce yapılan çalışmalar incelenmiş, literatür araştırılmıştır. Literatür bilgileri Bölüm 2’de sunulmuştur.

Bölüm 3’te, çalışmada kullanılan yöntemler ve malzemelerden bahsedilmiştir. Çalışma sahası, titreşim ölçümleri ve değerlendirilmesi ile elde edilen verilere bağlı yapılan risk analizi ise Bölüm 4 te verilmiştir. Bölüm 5 te elde edilen sonuçlar tartışılmıştır. Söz konusu çalışmada uygulanan optimizasyon işlemleri sonucunda, hesaplanan özgül şarj ve özgül delgi miktarlarında yaklaşık %50 oranında azalma olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Patlatmalı temel kazısı, titreşim, optimizasyon, basamak patlatması, temel kazısı

ABSTRACT

In this thesis, blasting excavation were followed in project of Küçük Çamlıca Tv – Radio Tower. During the study period, from beginning to end, making risk assessment for pre-planning phase and setting up drilling and blasting pattern. Also blasting applications and patterns were recorded with vibrations caused from blasting excavations.

The parameters of the mini step models were modified to reach the optimum fragment size. After most of the blasting do not require secondary crushing. Drilling and blasting operations got efficiency optimum results.

In this study, first, conducted a comprehensive review of the literature to investigate the general information and previous study. The literatures researchs are present in chapter 2.

Materials and methods used in the study explained in the chapter 3. Information of working site, vibration measurements and evaluations and risk analysis of blasting operations are present in chapter 4. Finally, chapter 5 including results.

Key Words: Blasting foundation excavation, vibration, optimization, bench blasting, foundation excavation

TEŞEKKÜR

Lisansüstü öğrenimim ve tez çalışmalarım esnasında ki destek ve yardımları için danışmanım Sayın Prof. Dr. Ali KAHRİMAN' a sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmayı değerlendirerek, görüşleriyle kıymetli katkılarda bulunan Jüri Üyeleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR'e ve Okan Üniversitesi Meslek Yüksekokulu öğretim üyesi Sayın Yrd. Doç.Dr. Birol ALAS'a teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları esnasında sağlamış oldukları destek ve imkanlar için başta Sarıdağlar İnşaat personeline, Maden Mühendisi Mahmut ÇAM ve patlatma ekibine teşekkür ederim.

Hiçbir zaman destek ve yardımlarını esirgemeyen Okan Üniversitesi MYO Öğretim Görevlisi Yüksek Mühendis Sayın Sadettin BAĞDATLI' ya sonsuz teşekkür ederim.

Ocak, 2017

Aykut ARSLANTÜRK

İÇİNDEKİLER

KISA ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. DELME-PATLATMA UYGULAMALARININ ÖNEMİ VE PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİNİN AMACI	3
2.1.1. Delme-Patlatma İşleminin Önemi	3
2.1.2. Delme – Patlatma Faaliyetlerinin Mühendislik İle İlgisi	3
2.2. BASAMAK PATLATMASI.....	5
2.2.1. Basamak Patlatma Tasarımı.....	5
2.2.2. Basamak Patlatma Tasarımı Parametre Hesaplamaları	7
2.2.2.1. Maksimum Dilim Kalınlığı.....	7
2.2.2.2. Dip Delme Değeri	8
2.2.2.3. Delik Boyu.....	8
2.2.2.4. Delgi Hatası	8
2.2.2.5. Gerçek Dilim Kalınlığı.....	9
2.2.2.6. Delikler Arası Uzaklık.....	9
2.2.2.7. Özgül Delik Boyu	10
2.2.2.8. Dip Şarj Uzunluğu	10
2.2.2.9. Delik Kesiti.....	11
2.2.2.10. Dip Şarj Miktarı	11
2.2.2.11. Sıkılama Boyu.....	11
2.2.2.12. Kolon Şarj Boyu.....	12
2.2.2.13. Kolon Şarj Miktarı	12
2.2.2.14. Toplam Şarj Miktarı.....	13
2.2.2.15. Özgül Şarj Miktarı	13
2.2.2.16. Patlatma Sahasının Hacmi.....	14
2.2.2.17. Toplam Patlayıcı Miktarı	14

2.2.2.18. Toplam Delik Sayısı	14
2.3. ATEŞLEME YÖNTEMLERİ.....	15
2.3.1. ELEKTRİKSİZ ATEŞLEME YÖNTEMLERİ	15
2.4. DELME-PATLATMADAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR	15
2.4.1. Kaya Fırlaması	16
2.4.2. Yer Sarsıntısı (Titreşim)	17
2.4.3. Hava Şoku ve Gürültü	18
2.4.4. Hasar Ölçütleri ve Titreşim Ölçümlerinin Değerlendirilmesinde Göz Önünde Tutulan Uluslararası Normlar	18
2.4.4.1. USBM'nin Son Patlatma Hasar Tahmini.....	21
2.4.4.2. DIN 4150 Alman Normu	22
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	25
3.1. TİTREŞİM VE HAVA ŞOKU ÖLÇÜM CİHAZLARI.....	25
3.1.1. Titreşim Kaydı Örneği ve Hava Şoku Cihazı ve Teknik Özellikleri	26
3.2. ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM	29
4. BULGULAR.....	30
4.1. ÇALIŞMA SAHASININ YERİ VE TANITIMI	30
4.2. BÖLGENİN GENEL JEOLJİSİ	31
4.3. PATLATMALI TEMEL KAZISI ÖN HAZIRLIKLARI.....	32
4.4. ARAZİ ÖLÇÜMLERİ.....	36
4.4. ARAZİ ÖLÇÜMLERİ.....	41
4.5. ÖLÇÜM SONUÇLARI	41
4.6. ÖLÇÜMLERİN İSTATİKSEL ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ...42	
4.7. BASAMAK MODELİNE GÖRE ÜRETİM MİKTARLARININ KIYASLANMASI	43
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	46
KAYNAKLAR.....	49
EKLER.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	58

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Patlatma ve Ardışık Faaliyetlerin Maliyetleri Arasındaki İlişki	4
Şekil 2.2. Basamak patlatmasında kullanılan terimler	6
Şekil 2.3. Kırılma açısı, tırnak ve dip delme değeri	8
Şekil 2.4. Dip Şarjın Yerleşmesi	10
Şekil 2.5. Sıkılama Boyu	12
Şekil 2.6. Kolon Şarjın yerleşmesi	12
Şekil 2.7. Patlatmadan kaynaklanan çevresel etkileri	16
Şekil 2.9. USBM'nin alternatif kriter analizi	22
Şekil 2.10. DIN 4150 Alman Normu	23
Şekil 2.11. Instantel marka cihazın DIN 4150 Normuna göre düzenlenmiş cihaz çıktısı	24
Şekil 3.1. Sismik Enerji Sensörü Alıcısı 'Jeofon Yapısı'	26
Şekil 3.2. USBM Normuna Göre Düzenlenmiş Titreşim Ölçer Cihaz Çıktısı	28
Şekil 4.1. Çalışma Alanına Ait Uydu Görüntüsü	30
Şekil 4.2. İlk atımlara ait PPV-SD ilişkisi	37
Şekil 4.3. Çalışma kapsamında yapılan tüm atımlara ait PPV-SD ilişkisi	42

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Alman Din 4150 Normunda Yapı Türü ve Frekansa Göre Parçacık Hızı Sınırları.....	23
Tablo 4.1. Temel kazısı için mesafenin fonksiyonu olarak gecikme başına kullanılabilir en fazla şarj miktarları.	34
Tablo 4.2. Mini basamak patlatma ön tasarım modelleri.	35
Tablo 4.3. Basamak patlatması başlangıç parametreleri.....	36
Tablo 4.4. Yapılan ilk 9 atıma ait titreşim kayıtları.....	37
Tablo 4.5. Çalışma sahasında yapılan atımlardan elde edilen PPV tahmin denkleminde (Denklem 4.2.) göre mesafenin fonksiyonu olarak gecikme başına kullanılabilir en fazla şarj miktarları.	39
Tablo 4.6. Çalışma sahasında yapılan atımlardan elde edilen PPV tahmin denkleminde (Denklem 4.2.) göre risk unsuru yapılar dikkate alınarak mesafenin fonksiyonu olarak gecikme başına kullanılabilir en fazla şarj miktarları.	40
Tablo 4.7. Çalışma sahasında yapılan atımlardan elde edilen sonuçlara göre oluşturulan delme- patlatma modeli.....	41
Tablo 4.8. Özgül şarj ve özgül delgi miktarlarının karşılaştırılması.....	44

SEMBOL LİSTESİ

ANFO	: amonyum nitrat + fueloil karışımı patlayıcı madde
Hz	: hertz
ISRM	: uluslar arası kaya mekaniği derneği
OSM	: birleşik devletler açık ocak madencilik bürosu
USBM	: birleşik devletler madencilik bürosu
u	: parçacığın yer değişimesi
U	: maksimum yer değiştirme
t	: zaman
T	: dalga periyodu
f	: frekans
c	: yayılım hızı
v	: parçacık hızı
μ	: parçacık ivmesi
SD	: ölçekli mesafe
R	: mesafe
W	: gecikme başına maksimum şarj miktarı
PPV	: maksimum parçacık hızı
K, β, α, n	: çalışma sahası sabitleri
$e^{-\alpha R}$: inelastik seyrelme faktörü
$e^{-\alpha(R/W)}$: İnelastik sönme faktörü
r^2	: korelasyon katsayısı
dB	: desibel
N	: gürültü
A	: genlik
C	: şarj miktarı
d	: uzaklık
ER	: enerji oranı
a	: ivme
v_0	: düzeltilmemiş düşey parçacık hızı

1. GİRİŞ

Ticari patlayıcılar kaya kırma/örseleme işlemleri; madencilik ve taş ocakçılığı, yol, tünel, baraj, inşaat, alt yapı, enerji nakil hatları vb. kazı işlemleri için kullanılan en güçlü ve en ekonomik yöntemdir. Patlayıcıların sivil endüstride kullanılmaya başlandığı ilk yıllarda, ağırlıklı olarak madencilik sektöründe tercih edilmekteydi. Gelişen bilim ve teknolojinin etkisiyle artan hammadde ihtiyacının yanı sıra, artan tesisleşme ihtiyacına bağlı olarak üretim hızının artması ihtiyacı doğmuştur. Bu nedenle kazı işlemleri için en güçlü kaya kırıcı olan patlayıcıların kullanım miktarları da artmıştır.

Ticari patlayıcıların kaya kırma işlemlerinde kullanılmasının en önemli nedenleri; güçlü ve ekonomik olmasıdır. Üretilen kaya miktarına nazaran tüketilen patlayıcı miktarı dikkate alındığında ve patlayıcı maddelerin maliyetleri göz önünde tutulunca, kaya kırma işlemlerinde patlayıcı kullanımı kaçınılmaz bir hal almaktadır.

Ticari patlayıcılar önceleri, sadece yerleşim alanları dışında kalan bölgelerde kullanılırken, şimdilerde ise; artan nüfus, kentsel dönüşüm, sanayileşme vb. etkenlerden dolayı hızlı bir şekilde tamamlanması gereken şehir içi projelerde, yaşam alanlarının içerisinde kullanılmaktadır. Ticari patlayıcıların, meskûn mahallerde kullanılabilir hale gelebilmesi için birçok araştırma ve geliştirme uygulamaları yapılarak daha güvenli ve çevreye en az hasarı verecek ürünler elde edilmeye çalışılmış ve bu araştırmalar sürekli olarak devam etmektedir. Patlayıcı ürünlerin güvenli olarak geliştirmesinin yanı sıra güvenli patlatma teknikleri üzerinde önemli araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda kontrollü patlatma teknikleri ortaya konulmuştur.

Her ne kadar güvenli patlayıcılar ve güvenli patlatma teknikleri türetilmiş olsa da, patlatmalı kazılarda titreşim ve hava şoku çevrede yaşayan insanların şikâyetlerine neden olmaktadır. Bu şikâyetlerin bir bölümü psikolojik nedenlerde oluşsa da, bir kısmı teknik çalışma içermeyen özensiz patlatmalardan kaynaklanabilmektedir.

Bu nedenle, bu konulara çözüm üretmek adına bazı standartların oluşturulması amacıyla, çeşitli çalışmalar ortaya konulmuştur. Bu tür çalışmalar yoğun bir şekilde sürdürülmektedir. Ülkemizde ise bu tür standart geliştirmeye yönelik resmi kurumlarca genel olarak oluşturulmuş “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (4 Haziran 2010 ve 27601 sayılı)” dışında kabul edilmiş özgün bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, başka ülkelerde geliştirilmiş olan standartlar ülkemizde resmi standart olarak da kullanılmaktadır.

Patlatma kaynaklı çevresel sorunları önlemek ya da azaltmak, delme-patlatma sektörünün en büyük sorun ve uğraşlarından birisidir.

Bu yüksek lisans tezinde, İstanbul İli Üsküdar İlçesi sınırları içerisinde kalan “Küçük Çamlıca Tv-Radyo Kulesi Projesi” kapsamında yapılan patlatmalı temel kazıları takip edilerek; patlatma kaynaklı çevresel etkilerden olan titreşim etkileri dikkate alınarak delme-patlatma modellerinin ve işlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla; literatür incelemesi yapılması, çalışma yönteminin belirlenmesi, belirlenen çalışma yöntemi doğrultusunda araziden elde edilecek verilerin toplanması hedeflenmiştir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. DELME-PATLATMA UYGULAMALARININ ÖNEMİ VE PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİNİN AMACI

İnsanların hayatını devam ettirebilmesi için gerekli olan madeni hammaddenin ekonomik ve hızlı olarak üretilmesi; enerji, ulaşım, barınma, yaşam alanı gibi mühendislik yapılarının kazı işlerinin hızlı ve ekonomik şekilde sürdürülmesi; ömrünü tamamlamış yapıların güvenli ve ekonomik olarak yıkılması patlayıcı mühendisliğin başlıca konularıdır.

2.1.1. Delme-Patlatma İşleminin Önemi

İnsanlık tarihi boyunca çeşitli amaçlarla kullanılmış olan patlayıcı maddeler zamanla kaya kırma işlerinde kullanılmaya başlamıştır. Kaya delici ürünlerdeki gelişme ve ilerleyen teknoloji ile ucuz patlayıcı maddelerin imal edilmesi, delme ve patlatmanın büyük miktarlarda uygulanmasını sağlamıştır. Makinalı kazının yetersiz kaldığı durumlarda delme-patlatma yöntemi hem ekonomik hem de uygulama kolaylığı olarak uygun bir yöntem olmuştur (Ceylanoğlu ve diğ., 1993).

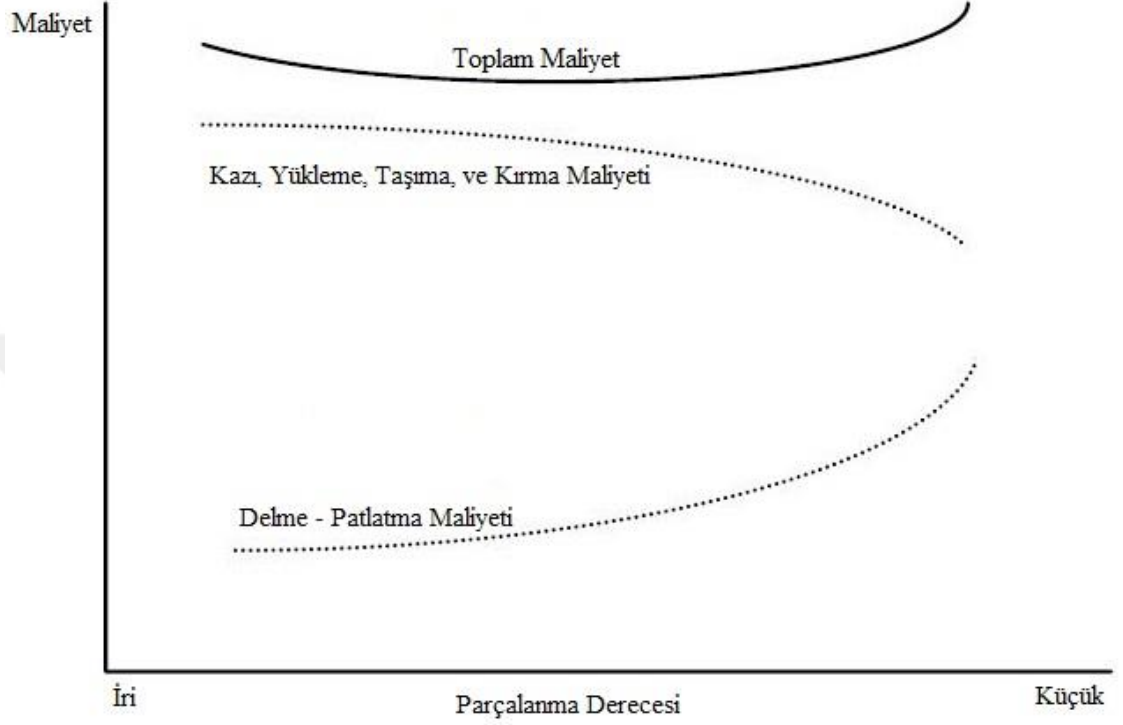
Madencilikte açık ocak kazılarında gerçekleşen adımlar aşağıdaki gibidir.

1. Deliklerin hazırlanması
2. Patlayıcı şarjı ve patlatma
3. Üretilen kayanın yüklenmesi
4. Nakliye
5. Kırma-öğütme

2.1.2. Delme – Patlatma Faaliyetlerinin Mühendislik İle İlgisi

Delme-patlatmanın kullanıldığı madencilik ve inşaat sektörleri başta olmak üzere, kaya kazı aşaması, özellikle derin yada yüksek hacimli kazılarda uzun zaman almakta ve maliyet kalemleri yükselmektedir.

Kazı işlerinde ki maliyet kalemleri ve bunların toplam maliyete etkileri Şekil 2.1.'de gösterilmiştir. Mühendislik faaliyeti gerçekleştirilen bir alanda, maliyet ve emniyet kriterleri kesinlikle dikkate alınmalıdır..



Şekil 2.1. Patlatma ve Ardışık Faaliyetlerin Maliyetleri Arasındaki İlişki (Ceylanoğlu ve diğ., 1993; Arpaz, 2000)

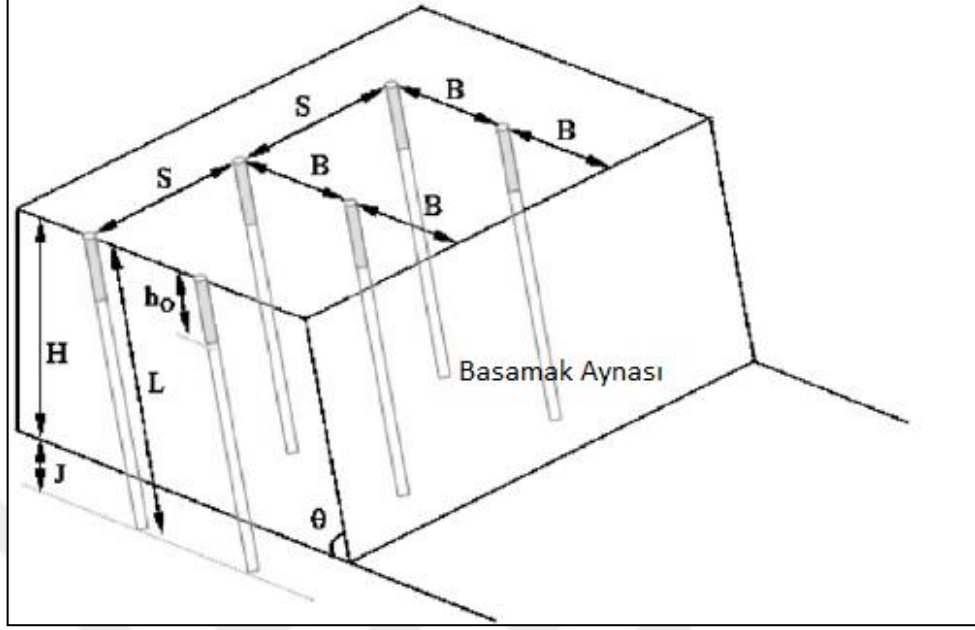
2.1.3. Delme-Patlatmanın İşletme Ekonomisine Etkileri

Bilgin ve Paşamehmetoğlu' nun 1986 yılında yapmış oldukları çalışmalarına göre; delme-patlatma makinalarla sökülmesi yada kırılması kolay yada mümkün olmayan kaya kütlelerinin kazısında kullanılan bir yöntemdir. Delme-patlatma faaliyetleri uygulamalarında; kayayı iyi oranda kırmanın yanı sıra, geride iri blok yada kırılmamış alan bırakmamakta önemlidir. Aynı zamanda yapılan uygulamanın geri çatlak, kaya fırlaması, yüksek titreşim gibi, işletmenin ileriki çalışmalarını engelleyecek etkilerde neden olmaması beklenir. Dolayısıyla optimum kırmayı oluşturacak tarzda tasarımların yapılması işletmenin maliyetleri açısından da önemlidir.

2.2. BASAMAK PATLATMASI

2.2.1. Basamak Patlatma Tasarımı

Açık maden işletmeleri veya inşaat kazı alanlarında, değişik kotlarda oluşturulan, taban ve tavan yükseklik farkı olan kademelere basamak adı verilmektedir. Bu kademelerde yapılan patlatma çalışmasına ise basamak patlatması adı verilmektedir. Şekil 2.2. de verilen basamak modelinde, basamak aynası olarak belirtilen kısım, basamağın serbest olan açıklığıdır. Bu kısım aynı zamanda serbest yüzey olarak da adlandırılmaktadır.



Şekil 2.2. Basamak patlatmasında kullanılan terimler

Serbest yüzey ile birinci sıra delikler veya delik sıraları arasında kalan. B simgesiyle gösterilen kısma ise dilim kalınlığı (Burden) adı verilmektedir. Basamak aynasına paralel olarak aynı sırada yer alan deliklerin arasındaki mesafe S (Spacing) harfi ile gösterilmekte ve delikler arası mesafe olarak adlandırılmaktadır. Basamağın taban kotu ile tavan kotu arası yükseklik farkı, basamak yüksekliği olarak adlandırılmakta olup H harfi ile gösterilmektedir. Delik boyları basamak tabanının düzgün ve tırnaksız olmasını sağlamak için basamak yüksekliğinden biraz fazla delinir ve bu fazla kısım delik taban payı olarak adlandırılmaktadır ve J harfi ile gösterilir. Deliğin dip kısmına konulan patlayıcı maddeye dip şarjı olarak adlandırılmaktadır. Bunun üzerinde bulunan şarja ise kolon şarjı denilmektedir. Genellikle basamak tabanına yakın kısımlarda kayanın parçalanması daha güç olduğundan dip şarjı, kolon şarjına göre miktarda ve kudretçe fazla olacak şekilde seçilmektedir. Deliğin ağız tarafına patlayıcı maddeyi örtmek üzere ve deliği tamamen dolduracak şekilde konulan ve patlayıcı olmayan maddeden (çakıl, kum, kırma taş, delme makinası kırıntıları) oluşan tıkaca ise sıkılama denilmektedir ve h_0 ile gösterilmektedir.

2.2.2. Basamak Patlatma Tasarımı Parametre Hesaplamaları

2.2.2.1. Maksimum Dilim Kalınlığı

Maksimum dilim kalınlığının hesaplanmasında Eşitlik (2.1), (2.2) ve 2.3 ile verilen denklemler kullanılabilir. (Gustaffson, 1973),

$$B_{max} = 0.045 \times d, \text{ (Gustaffson, 1973)} \quad (2.1)$$

$$B_{max} = 1.36 \times (I_b)^{0.5} \times R_1 \times R_2, \text{ (Oloffson, 1985)} \quad (2.2)$$

$$B_{max} = (d/33) \times (P \times s) / [C_0 \times f \times (S/B)]^{0.5}, \text{ (Langefors ve Kihlstrom, 1978),} \quad (2.3)$$

Burada;

B_{max} : Maksimum dilim kalınlığı, (m)

d : Delik çapı, (mm)

I_b : Şarj yoğunluğu, (kg/m)

R_1 : Delik eğimi düzeltme faktörü

R_2 : Kaya düzeltme faktörü

P : Patlayıcı maddenin delik içindeki yoğunluğu, (kg/dm³)

s : Patlayıcı maddenin ağırlıkça kudreti

C_0 : Kaya patlatma katsayısı

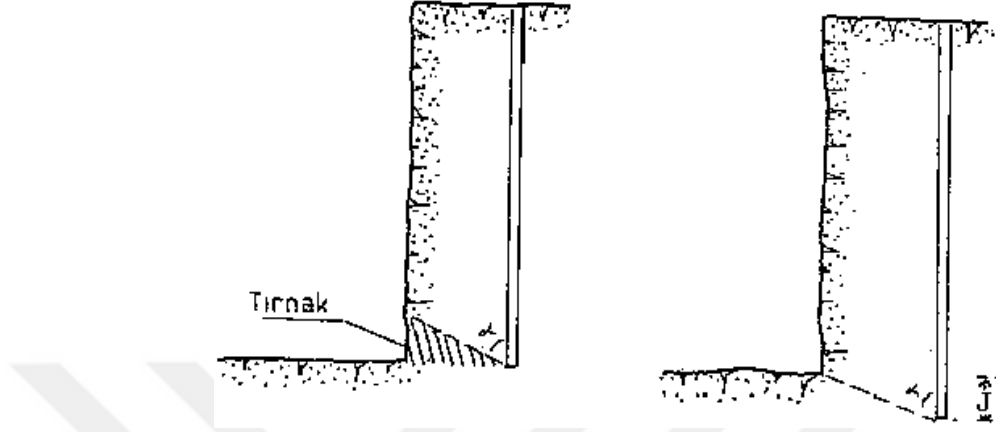
f : Atım güçlük katsayısı

S : Delikler arası mesafe, (m)

B : Gerçek Dilim Kalınlığı, (m)

2.2.2.2. Dip Delme Değeri

Basamağın tabanında tırnak kalmaması ve d¼z bir y¼zey elde edilebilmesi için, deliğin basamak y¼kseklilięinden daha derin delinmesi gerekmektedir (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Kırılma açısı, tırnak ve dip delme değeri

Bu ek uzunluk EŞitlik (2.4) ile hesaplanabilir;

$$U = 0,3 \times B_{max} \quad (2.4)$$

U =Dip delme değeri (m)

2.2.2.3. Delik Boyu

Delik boyunun, basamak y¼kseklilięi, artı dip delme uzunluğu olacağı ortadadır. Eğer delik eğimli ise, delik uzunluğu trigonometrik olarak EŞitlik (2.5) ile hesaplanmalıdır.

$$L = H + j \quad (2.5)$$

L= Delik boyu (m)

H= Basamak y¼kseklilięi (m)

2.2.2.4. Delgi Hatası

Delme işlemi sırasında gerek delici ekipmandan kaynaklı gerekse operat¼r kaynaklı delgi hataları olabilmektedir. Bu hata ihtimallerinin hesaplamalar katılması gerekmektedir. Bu nedenle D/1000 kadar bir yanılma payı kabul edilmelidir. İkinci

olarak, delgi işlemi sırasında deliğin sapması kaçınılmazdır. Bunun içinde delik boyunun % 3 kadar bir yanılma payı kabul görmüştür (Erkoç, 1990).

O zaman delgi hatası Eşitlik (2.6) ile hesaplanabilir ;

$$DH = (D/1000) + 0,003 \times L \quad (2.6)$$

DH= Delgi hatası (m)

L= Delik boyu (m)

2.2.2.5. Gerçek Dilim Kalınlığı

Delgi hatası hesaplandıktan sonra, maksimum dilim kalınlığı değerinden çıkarılarak gerçek dilim kalınlığı değeri Eşitlik (2.7)'deki hesaplanması ön görülmüştür (Erkoç, 1990):

$$B = B_{max.} - DH \quad (2.7)$$

B= Gerçek dilim kalınlığı

DH= Delgi hatası (m)

2.2.2.6. Delikler Arası Uzaklık

Delikler arası mesafe normal kabullerde Eşitlik (2.8)'deki gibi, dilim kalınlığının 1,25 katı olarak alınır. (Erkoç, 1990).

$$S = 1,25 \times B \quad (2.8)$$

S= Delikler arası uzaklık

2.2.2.7. Özgül Delik Boyu

Basamak patlatma parametrelerinin hesaplanmasına ilave olarak, teknik ve ekonomik açıdan kıyaslama yapabilmek, maliyet analizi yapabilmek için özgül delik ve özgül şarj kavramları kullanılmaktadır.

Özgül delik anlam olarak 1 m³ kayayı patlatabilmek için delinen delik boyunu gösterir ve Eşitlik (2.9) ile hesap edilir (Erkoç, 1990).

$$I=(L)/(S \times B \times H) \quad (2.9)$$

I= Özgül delik boyu (m/m³)

S=Kayanın Eni

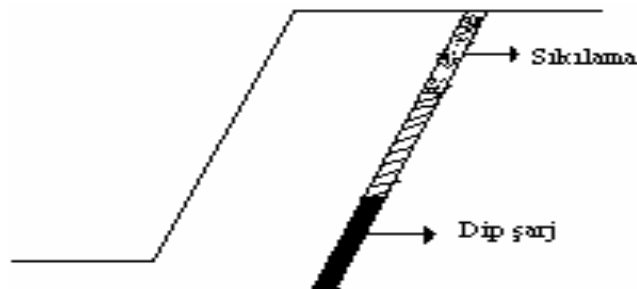
L= Delik boyu (m)

B=Kayanın Boyu

H=Kayanın Yüksekliği

2.2.2.8. Dip Şarj Uzunluğu

Basamak patlatmalarında iki tür patlayıcı madde kullanılması gereklidir; bunlar dip şarj ve kolon şarj. Ülkemizde genel olarak uygulanan yöntemse, açılan delikler bir çeşit patlayıcı madde yerleştirilir. Böyle yapılmasının sebeplerinden en ağırlıkta olanıda fazla patlayıcı madde kullanımı önlemek. Sebebine bakıncada, basamak derinliği boyunca patlamaya direnç gösteren nokta, kompresif gerilimlerin etkili olduğu taban kısmıdır. B ve S uzunlukları hesabı bu kesim için yapılır. Çünkü tansiyonal gerilimlerin etkili olduğu bölge patlamaya karşı oldukça dirençsizdir. Bu nedenle taban kısmı yeteri kadar kuvvetli dip şarj, kolon kısmı ise daha zayıf patlayıcı kolon şarj ile yerleştirilmelidir. (Şekil 2.4.). Kolon kısmının, dip şarj gibi doldurulması çalışma yapılan bu alanda fazla enerjiye ve patlayıcı madde tüketimine sebep olur (Özer, 1995).



Şekil 2.4. Dip Şarjın Yerleşmesi

Delik boyunca, dip şarjın yüklenmesi, gereken uzunluk, baskı zonunun boyuna eşittir. Dip şarj uzunluğu delik ayna uzaklığının bir fonksiyonu olup, genelde kabul gördüğü Eşitlik (2.10) ile hesap edilebilir;

$$L_{dip} = 1,3 \times B \quad (2.10)$$

L_{dip} = Dip Şarj Uzunluğu (m)

2.2.2.9. Delik Kesiti

Delik kesiti ise Eşitlik (2.11) ile bulmak mümkündür

$$A_k = 3,14 \times (D / 2000) \quad (2.11)$$

A_k = Delik kesiti (m²)

2.2.2.10. Dip Şarj Miktarı

Patlayıcının özkütlesi hesaplanırken, eğer patlayıcı dökme ise doğrudan patlayıcının özkütle kullanılır. Ama kartuş ise tipi kullanılıyor ise titiz hesaplama ile gerçek özkütle kullanılmalıdır (Eşitlik (2.12)).

$$Q_{dip} = L_{dip} \times A_k \times P \times 1000 \quad (2.12)$$

Q_{dip} = Dip şarj miktarı (kg)

P = Patlayıcı yoğunluğu

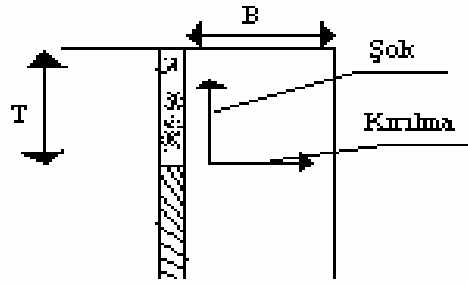
2.2.2.11. Sıkılama Boyu

Sıkılama boyu genellikle dilim kalınlığı ile eşit miktarlarda alınmaktadır. Langefors'un yaklaşımına göre sıkılama boyu (Şekil 2.5.)

$T=B$

T = Sıkılama boyu (m)

B = Gerçek dilim kalınlığı



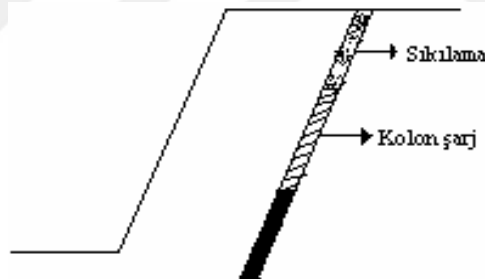
Şekil 2.5. Sıkılama Boyu (Özer, 1995)

2.2.2.12. Kolon Şarj Boyu

Kolon Şarjın yerleşmesi Şekil 2.6. 'da görülmektedir.

$$L_{kol} = L - L_{dip} - T$$

L_{kol} = Kolon şarj boyu (m)



Şekil 2.6. Kolon Şarjın yerleşmesi (Özer, 1995).

2.2.2.13. Kolon Şarj Miktarı

Patlayıcı konsantrasyonu bu bölgede dip şarjdaki enerjinin 0,4 ile 0,6 kadarı yeterli olmaktadır. Bunu elde etmenin değişik yolları vardır;

Dip şarjda kalın çaplı kartuşlar ve özel şarj cihazları kullanıp yüksek yoğunluk elde edilebilir. Kolon şarjda ince kartuşlar kullanılabilir.

Anfo ile çalışma yapılan sahalarda, dip şarjda dökme Anfo, kolonda ise o açılan deliklerin çapına uygun vaziyette Anfo kullanılması daha doğru olacaktır. Anfo ile çalışma yapılan sahada, dip şarjda yine dökme Anfo kullanılırken, kolonda belirli yüzdelere perlit, polystrene gibi hafifleştirici katılmış Anfo uygulanabilir.

Çeşitli çaplarda patlayıcı madde uygulanabilir. Örneğin %5 Al katılmış Anfo, Kolonda standart Anfo yerleştirilebilir.

Patlayıcı mühendisi, bilgi birikimine uygun yöntemlerden birini seçmeli, ve buna göre kolon şarj patlayıcısının özkütlesini hesap katmalıdır. Bunun devamında eden aşamada kolon şarjı Eşitlik (2.13) ile hesap edilebilir ;

$$Q_{kol} = L_{kol} \times A_k \times P \times 1000 \quad (2.13)$$

Q_{kol} = Kolon şarj miktarı (kg)

P = Patlayıcı yoğunluğu

2.2.2.14. Toplam Şarj Miktarı

Toplam şarj miktarı bulunurken patlayıcı çeşitliliği bu hesaplamayı ilgilendirmez. Arada bir daha fazla kapsamda incelemerde bulunulmak istenebilir, patlayıcı maddeler sabit yapılarak hesaplanan patlayıcı maddeye çevirilir. (Eşitlik (2.14)).

$$Q_t = Q_{dip} + Q_{kol} \quad (2.14)$$

Q_t = Toplam şarj miktarı(kg)

2.2.2.15. Özgül Şarj Miktarı

Özgül şarj miktarı anlam olarak, 1 m³ kayayı patlatmak için kullanılan patlayıcı madde miktarını gösterir (Eşitlik (2.15)).

$$q = (Q_t) / (S \times B \times H) \quad (2.15)$$

q = Özgül şarj miktarı (kg / m³)

2.2.2.16. Patlatma Sahasının Hacmi

Patlatma sahasının hacmi de Eşitlik (2.16) ile hesap edilebilir.

$$A_p = H \times A_1 \times A_2 \quad (2.16)$$

A_p = patlatma sahasının hacmi (m^3)

H= Basamak yüksekliği

2.2.2.17. Toplam Patlayıcı Miktarı

Toplam patlayıcı miktarı Eşitlik (2.17) ile bulunur.

$$T_p = A_p \times q \quad (2.17)$$

T_p = Toplam patlayıcı miktarı (kg)

q= Özgül şarj miktarı (kg / m^3)

2.2.2.18. Toplam Delik Sayısı

Toplam delik sayısı Eşitlik 2.18 ile belirlenir.

$$DS = (A_1 \times A_2) / (B \times S) \quad (2.18)$$

DS= Delik Sayısı (Adet)

A_1 =Patlatma sahasının eni

A_2 = Patlatma sahasının boyu

B=Dilim kalınlığı

S=Delikler arası mesafe

2.3. ATEŞLEME YÖNTEMLERİ

Ateşleme sistemleri elektrikli ve elektriksiz olmak üzere 2 ana başlık altında değerlendirilebilir.

2.3.1. Elektriksiz Ateşleme Yöntemleri

Ateşleme işleminde elektriğin kullanılmadığı ateşleme yöntemleridir. Dört şekilde uygulanmaktadır. Bunlar, aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Emniyetli fitil- adi kapsül,
2. İnfilaklı fitil,
3. Elektriksiz (nonel) kapsüller,
4. Elektronik kapsüller.

2.3.2. Elektrikli Ateşleme Yöntemleri

Elektrikli kapsüller, adi tahrip kapsüllerinin yarattığı zamanlama sorununu çözmek amaçlı olarak geliştirilmiş ürünlerdir. Gecikme aralıklarına sahip olmaları ve istenilen zamanda ateşlenebilmeleri nedeniyle adi kapsüllere nazaran daha kullanışlıdır. Elektriksiz kapsüllerin geliştirilmesi ile kullanımı azalmış olsa da, günümüzde kullanımı devam etmektedir.

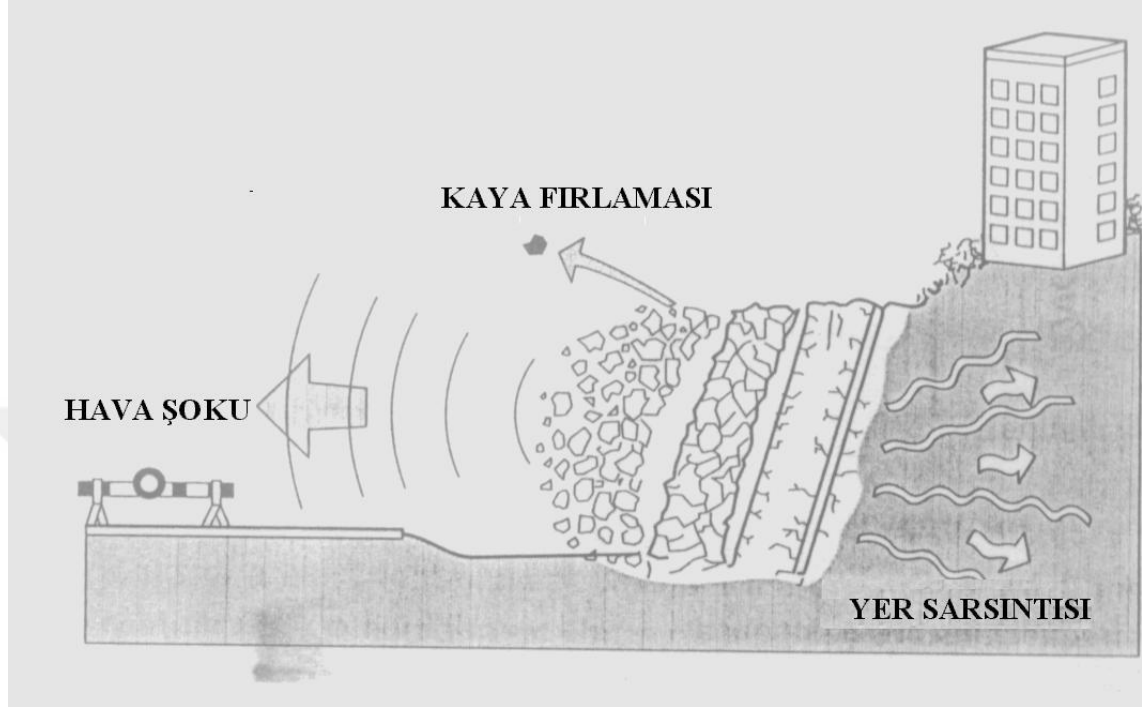
2.4. DELME-PATLATMADAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR

Delme-patlatmanın avantajlarının yanında, dezavantajları da yer almaktadır. Söz konusu dezavantajlar;

- 1.Kaya Fırlaması
- 2.Toz Emisyonu
- 3.Yer Sarsıntısı (Titreşim)
- 4.Hava Şoku

şeklinde sıralanmaktadır. Son yıllarda şehir içi patlatmalı kazı faaliyetlerinin artış göstermesi ile birlikte çevresel şikâyetlerde artış göstermektedir. Şekil 2.7’de şematik olarak gösterilen titreşim, hava şoku, ve kaya fırlaması gibi çevresel problemler, patlatmalı kazı yapılan sahaların çevresinde yaşayanlar kadar, sahada çalışan personel

ve kullanılan ekipmanlar açısından da büyük güvenlik sorunları yaratabilmektedir (Arpaz, 2000).



Şekil 2.7. Patlatmadan kaynaklanan çevresel etkiler (Arpaz, 2000)

Bu nedenle, ekonomik ve emniyetli bir patlatmada, aynı zamanda bu tür sorunların da önlenmesi veya en azından tehlike sınırlarının altına indirilmesi dikkate alınmalıdır. Delme-patlatma faaliyetlerinin mühendisliği amacına hizmet edecek biçimde çalışma sahasının emniyeti ile birlikte çevre emniyeti ve güvenliğine de dikkat edilmelidir. Bu doğrultuda, patlatma öncesinde; kazılacak hacim, kullanılacak malzeme, alınacak iş güvenliği ve çevre güvenliği tedbirlerinin belirlenmesi, risklerin tamamının değerlendirildiği kontrollü patlatmalar gerçekleştirilmelidir.

2.4.1. Kaya Fırlaması

Patlayıcı madde, kaya kütlelerini parçalamak amacı ile kullanıldığında önce şok enerjisinin, sonra reaksiyon sonucu oluşan gaz ürünlerinin büyük basınçlar ile çatlaklara dolarak parçalanma işlemini tamamlamakta, parçalanmış kütleyi ötelemektedir. Patlayıcı madde, kaya kütlesi içerisinde hapsedilmediği durumlarda reaksiyon sonucu oluşan gazlar bulabildikleri çatlaklardan atmosfere erken deşarj olurlar. Yüksek hızla oluşan gaz boşalımı kaya kütlelerinde yırtılmalara neden olur ve beraberinde kaya

parçalarını hareketlendirir. Açık işletmelerde yapılan patlatmalarda kaya fırlaması (Şekil 2.8.) sonucunda 2 km uzaklığa giden taşların çarpması ile ölümler olmuştur (Roth, 1979) .



Şekil 2.8. Patlatma Sırasında Oluşan Taş Savrulması (courier-journal.com, blogs.wvgazette.com, 2011)

2.4.2. Yer Sarsıntısı (Titreşim)

Patlatma ile çevreye verilen olumsuzlukların en önemlisi, etki alanının çok daha geniş olması nedeniyle yer sarsıntısıdır. Taş savrulması ve hava şoku patlatma noktasına yakın bölgeleri etkilerken, yer sarsıntısı çok uzaklara etki edebilmektedir.

Patlatma kaynaklı titreşimler, sahip oldukları enerji düzeyi ile doğru orantılı olarak hasara sebep olurlar. Titreşimlerin enerji düzeyleri şu değişkenler ile ölçülmeye çalışılır;

- parçacık yer değiştirmesi (mm)
- parçacık hızı (mm/sn)
- parçacık ivmesi (mm/sn²)
- dalga frekansı (Hz)

Jimeno ve diğ., (1995) göre titreşimlerin taşıdıkları enerji seviyeleri, yapıların hasar görmesinde tek başına yeterli olmamaktadır. Yapıların inşa yöntemi, yapı boyutları ve zemin özellikleri de hasar oluşumunu etkileyen faktörlerdir.

2.4.3. Hava Şoku ve Gürültü

Kaya çatlaklarından atmosfere hızla boşalan reaksiyon ürünü gazlar hava şokunu (Şekil mm), atımdan uzaklaştıkça hava şokunun bozulması gürültüyü oluşturur. Yabancı literatürde “Overpressure” veya “Air Blast” olarak anılan ve patlamayla oluşan hava basınç dalgaları olan hava şoku; Normal atmosferik basınçtan daha yüksek hava basıncı dalgalarından oluşur, frekans aralığı 20-20.000 Hz’dir. Duyulabilir olan yüksek frekans kısmı (gürültü) artan uzaklıkla zayıflar, yapılarda sarsıntı, cam kırılması, hasara yol açar, insanları rahatsız eder. Düşük frekanslı olan ve duyulamayan kısmı (concussion) ise yapıların doğal frekansları ile eşleştiklerinde hasar oluşturabilir. Gürültü ise sadece rahatsızlığa sebep olur, çeşitli şikayetlerin gelmesi için yeterli bir nedendir.

2.4.4. Hasar Ölçütleri ve Titreşim Ölçümlerinin Değerlendirilmesinde Göz Önünde Tutulan Uluslararası Normlar

Madencilik amaçları için, patlayıcıların keşfedilmesinden ve geliştirilmesinden bu yana, çeşitli türdeki yapılar üzerinde patlatmadan kaynaklanan hava şoku ve yer titreşimleri problemleri daima var olmuştur. Özellikle bu problem, açık ocak madenciliği, taş ocakları gibi açık işletmeciliğin yapıldığı yerlerde süregelen bir olgu halini almıştır. Patlatmadan kaynaklanan titreşim problemleri, doğrudan halkı da ilgilendirdiğinden, madencilik ve inşaat Şirketleri, patlayıcı üreticileri, sigorta şirketleri ve bilimsel araştırmacılar kadar yerel yönetimler ve devleti de büyük oranda ilgilendirmektedir. Patlatma kaynaklı titreşimleri ve titreşimlerin yapılar üzerindeki etkileri üzerine ilk incelemelerden bir kısmını E. H. Rockwell (1927) yapmıştır. Yayınlarında, Şarj miktarı ve mesafenin bir fonksiyonu olarak titreşimlerin büyüklüğünü belirlemek için patlatma kaynaklı titreşimlerin ölçülmesi gerekliliğini vurgulamıştır, Kısaca, yapılar için hasar ölçütü fikri geliştirilmiş ve daha sonra da 0.08 santimetreden daha az bir yer değiştirme miktarı, emniyetli olarak dikkate alınmıştır

1939—1942 yılları arasında Amerikan Madencilik Bürosu (USBM) taş ocağında yapılan patlatmaların sismik etkileri ve problemleri üzerine geniş bir araştırma başlatmıştır. Bu araştırma sonucunda ‘Seismic Effects of Quarry Blasting’ isimli 442 nolu Bülten çıkartılmıştır. Bülten 442’de özetlenen bu çalışmalar, deneysel verilere dayanılarak oturuş binalar için hasar ölçütlerinin saptandığı ilk temel çalışmadır. Bu çalışmaya göre; ölçülen ivrenin 0.1g den az olması binalar için emniyetin söz konusu

olduğunu. 0.1g - 1g arasında dikkatli olunması gerektiğini ve 1g'den büyük olması durumunda ise hasarın meydana geleceği anlamına gelmekteydi (g: yerçekimi ivmesi).

Bu çalışma ile aynı zamanda, titreşim seviyeleri ile mesafe ve şarj miktarı arasındaki ilişkinin varlığı araştırılmaya başlanmıştır. Bu incelemeleri, patlamadan kaynaklanan gürültü titreşimleri ve gürültünün yerleşim yerlerindeki binalara olan etkilerini belirlemeye yönelik çalışmalar takip etmiştir.

Patlatma kaynaklı yapı hasarlarının incelenmesine yönelik daha sonraki en önemli katkı. 1949 ve 1960 yılları arasında F. I. Crandell tarafından yapılmıştır. Crandell çalışmasında, enerji oranı fikrine dayanan bir hasar ölçütü belirlemiştir. Enerji oranı eşitliği aşağıda görüldüğü gibidir (Eşitlik 2.19).

$$ER = \frac{a^2}{f^2} \quad (2.19)$$

Burada; a , en büyük ivme değeri (mm/sn²) ve f , saniyedeki titreşim frekansdır (Hz). Enerji oranı; 3'ün altında ise emniyetli, 3–6 arasında ise dikkatli olunması gerektiği ve 6'dan büyük ise hasar meydana gelebileceği anlaşılmaktadır.

1949–1969 yılları arasında, Amerika'da ve diğer bazı ülkelerde patlatmadan kaynaklanan sismik titreşim sorunları ve yapılara olan etkileri üzerine ilgi artmıştır. Bu yıllar arasında, patlatma yapılan bölgeye yakın olan yerleşim yerlerindeki özel mülk sahiplerinin, meydana gelen hasarlardan hak talep etmesi ile sonuçlanan şikâyet ve davaların giderek artış göstermesinden dolayı, birkaç eyalette patlatma işleri ile ilgili yasalar kabul edilmiştir. Günümüzde, bu yasalarda kullanılan hasar ölçütleri oldukça değişmiştir. Hasar ölçütlerini, bazıları ivmeye bazıları yer değiştirme miktarına kimileri de enerji oranına dayandırmıştır. 1957'de Langefors, Kihlstorm ve Westerberg, birlikte yaptıkları bir makale ile hasar ölçütünün, yapıların yakınında yer titreşimleri parçacık hızına dayandırılması gerekliliğini belirtmişlerdir. Dört tane hasar ölçütü seviyesi belirlemişlerdir:

71.12 mm/sn - Hasar meydana gelmez.

109.22 mm/sn - İnce çatlaklar ve sıva dökülmeleri meydana gelir.

160.02 mm/sn - Taş duvarlarda ve sıvalarda çatlamlar meydana gelir.

231.14 mm/sn - Ciddi çatlaklar meydana gelir.

1959'un başlarında, Edwards ve Northwood, Kanada'da St. Lawrence projesi ile bağlantılı olarak titreşim incelemelerini anlatan bir makale yayınladılar. Bu raporda, hasar limitlerinin aşağıdaki gibi olmasını teklif etmişlerdir:

< 50.8 mm/sn - Emniyetli

50.8 – 101.6 mm/sn - Dikkat

> 101.6 mm/sn – Hasar

1960 yılında Amerikan Madencilik Bürosu (USBM), patlamadan kaynaklanan yer titreşimlerinin ve gürültü problemlerinin yeniden araştırılması için talepte bulunmuştur. Taş ocağını patlatmasından kaynaklanan hasarlarla ilgili verilerin yayınlandığı detaylı bir inceleme yapılmış ve yayınlanmıştır. 1971 yılında Nichols, Johnson ve Duvall tarafından hazırlanan bu raporda, oturlan bir yapının yakınındaki emniyetli titreşim seviyesi, 50.8 mm/sn olarak kabul edilmiştir. Bu değer üstünün ise hasar meydana getireceği belirtilmiştir. Amerikan Madencilik Bürosunun yapmış olduğu son çalışmalar, daha kesin sonuçlara ulaşabilmek için patlatma yerinden olan çeşitli mesafelerde, titreşim seviyelerinin ölçülmesinin gerekli olduğunu göstermiştir. Birçok yerde yapılan deneme ölçümlerinden, gecikme aralığı başına şarj miktarı ve patlatma yerinden olan mesafeden faydalanarak, titreşim seviyelerinin tahmin edilebilmesini mümkün kılan bir genel yayılım yasası geliştirilmiştir. Daha sonra USBM, diğer önemli araştırmacılar ile çalışmalarını birleştirerek bir bültenle yukarıda listelenen sonuçları yayınlamıştır. Diğer araştırmacıların sonuçlarına dayanarak, titreşim seviyelerine ilişkin hasar sınırlarına bazı ilaveler yapılmıştır. Bu ilaveler aşağıdaki gibi gösterilebilir:

Eşik Hasar Seviyesi (101.6 mm/sn)

Önceden olan çatlakların büyümesi

Yeni çatlakların oluşumu

Gevşek nesnelere çıkması

Küçük Hasar Seviyesi (137.16 mm/sn)

Sıva düşmesi

Camların kırılması

Duvarlarda ince çatlakların oluşumu

Büyük Hasar Seviyesi (193.04 mm/sn)

Duvarlara oluşan büyük çatlaklar

Temel ve taşıyıcı duvarların zayıflaması

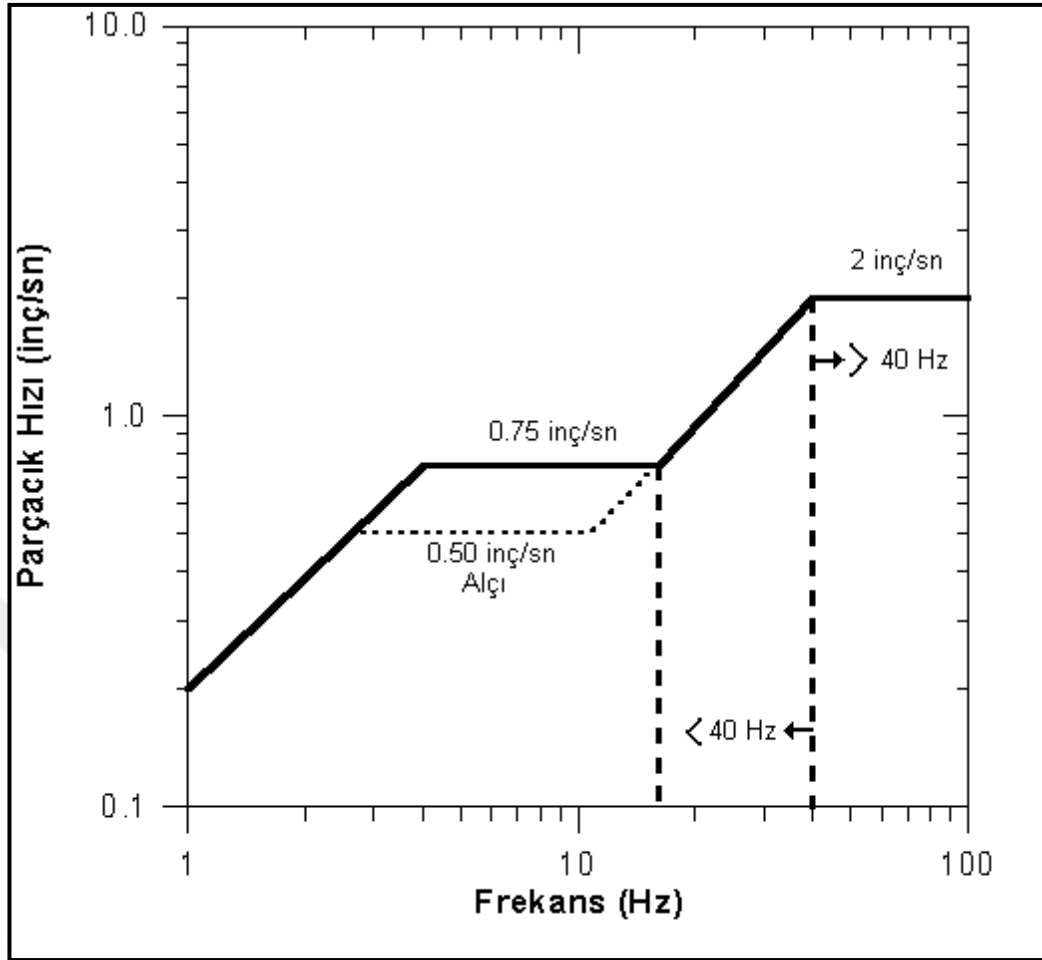
Yapının ciddi olarak zayıflaması

Ülkemizde, hasar kriterlerini belirlemeye yönelik akademik çalışmalar yapılmış olmasına rağmen, bu çalışmalar henüz yönetmeliklere dahil edilememiştir. Ülkemizde halen uluslararası literatürde USBM normu olarak bilinen hasar kriterleri dikkate alınmaktadır. USBM normu haricinde, Alman DIN4150 normu da uygulamacılar tarafından tercih edilebilmektedir (Ak, 2006).

2.4.4.1. USBM'nin Son Patlatma Hasar Tahmini

1980 yılında Siskind ve arkadaşlarının, Birleşik Devletler Madencilik Bürosu için yapmış oldukları çalışmada, açık ocak patlatmalarında gerçekleştirilen 219 atımda oluşan titreşimlerin 79 ev üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar bir rapor halinde sunulmuştur (USBM RI 8507 Bülteni). Bu rapora göre, sadece parçacık hızlarının değil, frekansların da hasar oluşumunda etkili olduğu vurgulanmaktadır.

Ayrıca USBM tarafından hem yapılarda ölçülmüş titreşim katlamalarını, hem de tahribat özelliklerini kullanan, alternatif olarak tavsiye edilen patlatma seviyesi kriterleri geliştirilmiştir. "Alternatif Kriter Analizi" olarak adlandırılan bu metot, daha düzgün bir kriter setidir (Şekil 2.9.).



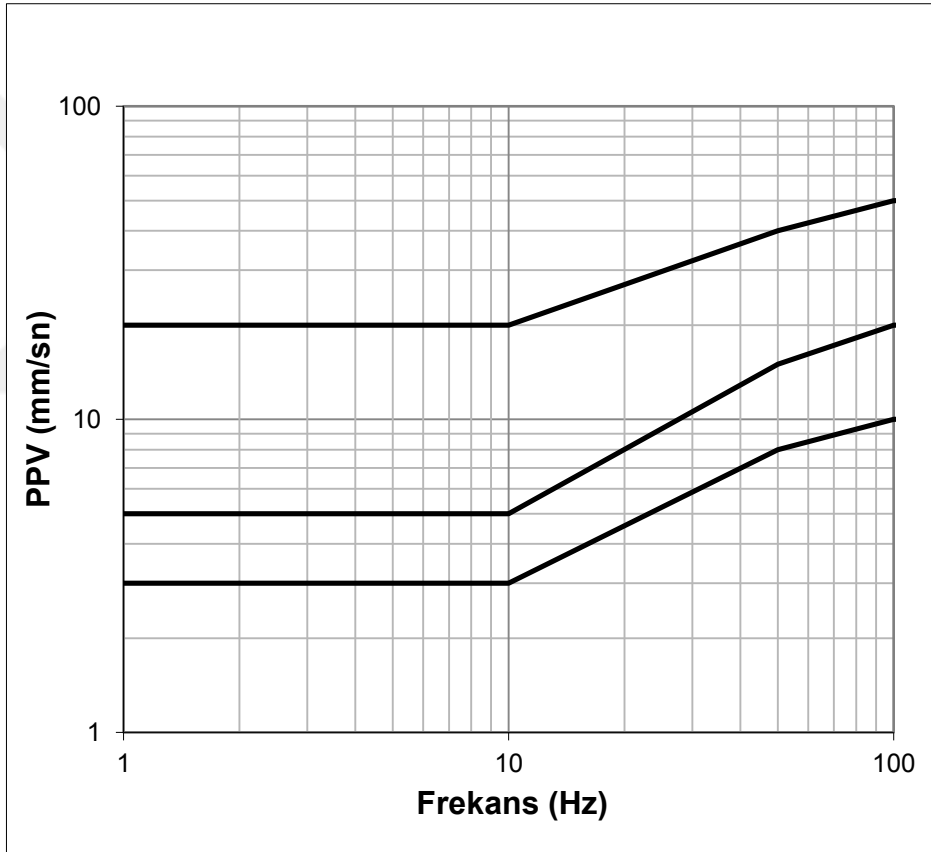
Şekil 2.9. USBM'nin alternatif kriter analizi (Siskind ve diğ., 1980)

2.4.4.2. DIN 4150 Alman Normu

DIN 4150 Alman Normu'nda frekansa bağlı olarak değişen parçacık hızı değerleri yapı türüne göre Tablo 2.2 ve Şekil 2.10.'da verilmektedir. DIN4150 normu grafiksel olarak değerlendirildiğinde, en altta yer alan çizgi kerpiç yapıları, eski yıpranmış tarihi eserler gibi sağlam olmayan yapıları; ortada yer alan çizgi yığma tuğla, beton gibi nispeten daha dayanıklı yapılar, en üste yer alan çizgi ise betonarme çelik konstrüksiyon gibi dayanıklı yapılar için titreşim frekansına göre parçacık hızı sınırlarını belirlemektedir (Schillinger, 2006).

Tablo 2.1 Alman Din 4150 Normunda Yapı Türü ve Frekansa Göre Parçacık Hızı Sınırları

Frekans (Hz)	Parçacık Hızı Sınır Değerleri (mm/s)	Yapı Türü
(0-10)	3	Eski Bina
(0-10)	5	Dayanıklı bina, Yığma Tuğla
(0-10)	20	Betonarme, Çelik konstrüksiyon
(10-50)	(3-8)	Eski Bina
(10-50)	(5-15)	Dayanıklı bina, Yığma Tuğla
(10-50)	(20-40)	Betonarme, Çelik konstrüksiyon
(50-100)	(8-10)	Eski Bina
(50-100)	(15-20)	Dayanıklı bina, Yığma Tuğla
(50-100)	(40-50)	Betonarme, Çelik konstrüksiyon



Şekil 2.10. DIN 4150 Alman Normu



Event Report

Date/Time Tran at 11:36:18 December 24, 2015
 Trigger Source Geo: 1.000 mm/s, Mic: 105.0 dB(L)
 Range Geo: 254.0 mm/s
 Record Time 5.0 sec at 1024 sps
 Job Number: 1

Serial Number BE21903 V 10.72-1.1 Minimate Blaster
 Battery Level 6.1 Volts
 Unit Calibration December 19, 2014 by InstanTel
 File Name W903G60Q.W10

Notes

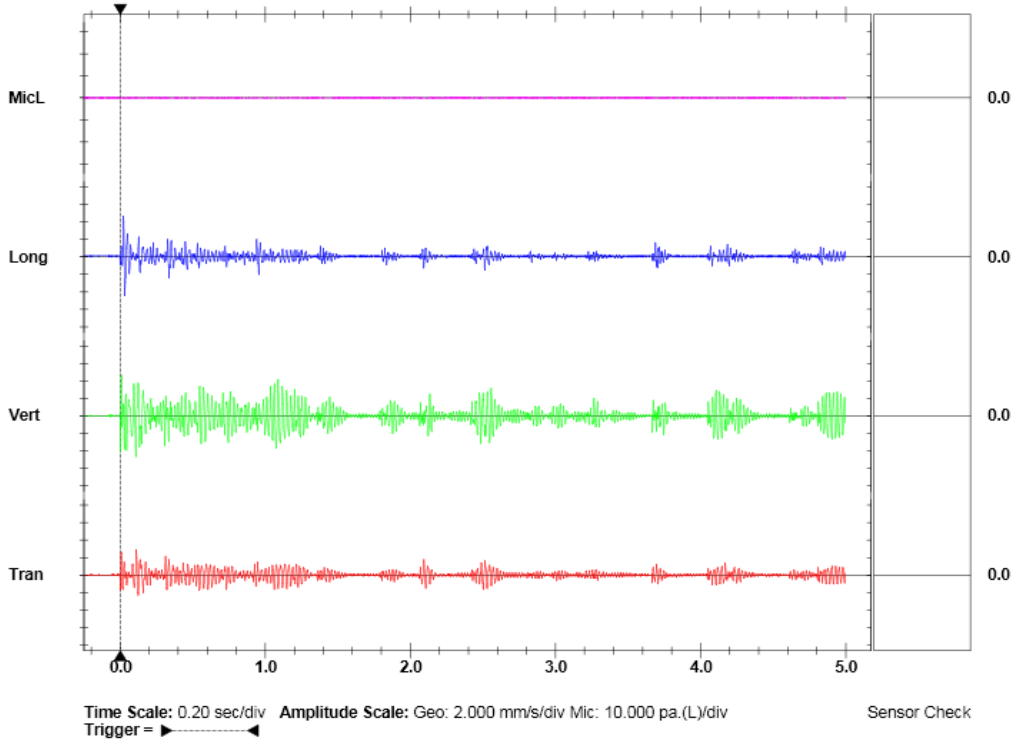
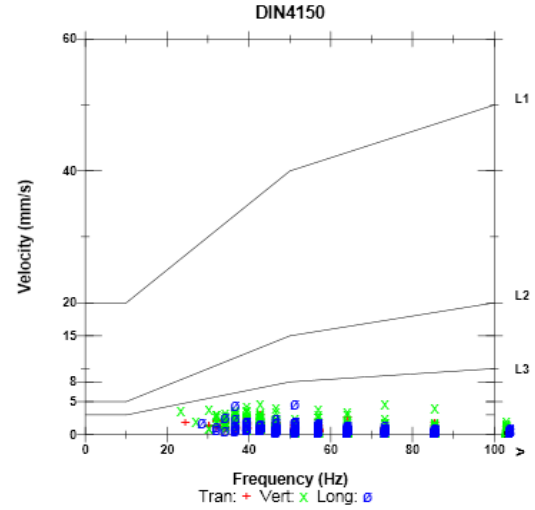
Location:
 Client:
 User Name:
 General:

Extended Notes

Microphone Linear Weighting
 PSPL <88 dB(L) <0.500 pa.(L)
 ZC Freq >100 Hz
 Channel Test Disabled

	Tran	Vert	Long	
PPV	2.921	4.699	4.699	mm/s
ZC Freq	43	73	51	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.111	0.008	0.023	sec
Peak Acceleration	0.106	0.225	0.186	g
Peak Displacement	0.010	0.021	0.019	mm
Sensor Check	Disabled	Disabled	Disabled	
Frequency	***	***	***	Hz
Overswing Ratio	***	***	***	

Peak Vector Sum 5.379 mm/s at 0.008 sec
 N/A: Not Applicable



Printed: December 26, 2016 (V 10.72 - 10.72)

Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Şekil 2.11. InstanTel marka cihazın DIN 4150 Normuna göre düzenlenmiş cihaz çıktısı

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. TİTREŞİM VE HAVA ŞOKU ÖLÇÜM CİHAZLARI

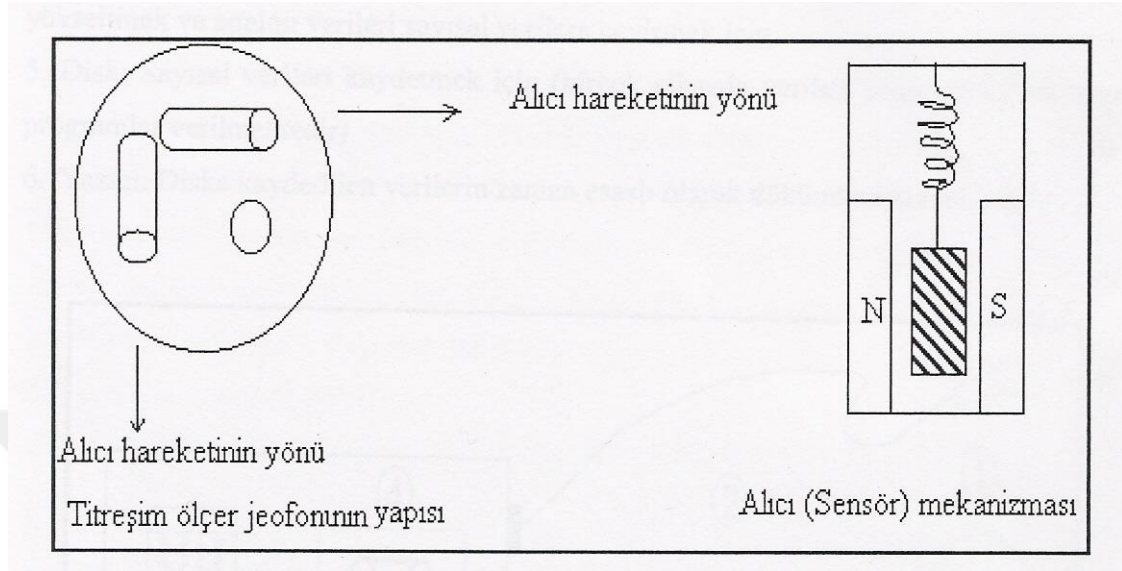
Maden faaliyetleri, inşaat projeleri, taş ocağı işletmeciliği, kanal projeleri gibi değişik sektörlerde patlayıcı madde kullanılması değişik çevre sorunlarını da meydana getirmektedir. Sorun bulunması ve çözülmesinde birinci adımlardan biride, patlamada oluşan titreşimin ve hava şokunun ölçülmesidir. Patlama kaynaklı titreşim ve hava şoku izleme için günümüzde çeşitli marka cihazlar mevcuttur. Cihazlar temelinde aynı şeyi ifade eder, sismik dalgayı yatay, düşey ve direk gelen şeklinde üç boyutta kaydeder ve gürültü yani hava şokunu da ölçer.

Titreşim makinelerin birincil koşulu dünya üzerindeki yer kabuğunda oluşan titreşimleri kaydetmektir.. Aslında bir kayıt alıcı ve kayıt ediciyi kapsayan temelinde sismograf mantığı bulunmaktadır. Alıcı üç ana birimden oluşur. Bu birimlerin hepsine birbirine dik şekilde konuşturulmuştur. Bu alıcılardan ikisi yatay düzlemde birbirine dik vaziyette dururken diğer alıcıda bu yatay düzleme dik düşey düzlemde bulunur. Alıcılar kendi eksenleri doğrultusunda kayıt alır. Yerin titreşimi hakkında kayıt alabilmek sensörlerin üç ekseninde de kayıt alması gereklidir.

Sismik enerji sensörü alıcısı elektrik enerjisini elektromanyetik enerjiye çevirmektedir. Sismik enerjisi alıcısında bobin bulunmaktadır. Bir mıknatıs bulunmaktadır ve bu mıknatısta sismik enerjisi alıcısı kutusuna sabittir, ancak manyetik alanda asılı duran bobin şeklinde bir yayın hareketi izlenmektedir. Bobinin hareketi yer sarsıntısına bağlı olarak elektrik enerjisi çıkarmaktadır. Bobin yavaş hareket ederse düşük voltaj çıkarır, hızlı hareket ederse yüksek voltaj çıkarır. Yer sallanmaya çalışacak bobin ise sabit şekilde durmaya çalışacaktır, sonundada elektrik voltajı ortaya çıkacaktır. Şekil 3.1.'de sismik enerji sensörü alıcısı şema olarak resmedilmiştir (Konya ve Walter, 1991).

Verilerin kaydedilmesini sağlayan kayıt cihazı, alıcı reseptörlerin (sensor) dökümünden voltajı alıp tekrar değerlendirerek titreşim değişimine çevirir ve yer sallantısının görünür

(görsel) bir kaydı yapar. Karşılıklı üç ana birimden oluşan alıcı her bir alıcı birim için kayıt üzerinde üç iz bırakır. Yapılan kayıt analizlerde ve çözümlenelerde uygun durumda bulunur.



Şekil 3.1. Sismik Enerji Sensörü Alıcısı 'Jeofon Yapısı' (Konya ve Walter, 1991)

Sismik enerji sensörü alıcısı galvanometre aracıyla hareket ederken çıkan voltajı değiştirecektir. Sismik enerji sensörü alıcısı elektrik üretildiğinde, galvanometre bobinin hareketine neden olan bir akım geçirecektir ve bu da elektrik devresinden geçecektir. Elektrikte oluşan enerjide bu işleme karşı koyar ve bu da sürecin genişlemesine yol açacaktır. Sismik enerji sensörü alıcısı ölçüğü verileri bir kayıta gösterir. Bu yapılan değişimlerde bir kağıt, digital yada ısı kaydı olarak alınır (Konya ve Walter, 1991).

3.1.1. Titreşim Kaydı Örneği ve Hava Şoku Cihazı ve Teknik Özellikleri

Titreşim ve patlatmada çıkan gürültüyü ortaya çıkarabilme adına teknik olarak incelenebilmesi için Instantel marka Mini Mate Plus titreşim ve patlatma kaynaklı hava şoku kayıt cihazı patlatma işi için tasarlanmış cihazlardan biridir. Titreşim ve hava şoku kaydeder cihaz ve patlatma kaynaklı hava şoku takip etme cihazı, boyuna, enine ve doğrudan gelen şeklinde 3 alıcı ve mikrofon ve diğer kısımları bulunmaktadır. Ölçümler; süre boyutunda gürültü yani hava şoku, genlik, frekans, ivme ile birlikte parçacık hızı bileşenlerini üç boyutuyla birlikte yani enine boyuna ve doğrudan gelen titreşimler şeklinde kayıt etmektedir. Kaydedilen olaylar bilgisayar ortamına aktarılmaktadır (Kahrıman, 2003).

Titreşim ölçer cihaz patlatma çalışmasını anlık veya ortamı sürekli kaydederek ölçüm alabilir. Titreşimlerin süresine bağlı olarak 30 ile 250 arasında değişen ölçümler yapabilir. Titreşim ölçer cihazın ölçüm limitleri patlatma için 0.005-9.999 inç/sn ve hava şoku içinde 100 - 142 db. Seviyelerinde olabilir. Değerler ayarlanabilir. Ölçüm sonuçları bilgisayara kaydedilebilir ardından o kayıtlar Patlayıcı Mühendisleri ve bu alanla ilgilenen uzmanlar tarafından yorumlanabilir.

Şekil 3.2.'te İntantel Mini Mate Plus model titreşim ve hava şoku ölçüm cihazına genel bir kayıt örneği bulunmaktadır. Kayıt çıktısından da çıkarım yapılacağı üzere patlatma esnasında ölçülen değerlerin kendi bünyesindeki veri düzenleme formuna göre ayıklayıp çeşitli formlarda da gösterebilme yeteneğine sahiptir. İstenirse bu normlar değiştirilip kullanıcının seçtiği formla çıktı alınabilir.



Event Report

Date/Time Long at 13:05:44 December 27, 2016
 Trigger Source Geo: 1.000 mm/s, Mic: 125.0 dB(L)
 Range Geo: 254.0 mm/s
 Record Time 5.0 sec at 4098 sps

Serial Number BE14577 V 10.72-1.1 Minimate Blaster
 Battery Level 6.1 Volts
 Unit Calibration April 15, 2015 by Instantel
 File Name P577GP07.1K0

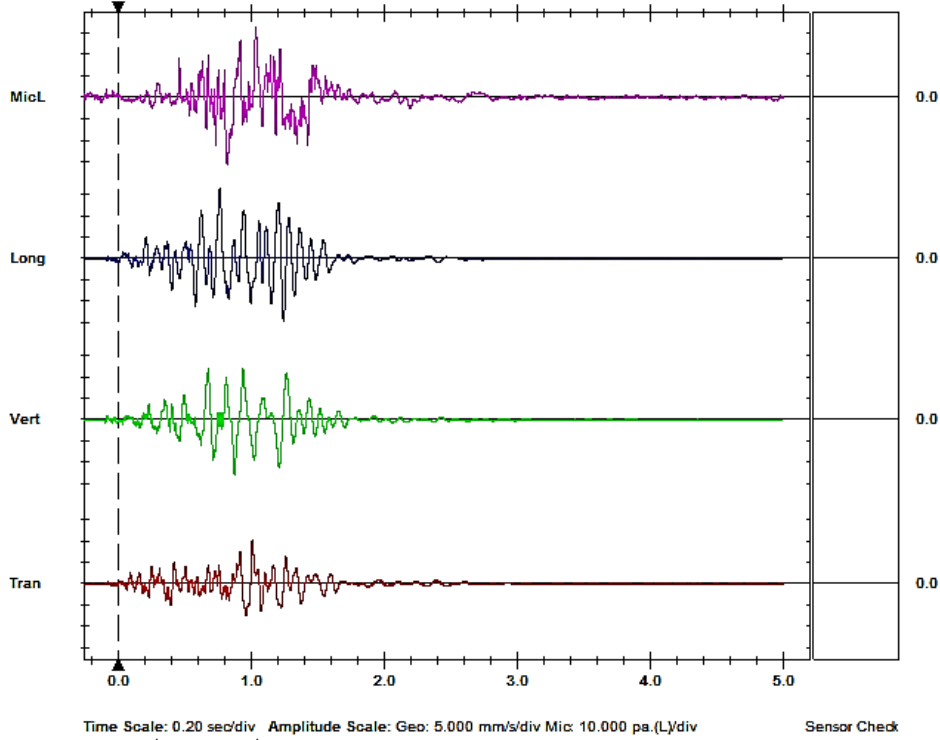
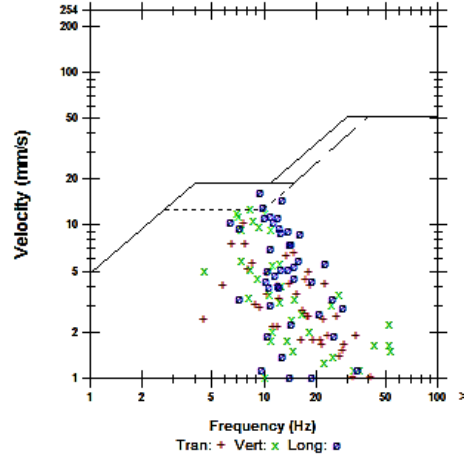
Notes

Microphone Linear Weighting
 PSPL 124.2 dB(L) 32.25 pa.(L) at 1.036 sec
 ZC Freq 9.6 Hz
 Channel Test Disabled

	Tran	Vert	Long	
PPV	10.41	12.95	16.38	mm/s
ZC Freq	7.6	8.3	9.5	Hz
Time (Rel. to Trig)	1.011	0.878	0.786	sec
Peak Acceleration	0.159	0.159	0.212	g
Peak Displacement	0.159	0.211	0.243	mm
Sensor Check	Disabled	Disabled	Disabled	
Frequency	---	---	---	Hz
Overswing Ratio	---	---	---	

Peak Vector Sum 17.81 mm/s at 1.210 sec

USBM R18507 And OSMRE



Printed: January 25, 2017 (V 10.72 - 10.72)

Format © 1995-2014 Xmark Corporation

Şekil 3.2. USBM Normuna Göre Düzenlenmiş Titreşim Ölçer Cihaz Çıktısı

3.2. ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM

Bu yüksek lisans tezi kapsamında, Sarıdağlar İnşaat'ın yüklenicisi bulunduğu “İstanbul İli, Üsküdar İlçesi, Bulgurlu Mahallesi, 183 Pafta, 31 Ada, 1 Parselde Küçük Çamlıca Tv – Radyo Kulesi Projesi” işi kapsamında yapılan patlatmalı temel kazılarında uygulanan delme-patlatma modelleri, patlatma esnasında oluşan titreşimlere ait cihaz kayıtları, atım sonrası elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmalar esnasında patlatmalı kazı çalışmalarının bir kısmına katılarak, titreşim kayıtları yazar tarafından alınmıştır. Çalışmaya iştirak edilemeyen atımlara ait veriler, söz konusu proje için Kahriman ve arkadaşları tarafından, ilgili saha için hazırlanan titreşim ölçümlerine dayalı değerlendirme raporlarından alınmıştır.

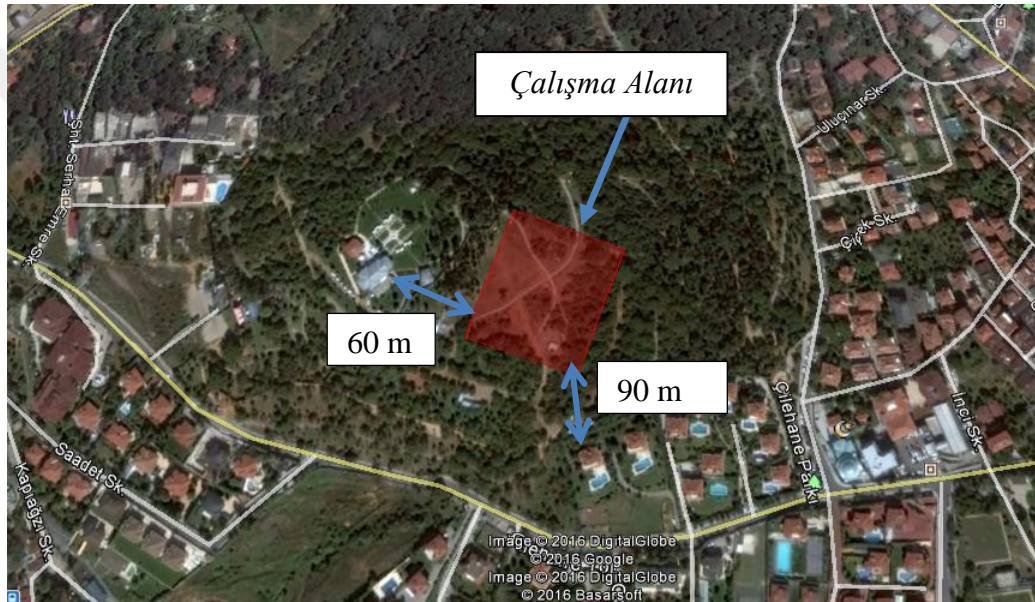
Çalışma başlangıcında, titreşim analizine dayalı risk analizi yapılarak delme-patlatma başlangıç modeli oluşturulmuştur. Daha sonra bu modele ait parametreler üzerinde değişiklik yapılarak optimum delme-patlatma modeline ulaşılması amaçlanmıştır.

Delme-patlatma modeli üzerinde değişiklikler yapılırken, patlatmalı kaynaklı titreşimler dikkate alınarak değişiklikler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca; çalışılan temel kazı inşaatındaki patlatmalı kazı nedeniyle atım lokasyonlarını çevreleyen yapılar ile kazı alanında yapılan ya da yapılacak zemin güçlendirme elemanları (ankraj, fore kazık vb.) başta olmak üzere daha uzak mesafelerde yer alan çevredeki yapılarda da oluşabilecek hasarlara yönelik risk analizi de yapılmıştır. Analizde mümkün olan en uygun parametreler kullanılarak en olumsuz durumda oluşabilecek sarsıntı etkilerinin kabul edilebilir olup olmadığı tahkik edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. ÇALIŞMA SAHASININ YERİ VE TANITIMI

Proje, İstanbul İli Üsküdar İlçesi Bulgurlu Mahallesi 183 Pafta, 31 Ada, 1 Parselde, Küçük Çamlıca Tepesi olarak adlandırılan bölge içerisinde yer almaktadır. Proje alanına ait uydu görüntüsü Şekil 4.1’de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Çalışma Alanına Ait Uydu Görüntüsü (Google Earth)

Söz konusu proje kapsamında, arazinin topoğrafyasına bağlı olarak 24 m ila 30 m derinliğe kadar kazı yapılması amaçlanmıştır. Toplamda kazılması planlanan toplam hafriyat miktarı 91.000 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu miktarın, 6.500 m³ lük kısmı iş makinaları vasıtasıyla, 84.500 m³ lük kısmı ise patlatmalı kazı ile üretilmesi planlanmıştır. Üretilen malzemenin sanayide kullanılmak üzere işlenerek değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple; parça boyutunun çok iri olmaması istenilmiştir. Delme-patlatma parametreleri oluşturulurken bu konuda dikkate alınmıştır.

4.2. BÖLGENİN GENEL JEOLJİSİ

İnceleme alanında ağırlıklı olarak izlenen litoloji, birimin karakteristik özelliklerine benzer şekilde; gri – açık gri, krem-bej renkli, genellikle çok çatlaklı - yer yer parçalı, yer yer az-orta çatlaklı seviyeler içeren, çatlakları kahverengi ve yer yer kil sıvamalı, bazen zemin dolgulu, orta-nadiren az ayrıışmış, çok nadir zayıf dayanımlı seviyeler içeren, genellikle sağlam kuvarsitlerdir. Sondajların tümünde aynı kaya gözlemlenmiş ve hepsi kuvarsitler içinde sonlandırılmışlardır. Alanın tamamında, birimin üzerinde, çok ince bitkisel toprakla birlikte izlenen, kahverengi, çakıllı, kumlu kil / killi, kumlu çakıl niteliğindeki zeminlerden oluşan yapay dolgu bulunmaktadır. Dolgu kalınlığı 0,50 – 1,30 m aralığında değişmektedir. Sondajlardan alınan kaya numuneleri üzerinde laboratuvarında yapılan tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yükleme deneyleri sonuçlarından elde edilen dayanım değerlerine göre; kuvarsitler “orta sağlam - sağlam” kaya niteliğindedir. Kuvarsitlerden alınan RQD değerleri %12 - 31 arasında değişmekle birlikte; yalnızca S-1 sondajında 13,50 m ye kadar RQD değeri 0’dır. Sondajlardan S-1’de 34 m, S-4’de 35 m derinlikte yeraltı suyuna rastlanmıştır. S-2 sondajında ise 6 m derinlikte tünük yeraltı suyu gözlemlenmiş, periyodik ölçümlerde su seviyesinin değişmediği görülmüştür. Ancak bu seviyelerin, gerçek yeraltı suyu tablasını temsil etmediği, yüzeysel sızıntılardan beslendiği düşünülmektedir. Özellikle inceleme alanının morfolojisi nedeniyle yeraltı suyu varlığı beklenmemektedir. Kazı sırasında çok az miktarda sızıntı ile karşılaşılması mümkündür. Aydos Formasyonu (Af) ‘na ait Kıltaşı-Kumtaşı, Kuvarsit ardalanması geçilmektedir.

Aydos Formasyonu (Af)

İstanbul Gurubu'nun ilk birimi olan Kurtköy Formasyonu üzerine yaygın olarak Aydos tepesi, Kayış dağı, Yakacık, Çamlıcalar, Kurtköy ve Beykoz çevresinde genelde pembe-boz renkli kuvars arenitten yapılmış bir istif izlenir. Bu istif önceki çalışmalarda esas kuvarsit horizonu, orta kuvarsit formasyonu, Ayazma tabakaları, Aydos kuvars arenit birimi, Kuvarsit gibi isimler altında incelenmiştir. Bu adlamalar litostratigrafi birim adlama kurallarına uymadığı için bu istif Önalın (1982) tarafından "Aydos Formasyonu" olarak yeniden formasyon mertebesinde adlanmıştır. Bu formasyon, Kurtköy Formasyonu'nun ince taneli taşma ovası yada alüvyal düzlük çökelleri üzerinde ince-orta tabakalı, boz renkli, küçük ölçekli çapraz tabakalı şeyl yada siltaşı ara tabakalı kuvars arenitlerle başlar. Bu kesim Önalın (1982) tarafından "Kıvalıda Üyesi" olarak

ayrıtlanmıştır. Bu fasiyes içinde gelgit düzlükleri için karakteristik balık kılıçığı çapraz tabakalanması yaygındır. Bu birim üzerine krem-pembe bej renkli, kalın-çok kalın tabakalı ve büyük ölçekli çapraz tabakalı, feldispatça zengin kuvars arenitler gelir. Bunlarda yine Önalın (1982) tarafından "Orhantepe Üyesi" olarak ayrıtlanmıştır. Bunlar üzerine pembe-mor alacalı renkli, yerel kuvars çakıltaşı mercekli, dalgalı paralel laminalı veya küçük-büyük ölçekli tekne tipi çapraz tabakalı kuvars arenitler (Büyükada Üyesi; Önalın, 1982) gelir ve birim en üstte beyaz renkli, orta kalın tabakalı yer yer şeyl arakatkılı ve çapraz tabakalanmalı kuvars arenitlerle (Kayışdağı Üyesi; Önalın, 1982) sona erer. Petrografik açıdan %95 ya da daha fazla oranda kuvars tanelerinden yapılmıştır. Ayrıca %1 oranında mika, %1 oranında opak ve ağır mineraller, %1-2 oranında çört ve %1' den az ayrışmış feldspat taneleri de mevcuttur.

Basınç erimeleri nedeniyle tane sınırları çoğunlukla ilksel durumlarını kaybetmiş ve bir mozaik doku oluşturacak şekilde birbirleriyle kenetlenmişlerdir. Ayrıca silis çimento gelişmesi sonucu litoloji çok sert ve dayanımlı kaya haline gelmiştir. Maksimum kalınlığı 300-310 m. olan Aydos Formasyonu'nun genelde geometrisi örtü şeklindedir. Kurtköy ve üstteki Gözdağ Formasyonları'yla sınırları tedrici geçişlidir. Orta Ordovisiyen-Landoveriyen yaşlı Gözdağ Formasyonu'nun uyumlu olarak altında bulunması nedeniyle Formasyon Orta Ordovisiyen yaşlı olmalıdır. (Kahriman vd., 2015)

4.3. PATLATMALI TEMEL KAZISI ÖN HAZIRLIKLARI

Çalışma kapsamında, proje kapsamında patlayıcı ile kazılacak yaklaşık 84.500 m³'lük kayanın üretimi için bölge ve jeolojik şartlara göre en uygun delme-patlatma modeli oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, çalışma sahasına yakın mesafelerde yer alan yapıların (Su Köşkü ve diğer çevre yapılar) konumları, patlatma noktalarına olan en yakın mesafeleri tespit edilmiştir. Buna göre, çalışma sahasına en yakın yapılar ortalama 60 m mesafelerde başlamaktadır. Bu durum göz önünde tutularak, patlatma çalışması yapılması halinde oluşacak titreşimlerin yapılar üzerinde etkisi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla; literatür taraması yapılarak, çalışma sahası ile benzer jeolojik özellik gösteren kaya yapılarından elde edilen titreşim yayılım eşitlikleri incelenmiştir. Sonuç olarak, hem kaya birimlerinin benzerliği hem de proje sahasına yakın konumda olması nedeniyle; Adıgüzel ve arkadaşlarının 2007 yılında Kadıköy-Kartal Metrosu

patlatmalı kazıları esnasında kumtaşı birimlerinden elde etmiş oldukları titreşim yayılım denklemi risk analizinde kullanılmıştır. Söz konusu eşitlik denklem 4.1’de verilmiştir.

$$PPV=302*SD^{-0,96} \quad (4.1.)$$

Denklem 4.1. kullanılarak söz konusu temel kazısı inşaatında yapılacak patlatmalı kazı çalışmalarından kaynaklanacak olan titreşimlerin, yapılacak atımlarda sahanın yakın, uzak ve ortalama mesafelerinde gecikme başına kullanılacak en yüksek patlayıcı madde miktarları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma alanında hakim olan kaya birimi yapısı itibariyle yüksek frekanslı sismik dalga ihtiva etse de, özellikle risk noktası yapılara yaklaşılacak atımlarda (5-25 m), çevre yapılara en az etkiyi sağlamak için düşük frekans hasar limit olan 19 mm/s lik eşik hasar limiti göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılmıştır. Buna göre, bu yaklaşımlarla (Denklem 4.1.) çeşitli mesafelerde, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği eşik hasar limiti olan; düşük frekanslar (<40 Hz) için 19 mm/s sınır değerinin aşılmaması için kullanılacak gecikme başına en fazla şarj miktarları tahmini Tablo 4.1.’de de görüldüğü üzere mesafenin fonksiyonu olarak değişmektedir.

Tablo 4.1. Temel kazısı için mesafenin fonksiyonu olarak gecikme başına kullanılabilir en fazla şarj miktarları.

Mesafe (m)	T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (mm/s)	Kumtaşı Birimlerinde Gecikme Başına Kullanılabilir Patlayıcı Madde Miktarı (kg) $PPV=302*SD^{-0,96}$
5	19	0,07
10		0,3
15		0,7
20		1,2
25		1,9
30		2,8
35		3,8
40		5
50		7,8
60		11,3
70		15,4
80		20,1
90		25,4
100		31,4

Tablo 4.1. de verilen, eşik hasar limit değerini aşmadan mesafeye bağlı olarak kullanılabilir gecikme başına düşen patlayıcı miktarları dikkate alındığında, bu çalışmada olağan basamak patlatması modellerinin kullanımının, çevresel riskler nedeniyle mümkün olmadığı görülmektedir. Bu nedenle, çalışmada; Karakuş'un 2012 yılında yapmış olduğu "Yerleşim birimlerinde yapılacak temel kazılarında mini basamak patlatma sisteminin uygulanabilirliği" başlıklı çalışmasında belirtilen mini basamak modelinin uygulanması planlanmıştır. Mini basamak patlatma yönteminde kullanılabilir tasarım parametreleri Tablo 4.2. de verilmiştir.

Tablo 4.2. Mini basamak patlatma ön tasarım modelleri.

Basamak yüksekliği	K (m)	1		2		3		4		5	
Delik çapı	d (mm)	64	76	64	76	64	76	64	76	64	76
Delik Uzunluğu	H (m)	1,4	1,6	2,7	2,7	3,8	3,8	5,0	5,0	6,2	6,2
Dilim Kalınlığı	B (m)	0,8	1,1	1,3	1,3	1,6	1,7	2,0	2,0	2,25	2,25
Deliklerarası Mesafe	S (m)	1	1,3	1,6	1,6	2	2	2,5	2,5	2,6	2,6
Sıkılama	h_0 (m)	1,1	1,2	1,3	1,3	1,6	1,7	2,0	2,0	2,25	2,25
Şarj Yoğunluğu	l_b (kg/m)	2,5	3,6	2,5	3,6	2,5	3,6	2,5	3,6	2,5	3,6
Şarj Miktarı	Q (kg)	0,75	1,44	3,5	5,04	5,5	7,56	7,5	10,8	9,88	14,22
Özgül Delme	b (m/m^3)	1,75	1,12	0,65	0,65	0,40	0,37	0,25	0,25	0,21	0,21
Özgül Şarj	q (kg/m^3)	0,94	1,01	0,84	1,21	0,57	0,74	0,38	0,54	0,34	0,49

Tablo 4.2. de verilen tablodan, yapılan risk analizine ve çalışma sahasının konumu dikkate alınarak, risk noktalarına; 50-60 m. yaklaşılması gereken durumlarda 3 m. lik basamak yüksekliği ve 76 mm lik delik çapına sahip modelin uygulanması, risk noktalarına 60 m den daha uzak noktalarda ise 4 m lik basamak yüksekliğine sahip 76 mm lik delik çapına sahip modelin uygulanması ön görülmüştür. Fakat, modellere uygun; delici ekipman ve patlayıcı temini ile ilgili yüklenici firmanın yaşadığı sorunlardan dolayı 89 mm lik delik çapı tercih edilmek zorunda kalınmıştır. Delik çapının değişmesine rağmen gecikme başına düşen patlayıcı miktarları ile dilim kalınlığı ve delikler arası mesafeler değiştirilmemiştir. Sıkılama payı gibi delik çapına bağlı olarak değişebilecek parametreler ise revize edilmiştir. Uygulamalarda; anaşarj olarak, deliğin su durumuna bağlı, ANFO yada Heavy ANFO; yemleme olarak, emülsiyon tipi kapsüle duyarlı patlayıcı; elektriksiz kapsül ve sisteme ilk ateşlemeyi verebilmek için elektrikli kapsül kullanılmıştır. Basamak patlatması başlangıç parametreleri Tablo 4.3. de verilmiştir.

Tablo 4.3. Basamak patlatması başlangıç parametreleri

Basamak yüksekliği	K (m)	4
Delik çapı	d (mm)	89
Delik Uzunluğu	H (m)	5
Dilim Kalınlığı	B (m)	2-2,5
Deliklerarası Mesafe	S (m)	2,5
Sıkılama	h_0 (m)	3,2-4
Şarj Yoğunluğu	l_b (kg/m)	5
Şarj Miktarı	Q (kg)	5-9

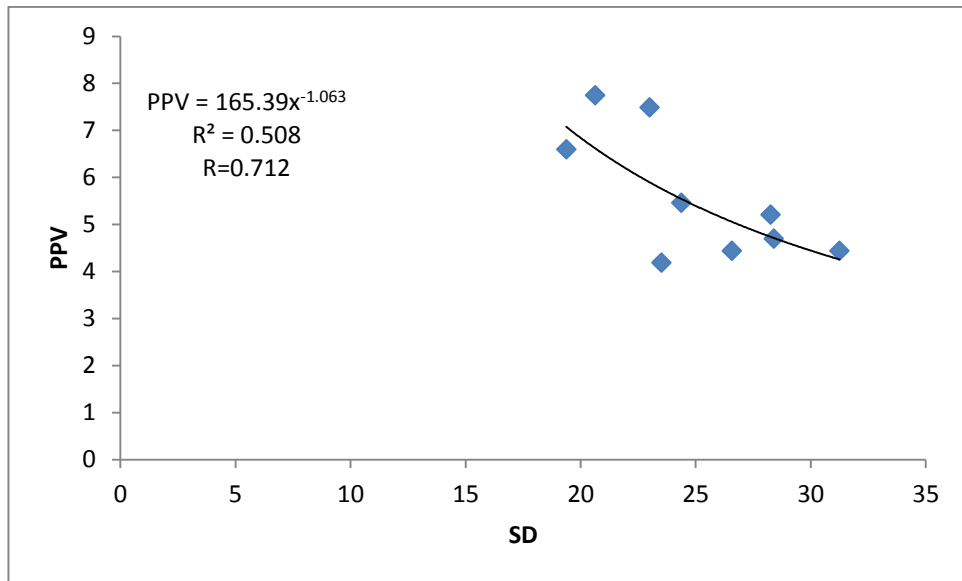
4.4. ARAZİ ÖLÇÜMLERİ

İlk patlatma çalışması 27.01.2016 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Bu tarihten itibaren 23.02.2016 tarihine kadar 9 adet atım yapılmıştır. Bu atımlarda 89 mm'lik delik çapına ve 4 metrelik basamak yüksekliğine sahip tasarım uygulanmıştır. Bu atımlar sonucunda elde edilen titreşim değerleri toplu olarak Tablo 4.4. de verilmiştir.

Tablo 4.4. Yapılan ilk 9 atıma ait titreşim kayıtları

Atım No	Tarih	Saat	Max. Parçacık Hızı (PPV) (mm/s)	Frekans f (Hz)	Hava Şoku (dB)	Toplam Şarj (kg)	Gecikme Başına Toplam Şarj (W) (kg)	Mesafe (R) (m)	Ölçekli Mesafe (SD)	İstasyon No
1	27.01.2016	15:01	5,46	26	100	200	6,6	62,64	24,38	20216
2	28.01.2016	15:18	6,6	13	100	180	6	47,47	19,38	20216
3	2.02.2016	14:05	7,75	12	100	260	8,6	60,5	20,63	20216
4	5.02.2016	13:37	4,7	28	100	340	8,5	82,81	28,40	20216
5	8.02.2016	13:53	4,44	14	100	310	8,85	92,97	31,25	20216
6	9.02.2016	13:08	5,21	11	100	260	8,67	83,2	28,26	20216
7	16.02.2016	14:47	7,49	13	100	340	8,5	67,07	23,00	20216
8	22.02.2016	13:57	4,44	16	100	240	8	75,19	26,58	20216
9	23.02.2016	14:12	4,19	19	100	260	8,67	69,26	23,52	20216

Yapılan 9 atımda kayıt edilen maksimum parçacık hızı (PPV) değerleri ile ölçekli mesafe (SD) değerleri ilişkilendirilerek sahaya ait titreşim yayılım trendi elde edilmeye çalışılmıştır. Buradaki amaç, sahanın yapısına bağlı titreşim yayılımı hakkında fikir sahibi olmaktır. Bu doğrultuda PPV ve SD değerleri ile gerçekleştirilen regresyon analizi yapılmıştır. Analize ait eğilim grafiği Şekil 4.2. de verilmiştir.



Şekil 4.2. İlk atımlara ait PPV-SD ilişkisi

Regresyon analizi sonucunda elde edilen eşitlik ise Denklem 4.2. verilmiştir.

$$PPV=165 \times SD^{-1.063} \quad (4.2.)$$

İstatistiksel olarak, regresyon analizi için en az 30 adet veri gerekmektedir. Fakat 9 adet veri ile elde edilen analiz en doğru sonuçları vermese de, en azından bir yaklaşım olarak kullanılması açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle elde edilen denklem kullanılarak (Denklem 4.2.); eşik hasar limitini aşmadan, mesafeye göre gecikme başına kullanılabilir maksimum patlayıcı miktarları tekrar değerlendirilmiştir. Hesaplanan miktarlar Tablo 4.5. de verilmiştir.



Tablo 4.5. Çalışma sahasında yapılan atımlardan elde edilen PPV tahmin denklemine (Denklem 4.2.) göre mesafenin fonksiyonu olarak gecikme başına kullanılabilir en fazla şarj miktarları.

Mesafe (m)	T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (mm/s)	(Denklem 4.2.) $PPV=165,39*SD^{-1,063}$
5	19	0.43
10		1.71
15		3.84
20		6.82
25		10.66
30		15.35
35		20.89
40		27.29
50		42.64
60		61.40
70		83.57
80		109.16
90		138.15
100		170.56

Tablo 4.2. ile Tablo 4.3. de verilen aynı mesafelere ait kullanılabilir patlayıcı miktarları karşılaştırıldığında, Tablo 4.5. de verilen değerlerde artış olduğu görülmektedir. Bunun anlamı, tez kapsamında çalışma yapılan arazinin, patlatma kaynaklı titreşimleri daha çabuk sönümlendiğidir.

Patlatma noktaları ile risk unsuru yapılar arasındaki mesafe ortalama olarak 50 m. olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.5. de verilen gecikme başına düşen maksimum patlayıcı miktarlarına bakıldığında, 19 mm/s lik eşik hasar limitini aşmamak için, 50 m. mesafede kullanılabilir gecikme başına düşen patlayıcı miktarı 42.64 kg gibi yüksek bir değerdir. Gerek elde edilen denklemin sınırlı sayıda veri ile elde edilmiş olması nedeniyle tam olarak güvenilir olmaması, gerekse çevre yapılarına ulaşacak titreşim değerlerinin minimum seviyelerde tutulmak istenmesi nedeniyle, 19mm/s olan eşik hasar limiti yerine 10 mm/s lik titreşim değeri sınır değer olarak düşünülmüştür. Bu nedenle Denklem 4.2. kullanılarak 50 m. mesafede 10 mm/s lik PPV değerini elde etmek için kullanılabilir maksimum patlayıcı miktarı hesaplanarak Tablo 4.6. da verilmiştir.

Tablo 4.6. Çalışma sahasında yapılan atımlardan elde edilen PPV tahmin denklemine (Denklem 4.2.) göre risk unsuru yapılar dikkate alınarak mesafenin fonksiyonu olarak gecikme başına kullanılabilen en fazla şarj miktarları.

Mesafe (m)	Eşik titreşim limiti (mm/s)	Gecikme Başına Kullanılacak Patlayıcı Miktarı (kg)
50	10	12,75
60	10	18,35

Tablo 4.6. da yer alan değerler incelendiğinde risk unsuru yapılara 50 m. yaklaşılması durumunda kullanılacak patlayıcı miktarı 12.75 kg iken, risk unsuru yapılardan 60 m. uzakta olunması durumunda 18.35 kg gecikme başına patlayıcı madde şarj edilebilecektir.

Bu değerler ışığında, patlatma modeli tekrar oluşturulmuştur. Tedarik edilen delici ve patlayıcı malzemeler dikkate alınarak, ayrıca yapılan atımlardaki parçalanma boyutu da göz önünde tutularak Tablo 4.7. de verilen patlatma modeli oluşturulmuştur. Model oluşturulurken, risk unsuru yapılara; 50-60 m. aralığında yaklaşılması gereken durumlarda 4 m. lik basamak yüksekliğe sahip modelin uygulanması, risk noktalarına 60 m den daha uzak noktalarda ise 5 m lik basamak yüksekliğine modelin uygulanması ön görülmüştür. Titreşim açısından güvenli alanda kalmak adına; 4 m lik basamak yüksekliği için gecikme başına düşen şarj miktarı 10 kg., 5 m lik basamak yüksekliği için gecikme başına düşen şarj miktarı 14 kg. ile sınırlandırılmıştır.

Tablo 4.7. Çalışma sahasında yapılan atımlardan elde edilen sonuçlara göre oluşturulan delme-patlatma modeli

Basamak yüksekliği	K (m)	4	5
Delik çapı	d (mm)	89	89
Delik Uzunluğu	H (m)	5,5	6,5
Dilim Kalınlığı	B (m)	2,5	3
Deliklerarası Mesafe	S (m)	2,75	3,5
Sıkılama	h_0 (m)	4	3,7
Şarj Yoğunluğu	l_b (kg/m)	5	5
Şarj Miktarı	Q (kg)	10	14
Özgül Delme	b (m/m^3)	0,2	0,12
Özgül Şarj	q (kg/m^3)	0,36	0,26

23.02.2016 tarihinden sonra gerçekleştirilen atımlar, risk unsuru yapıların mesafeleri göz önünde bulundurularak, Tablo 4.7. de belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

4.4. ARAZİ ÖLÇÜMLERİ

Çalışma kapsamında, 27.01.2016 ile 30.05.2016 tarihleri arasında gerçekleştirilen 32 adet atım takip edilmiştir. Bu atımlara ait 32 adet titreşim verisi titreşim ölçer cihazlar vasıtasıyla, parçacık hızı bileşenleri ölçekli mesafe unsurlarıyla birlikte kayıt edilmiştir. Çalışma süresinde gerçekleştirilen tüm atımlara ait bilgiler Ek-1 de Tablo halinde verilmiştir.

Proje alanı çevresinde, atım yapılan noktaya en yakın risk noktası yapının yakınına oluşturulan istasyon noktalarından elde edilen titreşim verilerinin incelenerek, patlatmaların risk noktası yapılarda oluşturduğu etkinin belirlenmesi ve zemin parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

4.5. ÖLÇÜM SONUÇLARI

Çalışma sahasında, proje süresince 32 adet atım gerçekleştirilmiştir. Bu atımlara ait 32 olay ve bu olaylara ait ölçekli mesafe unsurları kayıt edilmiştir. Proje boyunca patlatmalı kazı çalışmalarının bir kısmına katılarak, titreşim kayıtları yazar tarafından alınmıştır. Çalışmaya iştirak edilemeyen atımlara ait veriler, söz konusu proje için

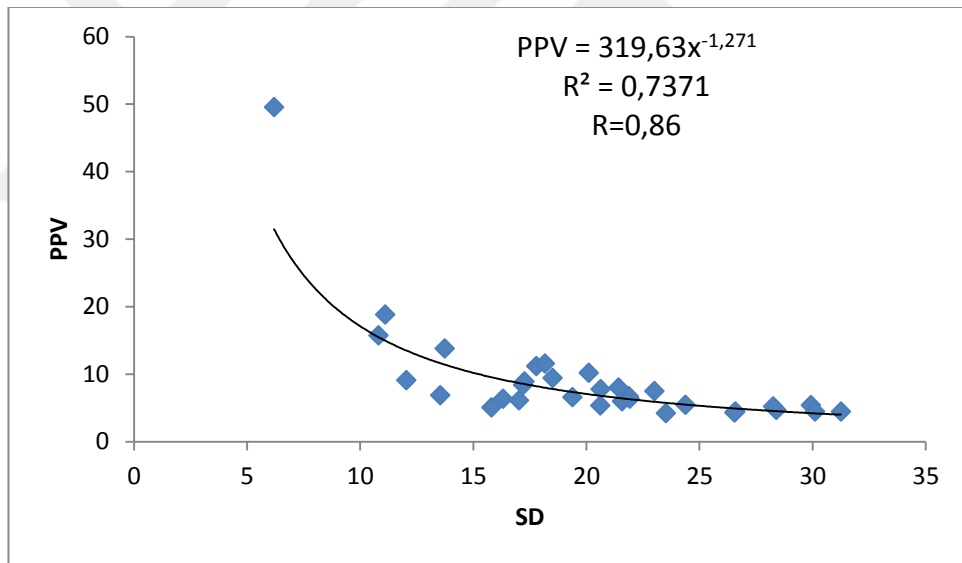
Kahrıman ve arkadaşları tarafından, ilgili saha için hazırlanan titreşim ölçümlerine dayalı değerlendirme raporlarından alınmıştır.

4.6. ÖLÇÜMLERİN İSTATİKSEL ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Proje süresince 32 atımda 32 adet titreşim kayıt edilmiştir. Proje süresince her atımda, kalibrasyonu güncel titreşim ölçer cihaz, atım noktası ile risk unsuru yapı arasına, risk unsuru yapının yakınına tesis edilmiştir.

Elde edilen PPV ve SD değerleri birbirleri ile ilişkilendirilerek çoklu regresyon yöntemi ile istatistiksel analize tabi tutularak çalışma sahasının titreşim yayılımına yönelik arazi katsayıları belirlenmiştir.

PPV-SD değerlerinin ilişki grafiği Şekil 4.3. de verilmiştir.



Şekil 4.3. Çalışma kapsamında yapılan tüm atımlara ait PPV-SD ilişkisi

Yapılan regresyon analizi sonucunda, tez kapsamında çalışan araziye yönelik olarak, Aydos Formasyonuna ait Kumtaşı-Kuvarsit birimlerine ait titreşim yayılım eşitliği Denklem 4.3. de verilmiştir.

$$PPV=319,63 \times SD^{-1,271} \quad (4.3.)$$

Denklem 4.3. de verilen eşitlik, istatistiksel olarak iyi bir korelasyon katsayısı ile ($r=0.86$) elde edilmiştir. Çalışma sahasıyla benzer kaya özelliklerine sahip başka sahalarda, ön tasarım aşamasında kullanılabilirlikte güvenilirlikte.

4.7. BASAMAK MODELİNE GÖRE ÜRETİM MİKTARLARININ KIYASLANMASI

Araştırma konusu sahada yapılan patlatmalı temel kazılarının tamamı, titreşim analizine dayalı risk analizi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma başlangıcında, kazı yapılacak sahanın jeolojik özellikleri incelenmiş, literatür taraması yapılarak, çalışma sahası ile benzer jeolojik özellik gösteren kaya yapılarından elde edilen titreşim yayılım eşitlikleri incelenerek başlangıç modeli oluşturulmuştur. İlk 9 atımda, Tablo 4.3. de belirtilen parametrelere göre basamaklar oluşturularak kazı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Tablo 4.3. de belirtilen parametrelere göre, 1 delikten elde edilecek kaya miktarı;

$$2 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 20 \text{ m}^3$$

(Dilim kalınlığı x delikler arası mesafe x basamak yüksekliği)

İlk 9 atımda (birinci tasarım modeli) 295 adet delik kullanılarak kazı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 295 delikten üretilen kaya miktarı;

$$295 \times 20 \text{ m}^3 = 5900 \text{ m}^3$$

İlk 9 atımda kullanılan toplam patlayıcı miktarı 2390 kg dır. Toplam 2390 kg. patlayıcı ile 5900 m³ kaya üretimi gerçekleştirilmiştir. Buna göre, özgül şarj miktarı;

$$2390 \text{ kg} / 5900 \text{ m}^3 = 0.41 \text{ kg/m}^3$$

Delinen 295 deliğin ortalama uzunlukları 4 metredir. Toplam delik uzunluğu yaklaşık 1180 metredir. Bu değerlere göre özgül delgi miktarı;

$$1180 \text{ m} / 5900 \text{ m}^3 = 0.2 \text{ m/m}^3$$

olarak hesaplanmıştır.

İlk atımlar tamamlandıktan sonra hesaplanan kayıt edilen titreşim değerleri ile hesaplanan Denklem 4.2. kullanılarak, çevre yapılarına hasar vermeden kullanılacak patlayıcı miktarları, dolayısıyla yeni basamak parametreleri belirlenmiştir. Tablo 4.7. de belirtilen parametrelere göre yapılan atımlarla kazı çalışmaları devam ettirilmiştir (Bu parametrelerle yapılan çalışmalar revize tasarım olarak belirtilmiştir). Buna göre, 1 delikten elde edilecek kaya miktarı;

$$2.5 \text{ m} \times 2.75 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 27.5 \text{ m}^3 \text{ (220 delik)}$$

$$3 \text{ m} \times 3.5 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 52.5 \text{ m}^3 \text{ (870 delik)}$$

(Dilim kalınlığı x delikler arası mesafe x basamak yüksekliği)

Revize tasarım ile yapılan çalışmalarda 1090 adet delik kullanılarak kazı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 1090 delikten üretilen kaya miktarı;

$$220 \times 27.5 \text{ m}^3 = 6050 \text{ m}^3$$

$$870 \times 52.5 \text{ m}^3 = 45675 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam} = 51725 \text{ m}^3$$

Bu atımlarda kullanılan toplam patlayıcı miktarı 10630 kg dır. Toplam 10630 kg. patlayıcı ile 51725 m³ kaya üretimi gerçekleştirilmiştir. Buna göre, özgül şarj miktarı;

$$10630 \text{ kg} / 51725 \text{ m}^3 = 0.21 \text{ kg/m}^3$$

Delinen 220 deliğin ortalama uzunlukları 4 metre, 870 deliğin ortalama uzunlukları ise 5 metredir. Toplam delik uzunluğu yaklaşık 5230 metredir. Bu değerlere göre özgül delgi miktarı;

$$5230 \text{ m} / 51725 \text{ m}^3 = 0.1 \text{ m/m}^3$$

olarak hesaplanmıştır.

Delme – patlatma işlerinde, maliyet hesaplaması yapılırken bilinmesi gereken en önemli parametreler özgül şarj ve özgül delgi miktarlarıdır. Başlangıç tasarımı ve revize tasarım ile yapılan çalışmalar neticesinde hesaplanan özgül şarj ve özgül delgi miktarları Tablo 4.8.de verilmiştir.

Tablo 4.8. Özgül şarj ve özgül delgi miktarlarının karşılaştırılması

Uygulanan Tasarım	Özgül Şarj	Özgül Delgi
Birinci tasarım modeli	0.41 kg/m ³	0.2 m/m ³
Revize tasarım modeli	0.21 kg/m ³	0.1 m/m ³

Tablo 4.8. de verilen değerler incelendiğinde, revize edilen tasarımın işletmeye %50 avantaj sağladığı görülmektedir. Bu avantaj sağlanırken çevresel riskler dikkate alınarak, çevre yapılarında patlatma kaynaklı hasarlara sebep vermeyecek uygulamalar yapıldığı da önemli bir konudur.

Elde edilen bu sonuçlar, çevresel hasar açısından risk içeren patlatmalı kazı çalışmalarında, titreşim ölçümü yapmanın ve yapılan ölçümlerden elde edilen veriler neticesinde çalışmaların revize edilerek uygulanmasının önemini göstermektedir. Çalışma sahasında gerçekleştirilen patlayıcı mühendisliği hizmetinin sonucu olarak; çevresel riskler elimine edilmiş ve işletme giderleri önemli oranda azaltılmıştır.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez kapsamında, “Küçük Çamlıca Tv – Radyo Kulesi Projesi” kapsamında gerçekleştirilen patlatmalı temel kazıları çalışmaları takip edilmiştir. Patlatmalı kazı çalışmalarının başlangıç aşamasından itibaren; risk analizi yapılarak ön planlama, başlangıç delme-patlatma modellerinin oluşturulması, delme-patlatma uygulamaları ve patlatma kaynaklı titreşim kayıtlarının alınması aşamalarında incelemelerde bulunulmuştur.

Çalışma kapsamında ilk olarak; bölgenin jeolojik yapısı hakkında, proje için hazırlanan zemin etüdü raporlarından ve literatürden bilgi edinilmiştir. Çalışma Aydos formasyonuna ait kumtaşı-kuvarsit birimlerinde gerçekleştirileceğinden, literatür taraması yapılarak benzer kaya ortamlarında patlatmalı kazı çalışmaları ve titreşim analizi yapıp yapılmadığı incelenmiştir. Literatür bilgilerinden ulaşılan titreşim tahmin eşitliği (Denklem 4.1.) kullanılarak, tez kapsamında çalışılan saha çevresinde yer alan yapılara hasar vermemek için risk analizi yapılmıştır. Risk analizinde, patlatmanın önlenemeyen çevresel etkilerinden olan titreşimi minimum seviyelerde tutabilmek için, gecikme başına kullanılacak patlayıcı miktarı sınırlandırılmıştır.

Sonraki aşamada; sınırlandırılan patlayıcı miktarları göz önünde tutularak, delme-patlatma modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Sınırlandırılan patlayıcı miktarlarına göre uygulanacak en uygun delme-patlatma modelinin, mini basamak delme-patlatma modeli olduğu anlaşılmıştır. Mini basamak delme-patlatma modelleri dikkate alınarak, risk analizi ile tespit edilen patlayıcı miktarlarına uygun başlangıç modelleri oluşturulmuştur.

Oluşturulan modeller ile 9 atım yapılmıştır. Atımların hepsinde; patlatma noktaları ile risk unsuru yapılar arasına titreşim ölçer cihaz yerleştirilerek, titreşim ve hava şoku değerleri kayıt edilmiştir. Kayıt edilen titreşim değerleri incelenerek, ölçülen PPV ve SD değerleri ilişkilendirilmiş ve çalışılan sahadaki titreşim yayılımı hakkında ön görüde bulunulabilecek bir eşitlik hesaplanmıştır (Denklem 4.2.). Hesaplanan eşitlik ile yeniden

risk analizi yapılarak, sınırlandırılan gecikme başına düşen şarj miktarları revize edilmiştir. Hesaplanan eşitliğin kullanılan veri sayısının, istatistiksel olarak yetersiz olması nedeniyle (istatistiksel olarak en az 30 veri olmalıdır), elde edilen eşitlik tam olarak güvenilir kabul edilmemiştir. Bu nedenle; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı) Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre 19 mm/s olan eşik hasar limiti, 10 mm/s olarak sınırlandırılarak, risk unsuru yapılara olan mesafelere göre kullanılacak gecikme başına düşen patlayıcı miktarları yeniden belirlenmiştir. Revize edilen gecikme başına düşen şarj miktarları dikkate alınarak mini basamak delme-patlatma modeli de revize edilmiştir. Bu modeller ile 23 atım daha yapılarak, toplamda 32 atıma ait verilere ulaşılmıştır.

Son aşamada, 32 farklı atımda kayıt edilen 32 adet titreşim verisine ulaşılmıştır. Tüm çalışma süresince her atımda, kalibrasyonu güncel titreşim ölçer cihaz, atım noktası ile risk unsuru yapı arasına yerleştirilerek kayıt alınmıştır. Bu atımlardan elde edilen PPV ve SD değerleri birbirleri ile ilişkilendirilerek çoklu regresyon yöntemi ile istatistiksel analize tabi tutularak çalışma sahasının titreşim yayılımına yönelik arazi katsayıları belirlenerek, titreşim yayılım eşitliği elde edilmiştir (Denklem 4.3.).

Denklem 4.3. de verilen eşitlik, istatistiksel olarak iyi bir korelasyon katsayısı ile ($r=0.86$) elde edilmiştir. Çalışma sahasında gelecekte yapılacak atımlarda yada çalışma sahasıyla benzer kaya özelliklerine sahip başka sahalarda, ön tasarım aşamasında kullanılacak güvenilirliktedir.

Çalışma kapsamında uygulanan mini basamak modellerine ait parametreler üzerinde, özellikle ilk atımlarda, çeşitli değişiklikler yapılarak optimum parçalanma boyutuna ulaşılmıştır. Atımların büyük bir kısmında ikincil kırma işlemine gerek duyulmadan, delme-patlatma işleminden, çalışmanın amacına yönelik olarak, optimum verim elde edilmiştir.

Başlangıç tasarımı ve revize tasarım ile yapılan çalışmalar neticesinde hesaplanan özgül şarj ve özgül delgi miktarları aşağıda ki gibidir.

Uygulanan Tasarım	Özgül Şarj	Özgül Delgi
Birinci tasarım modeli	0.41 kg/m ³	0.2 m/m ³
Revize tasarım modeli	0.21 kg/m ³	0.1 m/m ³

Tabloda verilen değerler incelendiğinde, söz konusu çalışma için, revize edilen tasarımın işletmeye %50 avantaj sağladığı görülmektedir. Bu avantaj sağlanırken, çalışma sahasının şehir içi şantiye olması nedeniyle çevresel riskler dikkate alınarak, çevre yapılarında patlatma kaynaklı hasarlara sebep vermeyecek uygulamalar yapılmış olması da önemli bir konudur.

Elde edilen bu sonuçlar, çevresel hasar açısından risk içeren patlatmalı kazı çalışmalarında, titreşim ölçümü yapmanın ve yapılan ölçümlerden elde edilen veriler neticesinde çalışmaların revize edilerek uygulanmasının önemini göstermektedir. Çalışma sahasında gerçekleştirilen patlayıcı mühendisliği hizmetinin sonucu olarak; çevresel riskler elimine edilmiş ve işletme giderleri önemli oranda azaltılmıştır.

KAYNAKLAR

Adıgüzel D., Özer Ü., Kahrıman A., Karadoğan A., Aksoy M., 2007, "*Kadıköy-Kartal Metrosu Tünel Güzergahındaki Farklı Kaya Birimleri İçin Patlatma Titreşim Analizi*", 5. Delme-Patlatma sempozyumu, ANKARA, TÜRKİYE, Cilt.1, ss.141-149

AK, H., 2006. *Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntularının Yönel Değişiminin Araştırılması*, (Doktora Tezi),Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

ARPAZ, E., 2000, *Türkiye'deki Bazı Açık İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

BİLGİN, H.A, 1986; *Açık İşletmelerde Patlatma Sorunları ve Tasarımı*, TKİ Genel Müdürlüğü Yayım, ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü Seminerleri, Seminer No: 2, Ankara.

CEYLANOğLU, A., KAHRİMAN, A., DEMİRCİ, A., 1993; *Delme-Patlatmanın Önemi, Kullanıldığı Alanlar ve Maden Mühendisliği ile İlgisi*, 1. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Ankara, 127-138.

Crandell, F. J. *Ground Vibration Due to Blasting and Its Effect Upon Structures*. J. Boston Soc. Civil Edgineen, April 1919, pp. 222-245.

DOWDING, C.H., 1985, *Blast Vibration Monitoring and Control*, Prentice-Hall, USA.

ERKOÇ, 1990, *Annual Reviews of Computational Physics IX*, 332 s., GERMANY

FLYROCK, <http://www.courier-journal.com/blogs/bruggers/2009/09/flyrock-photo-update.html>, [Ziyaret Tarihi: 10 Eylül 2016]

Google Earth, 2016, Google Inc., CA, USA.

GUSTAFSSON, T., 1973, *Swedish Blasting Technique*, *Barutsan Dergisi*, Sayı:3, Ankara.

ISRM, 1992, *Suggested Method for Blast Vibration Monitoring*, International Society for Rock Mechanics,Commission on Testing Methods, Edited By The Secretariat In Lisbon, USA., 145-156.

JIMENO, C.L., JIMENO, E.L., CARCENDO, F.J.A, 1995, *Drilling and Blasting of Rocks*, AABalkema, Rotterdam, Brookfield.

KAHRİMAN, A., BARÇIN, A.S., ÇAM, M., 2016, *İstanbul İli, Üsküdar İlçesi, Bulgurlu Mahallesi, 183 Pafta, 31 Ada, 1 Parselde Küçük Çamlıca Tv – Radyo Kulesi Projesi'nde Yapılacak Patlatmalı Temel Kazı İnşaatı İşi Titreşim Ölçümlerine Dayalı Değerlendirme Raporu*, Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Döner Sermaye Projesi, İstanbul.

KAHRİMAN, A., BARÇIN, A.S., ÇAM, M., 2015, *İstanbul İli, Üsküdar İlçesi, Bulgurlu Mahallesi, 183 Pafta 31 Ada, 1 Parselde Ege Sanayi İ.Ö.O'na Ait Yapılacak Patlatmalı Temel Kazıları Ön Tasarımı*, Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Döner Sermaye Projesi, İstanbul.

KAHRİMAN, A., 2003, *Patlatma Mühendisliği Ders Notları*, İ.Ü. Müh. Fak. Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

KARADOĞAN, A., 2008, *Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimler İçin Ulusal Yapı Hasar Kriterleri Oluşturulabilirliğinin Araştırılması*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

KARAKUŞ, Y., 2012, *Yerleşim Birimlerinde Yapılacak Temel Kazılarında Mini Basamak Patlatma Sisteminin Uygulanabilirliği*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

KONYA C.J., WALTER, E.J., 1991, *Rock Blasting and Overbreak Control*, NHI Course No:13211, US Department of Transportation, Virginia, USA.

KONYA, C.J., WALTER, E.J., 1990, *Surface Blast Design*, New Jersey, USA.

LANGEFORS VE KIHSTROM, 1978, *The Modern Technique of Rock Blasting*, 438 p., CA, USA

NICHOLLS, H.R, JOHNSON, C.F., DUVALL, W.L, 1971, *Blasting Vibrations and Their Effects on Structure*, United States Department of Interior, USBM, Bulletin 656.

ÖNALAN, M., 1982. *Pendik bölgesi ve Adaların Jeolojisi ve Sedimenter özellikleri*: İ.Ü. Yerbilimleri Fakültesi (Doçentlik tezi), 156.

OSM, 1983, Rules and Regulations, *Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement*, 46, USA.

OZER, U., KAHRİMAN, A., ADIGÜZEL, D., KARADOGAN, A., AKSOY, M., 2007, *The Analysis Of Ground Vibration Induced By Blasting At Different Rock Units On Istanbul Kadıköy-Kartal Subway Tunnel Route*, 7th International Conference: Modern Management of Mine Producing Geology and Environment Protection, 11-15 June, Albena Resort, Varna, Bulgaria, 2007.

OZER, Ü., ANIL M., “Bilgisayar yardımıyla patlatma tasarımı”, yerbilimleri/geosound, cilt 27-ss 223-235, 1995

R.G., 2010, *Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği*, 27601 Sayılı T.C. Resmi Gazetesi, Ankara

ROCKWELL, E. H. *Vibrations Caused by Quarry Blasting and Their Effect on Structures. Rock Products*, vol. 30, 1927, pp. 58-61.

ROTH, J., 1979. *A model for the determination of flyrock range as a function of shot conditions*. Los Altos, CA: Management Science Associates. U.S. Bureau of Mines contract J0387242.

SCHILLINGER, R. 2006, *The State of Human Annoyance at Blasting Works in Accordance with Environmental Conditions under Inclusion of Standards, Proceedings of The Thirty – Second Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*, 29 January – 1 February, Dallas, Texas, USA. 135-148.

SISKIND, D.E., STAGG, M.S., KOPP, J.W., DOWDING, C.H., 1980, *Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration From Surface Mine Blasting*, USBM, RI8507.

TAMROCK, (1984), *Handbook of Surface Drilling and Blasting*, Painofaktorit, Finland.



EK-1 Çalışma kapsamında elde edilen titreşim kayıtlarına ait tüm veriler

Atım No	Tarih	Saat	Emine (PVT) (mm/s)	Frekans (f) (Hz)	Düşey (PVV) (mm/s)	Frekans (f) (Hz)	Boyuna (PVL) (mm/s)	Frekans (f) (Hz)	Max. Parçacık Hızı (PPV) (mm/s)	Frekans f (Hz)	Hava Şoku (dB)	Toplam Şarj (kg)	Gecikme Başına Toplam Şarj (W) (kg)	Mesafe (R) (m)	Ölçekli Mesafe (SD)	İstasyon No	Atım Noktasının Koordinatları			İstasyon Noktasının Koordinatları			Yatay mesafe (m)
																	Y	X	Z	Y	X	Z	
1	27.01.2016	15:01	3,94	27	2,79	17	5,46	26	5,46	26	100	200	6,6	62,64	24,38	20216	4542630	673673	218	4542602	673617	220	62,61
2	28.01.2016	15:18	6,48	27	5,08	12	6,6	13	6,6	13	100	180	6	47,47	19,38	20216	4542622	673660	220	4542602	673617	218	47,42
3	02.02.2016	14:05	5,46	30	4,57	12	7,75	12	7,75	12	100	260	8,6	60,5	20,63	20216	4542636	673667	220	4542602	673617	218	60,46
4	05.02.2016	13:37	4,7	28	4,57	13	4,44	13	4,7	28	100	340	8,5	82,81	28,40	20216	4542662	673674	221	4542602	673617	218	82,76
5	08.02.2016	13:53	3,05	28	4,44	14	3,94	12	4,44	14	100	310	8,85	92,97	31,25	20216	4542651	673696	219	4542602	673617	218	92,96
6	09.02.2016	13:08	3,81	12	4,83	11	5,21	11	5,21	11	100	260	8,67	83,2	28,26	20216	4542638	673692	219	4542602	673617	218	83,19
7	16.02.2016	14:47	4,06	15	4,06	15	7,49	13	7,49	13	100	340	8,5	67,07	23,00	20216	4542625	673680	219	4542602	673617	218	67,07
8	22.02.2016	13:57	4,06	20	1,5	20	4,44	16	4,44	16	100	240	8	75,19	26,58	20216	4542620	673690	218	4542602	673617	218	75,19
9	23.02.2016	14:12	4,19	19	2,29	9	3,56	20	4,19	19	100	260	8,67	69,26	23,52	20216	4542608	673686	218	4542602	673617	218	69,26
10	07.03.2016	14:13	5,08	17	5,19	18	5,37	18	5,37	18	100	340	8,5	87,26	29,93	20216	4542639	673696	218	4542602	673617	220	87,24
11	08.03.2016	14:20	3,56	18	2,92	15	4,44	20	4,44	20	100	340	8,5	87,79	30,11	20216	4542667	673676	221	4542602	673617	220	87,78
12	09.03.2016	13:57	6,86	13	8,25	12	9,4	13	9,4	13	100	440	11	61,4	18,51	20216	4542615	673677	219	4542602	673617	220	61,39
13	21.03.2016	15:37	6,86	15	9,11	13	6,86	13	9,11	13	100	440	15	46,65	12,04	20216	4542626	673657	220	4542602	673617	220	46,65
14	22.03.2016	14:25	12,7	17	16,3	12	18,8	20	18,8	20	100	440	15	43,01	11,11	20216	4542627	673652	220	4542602	673617	220	43,01
15	24.03.2016	14:08	4,19	10	2,92	26	5,08	22	5,08	22	100	420	14	59,17	15,81	20216	4542598	673676	218	4542602	673617	220	59,14
16	25.03.2016	15:16	10,2	30	8	14	7,11	13	10,2	30	100	420	14	75,19	20,10	20216	4542659	673666	222	4542602	673617	220	75,17
17	30.03.2016	14:07	4,83	22	6,73	9,1	6,35	23	6,73	9,1	100	420	14	81,84	21,87	20216	4542653	673681	220	4542602	673617	220	81,84
18	31.03.2016	13:14	5,33	24	4,57	15	4,95	11	5,33	24	100	420	14	77,16	20,62	20216	4542654	673674	221	4542602	673617	220	77,16
19	08.04.2016	13:34	5,84	17	4,82	11	8	18	8	16	100	420	14	80,16	21,42	20216	4542646	673684	220	4542602	673617	220	80,16
20	12.04.2016	13:24	4,57	19	3,94	10	5,97	17	5,97	17	100	420	14	80,72	21,57	20216	4542647	673684	219	4542602	673617	220	80,71

Atım No	Tarih	Saat	Enine (PVT) (mm/s)	Frekans (f) (Hz)	Düşey (PVV) (mm/s)	Frekans (f) (Hz)	Boyuna (PVL) (mm/s)	Frekans (f) (Hz)	Max. Parçacık Hızı (PPV) (mm/s)	Frekans f (Hz)	Hava Şoku (dB)	Toplam Şarj (kg)	Gecikme Başına Toplam Şarj (W) (kg)	Mesafe (R) (m)	Ölçekli Mesafe (SD)	İstasyon No	Atım Noktasının Koordinatları			İstasyon Noktasının Koordinatları			Yatay mesafe (m)
																	Y	X	Z	Y	X	Z	
21	06.05.2016	13:35	3,94	17	4,32	10	4,1	16	4,32	10	100	570	14	99,33	26,55	20216	4542646	673706	217	4542602	673617	220	99,28
22	09.05.2016	13:28	4,7	17	2,9	13	6,1	14	6,1	14	100	730	14,5	64,81	17,02	20216	4542612	673681	218	4542602	673617	220	64,78
23	10.05.2016	13:02	4,95	22	6,85	9,5	6,73	19	6,85	9,5	100	420	14	50,65	13,54	20216	4542610	673667	219	4542602	673617	220	50,64
24	12.05.2016	13:26	8,63	12	7,23	28	13,8	26	13,8	26	100	570	14,25	51,88	13,74	20216	4542626	673663	220	4542602	673617	220	51,88
25	16.05.2016	13:40	7,87	17	8,89	12	8,38	20	8,89	12	100	730	14,5	65,74	17,26	20216	4542617	673681	219	4542602	673617	220	65,73
26	18.05.2016	12:36	4,31	14	5,71	12	6,35	15	6,35	15	100	420	14	61,01	16,31	20216	4542613	673677	219	4542602	673617	220	61,00
27	20.05.2016	13:26	8	14	8,38	16	5,58	28	8,38	16	100	420	14	64,4	17,21	20216	4542640	673669	220	4542602	673617	220	64,40
28	23.05.2016	12:49	4,95	19	6,35	9,3	5,71	11	6,35	9,3	100	420	14	82,02	21,92	20216	4542620	673697	218	4542602	673617	220	82,00
29	24.05.2016	13:37	7,74	15	9,27	11	15,75	6	15,75	6	100	420	14	40,46	10,81	20216	4542628	673648	220	4542602	673617	220	40,46
30	26.05.2016	11:50	8,25	57	10,73	73	11,16	64	11,16	64	100	420	14	66,57	17,79	20216	4542638	673673	220	4542602	673617	220	66,57
31	27.05.2016	12:55	4,82	64	11,54	73	6,85	57	11,54	73	100	420	14	67,94	18,16	20216	4542618	673683	218	4542602	673617	220	67,91
32	30.05.2016	14:12	29,97	18	39,24	57	49,53	43	49,53	43	100	570	14,25	23,37	6,19	20216	4542618	673600	219	4542602	673617	220	23,35

Ek-2 Çalışma sahasına ait bazı fotoğraflar







ÖZGEÇMİŞ

Aykut ARSLANTÜRK 1984 yılında Kayseri’de doğmuştur. İlköğretimini Atatürk İlk Öğretim Okulu’nda tamamlamıştır. Ortaöğretimini 2003 yılında Deniz Lisesi’nde tamamlamıştır. 2008 yılında Deniz Harp Okulu Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünden mezun olmuş 2013 yılında Okan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Patlayıcı Mühendisliği Programında Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır. Hali hazırda Silahlı Kuvvetlerde SAS Komandosu görevine devam etmektedir.