

# EMNİYETLİ PATLAYICI MİKTARLARININ SAPTANMASI

## The Determination of Cautious Explosive Weights

ERTUĞRUL ADA - CENGİZ KAPTAN(\*)

### ÖZET

Barajlar, nükleer ve hidroelektrik santraller, göletler vb. önemli mühendislik tesislerinin inşaa alanları bazı durumlarda yerleşim yerlerinin yakınına düşebilmektedir.

Anılan mühendislik tesislerinin inşası sırasında büyük oranlarda kaya malzemeye gerek duyulmakta, böylece de kaya ocakları olabildiğince inşaa sahası yakınından seçilmektedir.

Konuya bu açıdan yaklaşıldığında emniyetli patlayıcı miktarlarının jeofizik araştırma ile belirlenmesinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Yapılacak patlatmalardan yerleşim yerleri ve çeşitli yapıların zarar görmemesinin sağlanmasından öteye, yapımına devam edilen tesisin bitirilmiş olan ünitelerinin emniyeti söz konusu olmaktadır.

Örneğin bazı durumlarda yapımına devam edilen bir barajın bitirilmiş olan derivasyon tünelleri, belirli bölümlerde yapılan enjeksiyonları, giriş ve çıkış ağız yapıları, dolusavağın oturacağı bölümde patlatmalarla yapılması planlanan hafriyat çalışmalarından zarar görme olasılığı ile karşı karşıya kalabilmektedir.

Bu makalede emniyetli patlayıcı miktarı, vibrasyon hızı, ivme ve mesafe arasındaki ilişkiler üzerinde durularak, tarafımızdan yapılmış olan bazı ilginç arazi çalışmaları sunulmaktadır.

### ABSTRACT

In some cases, proposed sites of important engineering structures such as dams, hydroelectric and nuclear power plants may be close to the settlement areas.

During the construction of these engineering structures, large amount of rock is required and thus the quarries are chosen as near as possible to the construction sites.

If we look at the matter from this point of view, it is obvious that the determination of cautious explosive weights by geophysical surveys has a vital importance.

The determination of cautious explosive weights is important not only because of the damage risk on the near by houses and buildings but also the probability of the damage risk on the structure itself which is under construction.

As an example during the construction of a dams, derivation tunnels, in-pu and out-pu water structures, consolidation injections which have been completed may be effected from the blastings at the spillway excavation.

In present paper, the relations between cautious explosive weights, distance, vibration velocity and acceleration are discussed and additionally some of our original field studies are given.

### GİRİŞ

Genel olarak büyük mühendislik projelerinin yürütülmesi sırasında çoğu kez kayalarla ilgili olarak patlayıcı maddelerin kullanılmasına gerek duyulmaktadır. Barajlar, hidroelektrik ve nükleer santraller, göletler vb. tesislerin büyük oranlardaki kaya malzeme gereksinmesini karşılayan taşocakları ve hafriyat sahaları patlayıcı maddelerin kullanıldığı alanların başında gelmektedir.

Anılan mühendislik tesislerinin inşaa yerleri bazı hallerde yerleşim alanları yakınına düşebilmektedir.

Büyük oranlardaki kaya ve diğer malzemenin rantabil olarak sağlanabilmesi taşocağı ve malzeme sahalarının olabildiğince tesis yakınından, bazı hallerde yerleşim alanları yakınından seçilmesini zorunlu kılmaktadır.

Diğer taraftan liman inşaatlarında, şehirlerdeki boru ve iletin hatlarının kayalar içersinden geçirilmesi sırasında çoğu kez patlayıcı maddelerin kullanılmasına gerek duyulmaktadır.

Bu bakımlardan kullanılabilen emniyetli patlayıcı miktarlarının amprik bağıntılar ve yerinde alınan jeofizik kayıtlar yoluyla rasyonel olarak belirlenmesinin önemi büyüktür.

Yapılması planlanan patlatmalardan yerleşim yerleri ve yapıların zarar görmemesinin sağlanmasından öteye, yapımına devam edilen tesisin bitirilmiş ünitelerinin emniyeti söz konusu olmaktadır. Örneğin bazı durumlarda yapımına devam edilen bir barajın bitirilmiş olan derivasyon tünelleri,

(\*) DSİ Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmet ve YAS Dairesi, Ankara

belirli bölümlerde yapılan konsolidasyon enjeksiyonları, giriş ve çıkış ağız yapıları dolusavaşın oturtulacağı bölümde patlatmalarla yapılan hafriyat çalışmalarından zarar görme olasılığı ile karşı karşıya kalabilmektedir.

Bazen de patlatmalarla işletilmesi planlanan bir taşocağı önemli bir yeraltı su kaynağı yakınına rastlayabilmekte, suyun kaçması, azalması endişesi gibi kritik durumlar ortaya çıkabilmektedir.

Esasen emniyetli patlayıcı miktarı kavramını başta insanlar olmak üzere, karada ve suda yaşayan canlılar, evler, binalar, büyük mühendislik tesisleri, enjeksiyon perdeleri, depolar, silolar, kaynak suları ve benzerleri üzerinde en ufak bir zarara ve hasara yol açmadan kullanılacak miktarlar olarak geniş bir entervalde ele almak gerekmektedir.

Bu makalede yer titreşimleri vibrasyon hızına ve ivmesine dayalı olarak emniyetli patlayıcı miktarlarını hesaplama teknikleri, patlayıcı cinsleri arasındaki dönüşüm bağıntıları ve tarafımızdan yapılan arazi çalışmalarından örnekler verilmektedir.

### PATLAYICI CİNSLERİ VE DÖNÜŞÜM BAĞINTILARI

Günümüzde uygulamada kullanılan patlayıcılar aşağıda sıralanmaktadır.

– Karabarut: % 75 potasyum nitrat ( $KNO_3$ ), % 15 kömür tozu (C) ve % 10 kükürt (S) ten oluşur.

– Dinamit: Nitrogliserin (patlayıcı) +  $NaNO_3$ ,  $KNO_3$ ,  $CaCO_3$  (O verici) + ağaç unu + ağaç hamurundan (emici) oluşur.

Amonyumlu dinamit, adi jelatin, amonyumlu jelatin, toz dinamit, N-G esasına dayanmayan amonyum nitrat, klorat, perklorat, grizutin, dona dayanımlı dinamit çeşitleri vardır. Her ülkede değişik tiplerine rastlanmaktadır. MKE tarafından yurdumuzda daha çok Avrupa türü dinamitler üretilmektedir. Bunlar Gom-I, Gom-II, jelatin, amon jelatin, gamzit, grizutin, toz dinamit (kardoks, erdoks, sıvı oksijen), teknik amonyum nitrat (ANFO)'tır.

Son yıllarda maden, toprak ve kaya patlatmalarında ANFO kullanılmaktadır. ANFO, amonyum nitratın % 6-6,5 oranında fuel-oil ile iyice karıştırılmasıyla elde edilmektedir.

Kaynak bilgi olması açısından DNW (Dynamit Nobel Wien) tarafından üretilen patlayıcılar aşağıya çıkarılmıştır.

– Jelatinli Patlayıcılar: Bunlar jelatin donorit 1, 2 ve 3' tür. Amonyum nitrat, aromatik nitro bileşenleri, selüloz nitrat ve patlayıcı petrolden oluşan bu patlayıcılar suya mükemmel direnç göstermekte, yeraltı ve yerüstü patlatmaları için kullanılmaktadır. Orta sertlikteki kayalar için toz şeklinde üretilenleri vardır.

– ANFO Patlayıcıları: Lambrit ve ammonit-C bu türdendir. Lambrit kuru şartlarda geniş kuyu patlatmalarında, ammonit-C sulu şartlarda, çatlaklı kayalara uygulanmaktadır.

– Özel Amaçlı Patlayıcılar: Jelatin donorit-S yüksek basınç altında iyi neticeler vermekte, daha çok sismik araştırmalarda ve aşırı derecede emniyetli olunması gereken durumlar için kullanılmaktadır. Jelatin donorit 2E yumuşak patlatmalarda (smoot blasting) uygulanmaktadır.

Patlayıcı cinsleri arasındaki dönüşüm ilişkileri aşağıda verilmektedir.

Amonyum nitrat	0,34 = TNT	(1)
Jelatin x 2,15	= Amonyum nitrat	(2)
Jelatin donorit S x 0,8	= Saf nitro gliserin	(3)
Amonyum nitrat x 0,4	= Saf nitro gliserin	(4)

### 3- PATLATMALARDA OLUŞAN YER TİTREŞİMLERİ

Patlatma kuyularında veya galeriler içerisinde yapılan patlatmalar sırasında depremlerde olduğu gibi zeminde elastik dalgalar oluşmaktadır. Binalarda ve mühendislik tesislerinde meydana gelen zarar ve hasara genel olarak elastik dalgalar neden olmaktadır. Bunun yanı sıra dalgaların frekans spektrumunun, pik ivme değerinin, ivmenin etkime süresinin, tesisin sönüm oranı ve öz periyodunun da hasar seviyesi üzerinde önemli rol oynadığını da biliyoruz.

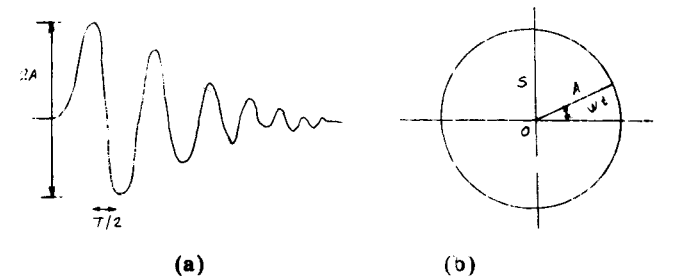
Binalarda ve mühendislik tesisleri üzerinde etkili olacak yer titreşim hareketlerinin şiddet seviyesi aşağıdaki faktörlerle ilgilidir:

- Patlayıcının cins ve teknik özellikleri
- Patlayıcının bir defada patlatılan miktarı
- Tesis ile patlama noktası ara mesafesi
- Arada yer alan jeolojik formasyonun cinsi ve yapısal özellikleri
- Patlatma patterni.

1956'larda Langefors ve Kihlaström şarj oranları, mesafe ve yer titreşim şiddeti arasındaki ilişkileri ortaya koymuşlardır (Gustafsson, R., 1981).

Hasar riskinin kestirilmesinde önceleri yer hareketi ivmesi üzerinde durulurken son yıllarda yapılan ölçümlerin daha çok yer hareketi vibrasyon hızı üzerinde yoğunlaştığını görmekteyiz.

Yer hareketi titreşimlerini en genel hal için sinüsoidal tipi bir dalga kabul ederek (Şekil-1a, b), harmonik hareketin referans dairesinden aşağıdaki yer değiştirme ifadesi yazılabilir (Hiller, W., 1957):



Şekil - 1

$$S = A \cdot \sin wt \quad (5)$$

$$w = 2\pi / T$$

$$f = 1/T$$

Yukarıdaki simgeler şu anlamları taşımaktadır:

- S = Yer değiştirme (mm)
- f = Frekans (sıkl/sn)
- T = Periyod (sn.)
- A = Amplitüd (mm)
- t = Zaman (sn)

Deplasman ifadesinin zamana göre türevi alınarak  $v =$  vibrasyon hızı (mm/sn.), ikinci türevi alınarak  $a =$  ivme (% g.) ifadeleri türetilmektedir.

$$v = ds/dt = A \cdot \omega \cdot \cos \omega t \quad (6)$$

$$a = d^2s / dt^2 = A \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t \quad (7)$$

$\cos \omega t = 1$  ve  $\sin \omega t = 1$  koşulları için hız ve ivme maksimum değerlere ulaşmaktadır.

$$v_{\max.} = 2 \pi \cdot f \cdot A \quad (8)$$

$$a_{\max.} = 4 \pi^2 \cdot f^2 \cdot A \quad (9)$$

Yer titreşim hareketinin ivme, hız, deplasmanını (yer-değiştirme) ayrı ayrı kaydeden aletler geliştirilmiş olup, istenirse yukarıdaki ilişkiler yardımı ile bir kayıtan diğerine geçilebilmektedir.

Tesisin üzerine oturduğu zemindeki dalga yayılma hızları da hasar riskinin değerlendirilmesinde dikkate alınabilmektedir. Binalarda meydana gelen kaymalar için kayma açısı direkt olarak aşağıdaki ilişki ile hesaplanabilmektedir (Langefors ve Kihlström, 1973):

$$\gamma = v/c. \quad (10)$$

Burada

$\gamma =$  Kayma açısı (mm/m)

$v =$  Vibrasyon hızı (mm/sn)

$c =$  Yayılma (propagation) hızı (m/sn)'dir.

### VİBRASYON HIZINA DAYALI OLARAK EMNİYETLİ PATLAYICI MİKTARLARININ HESAPLANMASI

Yer titreşimlerinin sorun yaratabileceği patlatmaların planlanması sırasında şarj miktarı, mesafe ve yer titreşimleri arasındaki ilişkilerin bilinmesi önem taşımaktadır. Birleşik Devletler, Bureau of Mines tarafından yapılan geniş araştırmalar sonucu aşağıdaki ilişkinin varlığı ortaya konmuştur.

$$v = k \left( \frac{\sqrt{Q}}{R} \right)^P \quad (11)$$

İlişkideki simgeler aşağıdaki anlamları taşımaktadır

$Q =$  Patlayıcı miktarı (TNT)

$v =$  Vibrasyon hızı (mm/sn)

$R =$  Mesafe (m)

$k, P =$  Kaya şartları ile ilgili sabitler.

Langefors ve Kihlström bu ilişkinin yanı sıra son yirmi yıl içerisinde yapılan binlerce patlatmadan elde ettikleri aşağıdaki ilişkiyi önermişlerdir (1973). Literatürde çeşitli ilişkilere rastlanmakla birlikte, anılan bu ilişki patlatmaların planlanmasında esas alınacak tabloların hazırlanmasında yaygın şekilde kullanılmaktadır (Tablo-1).

$$V = k \cdot \sqrt{\frac{Q}{R^{3/2}}} \quad (12)$$

$\frac{Q}{R^{3/2}} =$  Şarj seviyesi olarak tanımlanmıştır.

Değişik şarj seviyelerine karşı gelen vibrasyon hızları (sert kayalar için  $k$ -yaklaşık 400 alınarak) Tablo-II'de çıkarılmıştır.

Şarj Seviyesi $Q / R^{3/2}$	Vibrasyon Hızı mm/sn
0.008	35
0.015	50
0.03	70
0.06	100
0.12	150
0.24	225
0.50	300

Tablo - II

Uzak mesafeler için yer titreşimlerinden çok, hasar riski açısından hava şoku dalgaları üzerinde durulması gerekmektedir.

Tablo-III, Langefors Kihlström tarafından İsveç çalışma sahalarından edinilen bilgilere dayalı olarak hazırlanmıştır. Tabloda normal binalardaki hasar riski, vibrasyon hızlarına, jeolojik formasyonun cinsine ve formasyondaki sismik dalga yayılma hızlarına (propagation velocity) bağlı olarak tanımlanmıştır.

c, Dalga Yayılma Hızı (m/sn)	1000 - 1500	2000 - 3000	4500 - 6000	
Jeolojik Formasyonun Cinsi	K.l. Kum, Çakıl (Yeraltı su seviyesi altında)	Moren, Sleyt, Yumuşak Kireçtaşı	Granit, Gnays, Sert Kç.t., Kumtaşı, Kum aş. Dönel az	Binalar Üzerindeki Etkisi
Vibrasyon Hızı, v (mm/sn)	18	35	70	Dikkate değer çatlak yok
	30	55	100	İnce çatlaklar, sva dökülmeleri. (Eşik-Threshold-değeri)
	40	80	150	Çatlaklar
	60	115	225	Ağır çatlaklar

Tablo - III

Tablo-III'e bir örnek verilirse; sert kireçtaşı üzerine inşa edilmiş bir bina normal şartlarda 100 mm/sn'nin altında vibrasyon hızı yaratacak patlatmalardan etkilenmeyecektir. 100 mm/sn ve bunun üzerinde vibrasyon hızı yaratacak patlatmalarsa zarar ve hasara yol açabilecektir.

Kaynakta (Gustafsson, R., 1981) belirtildiğine göre;

— Eski ya da düşük kaliteli malzeme içeren binalarda  $v = 70$  mm/sn. değeri yerine  $v = 50$  mm/sn. alınması uygundur. Bazı hallerde  $v = 100$  mm/sn. değerinin üstünde bile en ufak hasara uğramamış binalara rastlanmıştır.

— Sert kaya üzerine inşa edilmiş sağlam beton yapılar için önerilen eşik vibrasyon hızı limitleri  $v = 150-200$  mm/sn. arasında değişmektedir.

— Taş duvarlar için bu değerler oldukça yüksektir ( $v = 300 - 700$  mm/sn.).

Mesafe (m)	Şarj Seviyesi	Emniyetli Patlayıcı Miktarı, TNT (kg)						
		0.008	0.015	0.03	0.06	0.12	0.25	0.50
1		0.008	0.015	0.03	0.06	0.12	0.25	0.50
2		0.025	0.05	0.09	0.2	0.4	0.7	1.4
3		0.04	0.08	0.16	0.33	0.65	1.3	2.6
4		0.06	0.12	0.25	0.5	1	2	4
5		0.09	0.18	0.36	0.73	1.4	2.8	5.6
6		0.12	0.23	0.47	0.95	1.9	3.8	7.2
7		0.14	0.27	0.57	1.15	2.3	4.6	9.2
8		0.18	0.36	0.72	1.45	2.9	5.8	11.6
9		0.2	0.42	0.85	1.7	3.4	6.8	13.6
10		0.25	0.5	1	2	4	8	16
11		0.3	0.6	1.3	2.5	5.2	10.5	21
14		0.4	0.8	1.6	3.2	6.4	13	26
16		0.5	1	2	3.9	6.4	13	26
18		0.6	1.2	2.4	4.7	9.4	19	38
20		0.7	1.4	2.8	5.6	11	22	44
25		1	2	4	8	16	32	64
30		1.3	2.6	5.2	10.4	21	42	84
35		1.6	3.2	6.5	13	26	52	104
40		2	4	8	16	32	64	128
45		2.4	4.8	9.5	19	38	76	152
50		2.8	5.5	11	22	44	88	176
55		3.3	6.5	13	26	52	104	208
60		3.8	7.5	15	30	60	120	240
65		4.3	8.5	17	34	68	136	272
70		4.8	9.5	19	38	76	152	304
75		5.3	10.5	21	42	84	168	336
80		5.8	11.5	23	46	92	184	368
85		6.4	12.8	25.5	51	102	204	408
90		7	14	28	56	112	224	448
95		7.6	15.2	30	61	122	244	488
100		8.5	16.5	33	66	132	264	528
110		9.3	18.5	37	74	148	296	592
120		10.5	21	42	84	168	336	672
130		11.7	23.5	47	94	188	376	752
140		13.2	26.3	52.5	105	210	420	840
150		14.5	29	58	116	232	464	928
160		16	32	64	128	256	512	1024
170		17.5	35	70	140	280	560	1120
180		19	38.3	76.5	153	306	612	1224
190		20.7	41.5	83	166	332	664	1328
200		22.5	45	90	180	360	720	1440

Tablo - I

— Japon arařtırmacılarđan Sakurai ve Kitamura tüneller için  $v = 340$  mm/sn. alınabileceğini belirtmişlerdir.

— İşveç řarj değerleri, Amerika řarj değerlerine göre belirgin şekilde dūřuktur. Bunun nedeni tamamıyla kaya şartlarına bağlanmaktadır. İşveç'te yer alan kayalar sert ve sağlamdır. Bu durum titreşimlerin sönümlenmeden (enerjilerini yitirmeden) uzak mesafelere iletilmesine olanak tanmaktadır.

Hasar riskini en aza indirmek için yapılan emniyetli patlayıcı miktarı hesaplamalarında her ne kadar Tablo-III'te yer alan ve yukarıda sıralanan değerlere bağlı kalmak gerekiyorsa da problemin özelliği, değerlendirmeyi yapan araş-

tırın acının konuya yaklaşımı, deneyimi de ayrı bir önem taşımaktadır.

#### SU ALTI PATLATMALARI İÇİN EMNİYETLİ PATLAYICI MİKTARLARININ BULUNMASI

Bazı durumlarda patlatmaların su altında yapılması gerekli olmaktadır. Örneğin baraj inşası sırasında nehir, bitirilmiş olan derivasyon tünellerine çevrilmektedir. Bu işlem için tünellerin önünde yer alan koruyucu tabii kaya daykın çok kısa sürede patlatmalarla ortadan kaldırılması istenir. Nitekim Karakaya Barajında bu işlem aynen uygulanmıştır

(Abersten, L., 1982). Kaya daykın büyük bir bölümü su altında kaldığı için patlatmalardan oluşan su şoku dalgalarının yarattığı maksimum basınçlar dikkate alınmıştır. Maksimum basıncın hesaplanmasında aşağıda verilen Kirkwood ve Bethe ilişkisi (Albersten, L., 1981) kullanılmıştır.

$$P_{max} = 700 \left( \frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1.16} \quad (13)$$

Burada:

$$\begin{aligned} P_{max} &= \text{Maksimum basınç (atmosfer)} \\ R &= \text{Mesafe (m)} \\ (Q) &= \text{Emniyetli patlayıcı miktarı (kg)'dir.} \end{aligned}$$

Su içinde şarjların serbest olarak patlatılması durumunda meydana gelecek olan şok dalgalarının süresi çok kısadır. Bu da maksimum basıncın bir milisaniyeden daha kısa bir süre için etkili olacağı anlamına gelmektedir.

Patlatmaların su altında açılan kuyularda yapılması durumunda maksimum basınçlar % 10-15 mertebesine düşmekte ve maksimum basınç Nitro Nobel tarafından verilen aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilmektedir.

$$P_{max} = 100 \left( \frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1.16} \quad \text{Atmosfer} \quad (14)$$

#### YER HAREKETİ İVMESİNE DAYALI OLARAK EMNİYETLİ PATLAYICI MİKTARLARININ BELİRLENMESİ

Hasar riski kriterinin belirlenmesinde esas alınan vibrasyon hızının yanı sıra yer hareketi ivmesine dayalı olarak da değerlendirme yapılabilmektedir.

Aşağıda verilen yer ivmesi, patlayıcı miktarı ve mesafe arasında kurulmuş amprik ilişki bu tür çalışmalarda yaygın olarak kullanılmıştır (İpek, M., 1977):

$$\log a = 0.75 \log W + 2.97 - 2. \log D. \quad (15)$$

0.3 km ile 3 km arasında geçerli olan bu ilişki;

$$\begin{aligned} a &= \text{Maksimum yer ivmesi} \\ W &= \text{Patlayıcının TNT eşdeğeri} \\ D &= \text{Mesafe} \\ 0.75, 2.97, 2 &= \text{Katsayılarıdır.} \end{aligned}$$

Emniyetli patlayıcı miktarlarının hesaplanması sırasında öncelikle dikkate alınan tesisin hangi maksimum şiddet veya magnitudlü bir yer hareketinden zarar ve hasar görmeyeceğinin kestirilmesi gerekir.

Değerlendirmenin en önemli safhası bu eşik değerinin saptanmasıdır. Ardından Tablo-IV yardımı ile maksimum şiddet veya magnitüde karşı gelen maksimum ivme değeri belirlenir. Bu ivme değeri (15) No'lu ilişkide sabit tutularak değişik mesafelere göre emniyetli patlayıcı miktarları hesaplanabilmektedir.

#### EMNİYETLİ PATLAYICI MİKTARLARININ HESAPLANMASINA İLİŞKİN ARAZİ UYGULAMALARI

Bu bölümde konuya açıklık getirebilmek bakımından tarafımızdan gerçekleştirilen arazi uygulama örnekleri verilmektedir.

Hesaplamalar gerek yer hareketi ivmesine, gerekse vibrasyon hızına dayalı olarak yapılmıştır.

#### YALOVA - GÖKÇE BARAJ YERİ ÇALIŞMASI

Gökçe Barajı, Yalova (İstanbul) ilçesinin su gereksinmesini karşılamak üzere DSİ Bursa bölgesi tarafından Sellimandra deresi üzerinde yaptırılan kaya dolgu tipinde bir barajdır. Gövde dolgusu için 1 milyon m<sup>3</sup> kaya malzemeye gereksinme duyulmuştur. Söz konusu kaya malzemenin baraj aksı yakınında tespit edilen taşocağından patlatmalar yapılarak çıkarılması planlanmıştır. Ancak taşocağına 2633 m. uzaklıkta bulunan, tabii ve turistik yönden büyük bir öneme sahip Termal Kaplıcası patlatmalar yönünden engel teşkil etmiştir (Bak. Lokasyon Haritası).

Gerçekten de yapılan ilk patlatmalar Termal tesislerinde şiddetlice hissedilince Termal kaplıca kaynağının patlatmalardan etkilenebileceği endişesi belirmiştir. Sorunun çözümü için jeofizik devreye girmiştir.

Tarafımızdan bugüne değin Termal kaplıca kaynağı ile ilgili yayınlanmış araştırmalar incelenmiştir. MTA tarafından hazırlanan bir hidrojeolojik raporda (Kartal, T., 1974), Termal kaplıca kaynağının emniyeti açısından kaynak çevresinde iç içe üç korunma alanı belirlenerek bu alanlar içerisinde alınması gereken önlemler sıralanmaktadır. Önlemlerden bir tanesi, korunma alanları içerisinde her tür patlatmanın yapılmasına engel olunmasıdır. Ancak işletilecek olan taşocağı 3 No'lu koruma alanının 1258 m. dışında kalmaktadır. Diğer deyişle emniyetli patlayıcı miktarlarının belirlenerek taşocağının işletilmesi konusunda MTA raporuna göre engelleyici bir durum olmadığı anlaşılmıştır.

Termal kaplıca kaynağı ile taşocağı arasında yer alan jeolojik birim magmatik kökenli andezitlerdir. Muhtemelen Oligosen yaşlıdır. Üstünde Pliosen karasal fasiyesi depozitler gelmektedir. Yörede hâkim doğrultuları SW-NE olan bir dizi fay belirlenmiştir. Termal kaynağı bu faylardan birisi üzerinden yüzeye çıkmaktadır (Akartuna, M., 1968). Çalışma açısından dikkati çeken diğer önemli bir fay da Termal'den taşocağına doğru uzanmaktadır. Anılan bu fay adeta taşocağında yapılacak patlatmalardan oluşacak enerjiyi Termal kaplıca kaynağına iletecek bir terminal izlenimi vermektedir. Bu bakımdan hesaplanacak emniyetli patlayıcı miktarları yönünden olabildiğince kısıtlamaya gidilmesi zorunlu görülmüştür.

Emniyetli patlayıcı miktarlarının belirlenmesi amacıyla öncelikle bir röper patlatmanın yapılmasına karar verilmiştir. 5.9.1981 tarihinde T.S. ile 15:00 de 3100 kg. amonyum nitrat + 150 kg. jelatinitten oluşan şarj miktarı ile yapılan patlatma, Termal-taşocağı arasında bir profil üzerine dizilen üç akselograf (ivme ölçer) ile kaydedilmiştir. Akselografraflar Japon Katsujima marka olup, iki yatay bir düşey bileşenlidirler. 3 No'lu akselograf Termal kaynağı kaptajında ana kaya üzerine monte edilmiştir. Alınan kayıt örnekleri Şekil-2'de, ölçülen maksimum ivme değerleri ise Tablo-V'te verilmektedir.

Akselograf No	Patlatmaya Uzaklık m.	Kaydedilen Mak. İvme	Keydeden Bileşen
1	434	110 gal (0.11 g.)	Düşey
2	1525	17.9 gal (0.01 g.)	Düşey
3	2633	3.6 gal (0.003 g.)	Düşey

Tablo - V

Bölüm 3.3'de verilen (15) No'lu ilişki yukarıdaki patlayıcı miktarı ve uzaklıklar için kullanıldığında elde edilen maksimum ivme değerleri aşağıda çıkarılmıştır (Tablo-VI).

Patlatmaya Uzaklık (m)	(15) No'lu İlişkiye Göre Bulunan Mak. İvme
434	5.44 gal (0.005 g.)
1525	0.44 gal (0.0004 g.)
2633	0.16 gal (0.0002 g.)

Tablo-VI'daki değerlerin çok küçük çıktığı gözlenmektedir. (15) No'lu ilişkinin Yalova-Termal yöresi için direkt olarak kullanılmasının aşırı emniyetsiz değerlere götüreceği anlaşılmaktadır. Anılan ilişki en çok (2.97) katsayısına bağlı kalmaktadır. Tablo-V'teki kaydedilen ivme değerleri ve uzaklıklara dayalı olarak (2.97) yerine (4.41) gibi ortalama bir katsayı değeri saptanmıştır. Böylelikle amprik ilişki Yalova-Termal yöresi için aşağıdaki gibi modifiye edilmiştir.

$$\text{Log } a = 0.75 \text{ Log } W + 4.41 - 2 \text{ Log } D \quad (1.6)$$

Öte yandan MKS (Mercalli-Cancani-Seiberg) şiddet skalasına göre en küçük hasara yol açabilecek deprem V şiddetindedir. V şiddetindeki bir depremin A tipi olarak tanımlanan kırsal konutlarda hafif hasar yarattığı ve bazı hallerde kaynak sularının debilerini değiştirdiği gözlenmiştir. Termal kaplıca kaynağı için V şiddeti eşik değeri olarak seçilerek, Tablo-IV'ten bu şiddetin alt sınırının  $M = 4.3$  Richter magnitudüne, onun da 14.7 gal = (0.015 g.)'lik bir maksimum ivmeye karşı geldiği belirlenmiştir.

O halde Termal kaplıca kaynağında 14.7 gal ve daha büyük ivmeler yaratacak patlatmaların yapılması riskli olacaktır. Termal kaplıca kaynağının önemi ve daha önce değinilen terminal konurundaki fayın varlığı da dikkate alınarak, 14.7 gal olan eşik değerini 10 gal'e indirmeyi uygun gördük. (16) No'lu ilişki de  $D = 2633$  m. mesafe değeri sabit tutularak değişik patlayıcı miktarlarının Termal kaynağında yaratacağı maksimum ivmeler hesaplanmıştır.

Hesaplama sonuçlarına göre, Termal kaplıca kaynağında 9.8 gal'lik ivme yaratacak olan, (9000 kg. amonyum nitrat + 465 kg. jelatinit)'ten oluşan patlayıcı miktarının ve bu değer altındaki miktarların Gökçe Barajı taşoçağında emniyetli olarak kullanılabilmesi saptanmıştır.

Saptanan emniyetli patlayıcı miktarlarına bağlı kalınarak taşoçağı işletilmiş ve herhangi bir sorun ortaya çıkmamıştır.

## ATATÜRK BARAJI YERİ ÇALIŞMASI

Gerek gövde dolgu hacmi, gerekse üreteceği enerji bakımından ülkemizin en büyük, dünyanın da sayılı büyük barajları arasında yer alacak olan Atatürk Barajının dolusavaklarının oturacağı bölümde 9,5 milyon m<sup>3</sup> malzemenin patlatılarak hafredilmesi planlanmıştır.

Ancak, dolusavak patlatmalarının yapıldığı alanın barajın açımı bitmiş olan derivasyon tünellerine olan mesafesi 150-500 m. arasındadır.

Bu durum karşısında derivasyon tünelleri beton kaplamalarının, giriş ve çıkış ağız yapılarının, konsolidasyon emajeksiyonlarının patlatmalardan zarar görmemesini sağlamak amacıyla emniyetli patlayıcı miktarlarının belirlenmesi istenmiştir. Tarafımızdan vibrasyon hızı ve yer ivmesine dayalı olarak iki ayrı değerlendirme yapılmıştır.

Arazide yer alan jeolojik formasyon Mesozoik-Üst Kre-tase yaşlı plakette, marnlı kireçtaşlarıdır. Orta sertlikte kayalık tanımlamasına uygundur.

Vibrasyon hızına dayalı olarak yaptığımız değerlendirme göre;

Derivasyon tünelleri için eşik vibrasyon hızı değeri  $v = 150$  mm/sn. olarak seçilmiştir. Bu değer (12) No'lu Langefors-Kihlström ilişkisinde sabit tutularak ve orta sertlikte kayalık için  $k = 300$  alınarak değişik mesafelere göre emniyetli patlayıcı miktarları hesaplanmıştır.

Hesaplama sonuçları Tablo-VII'de yer almaktadır. Patlayıcı miktarları TNT, amonyum nitrat ve % 90 T.A.N. + % 10 Jelatinit cinsinden ayrı ayrı verilmiştir.

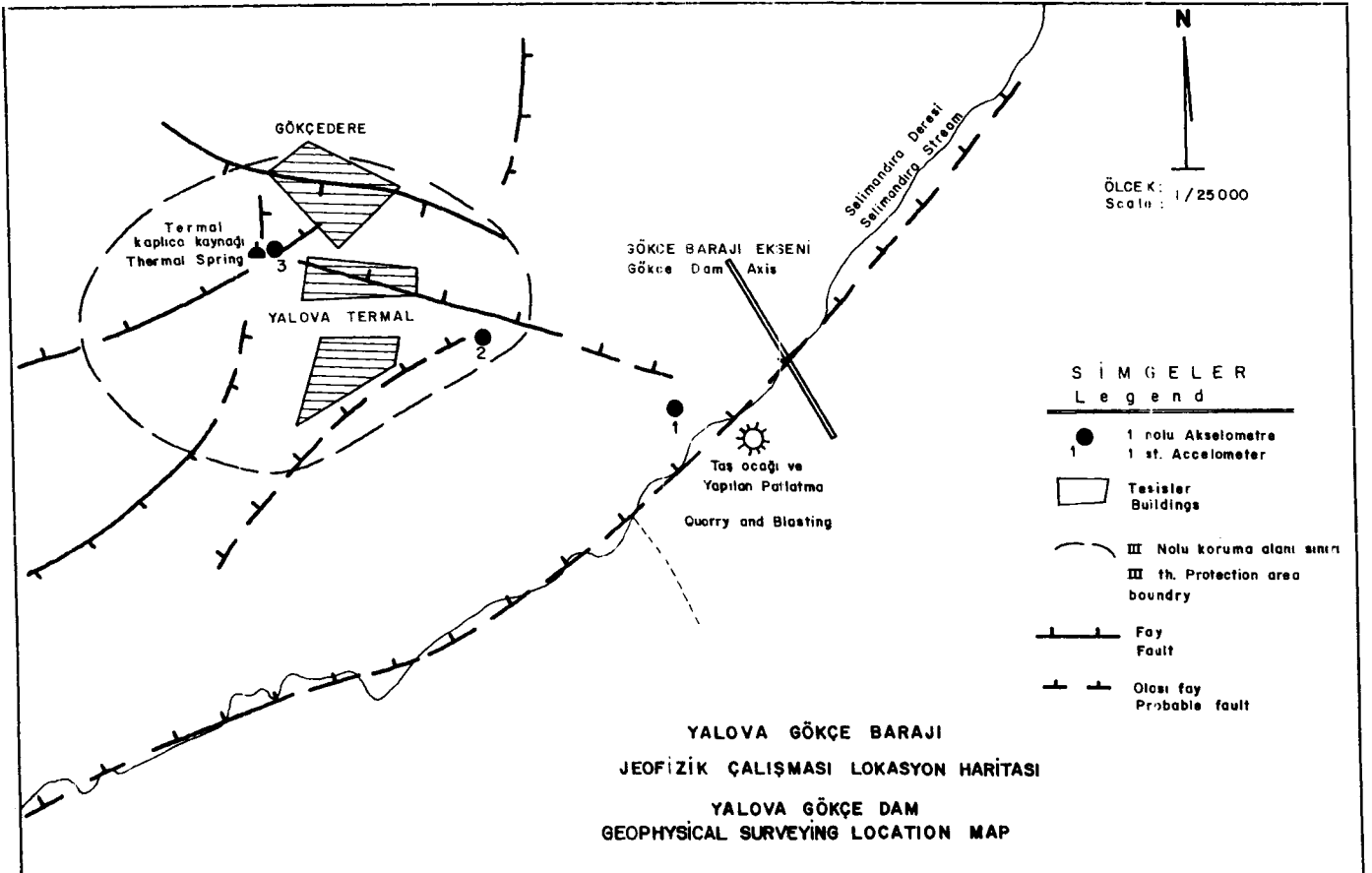
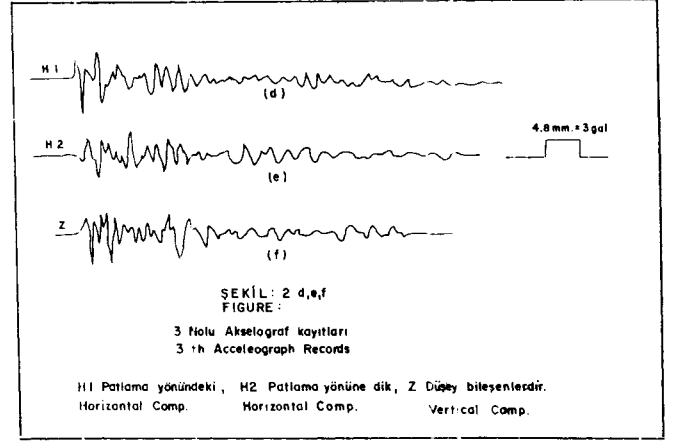
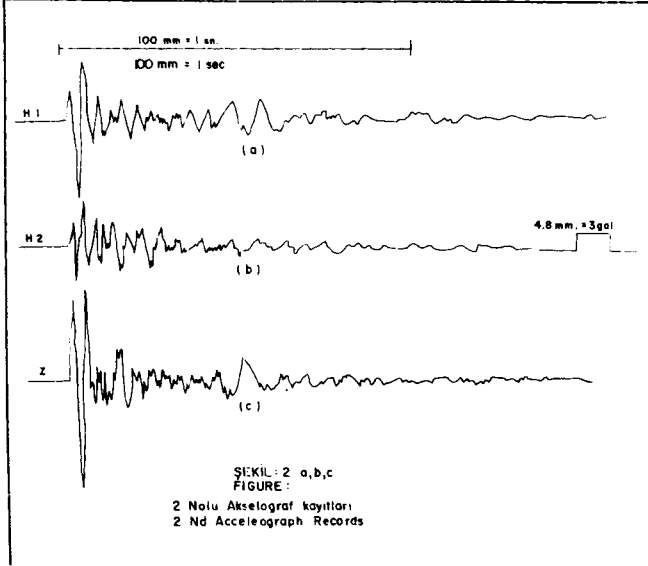
Derivasyon Tünellerine Uzaklık (m)	TNT (kg)	Amonyum Nitrat (kg)	% 90 T.A.N. + % 10 Jelatinit (kg)
150	459	1350.8	1215.7 + 62.8
200	707	2079.7	1871.4 + 96
250	988	2906.5	2615.3 + 135
300	1299	3820.7	3433.5 + 177.7
350	1636	4814.6	4330.5 + 223.8
400	2000	5882.3	5294.1 + 273.5
450	2386	7019	6315.8 + 326.4
500	2795	8220	7393.5 + 382.3

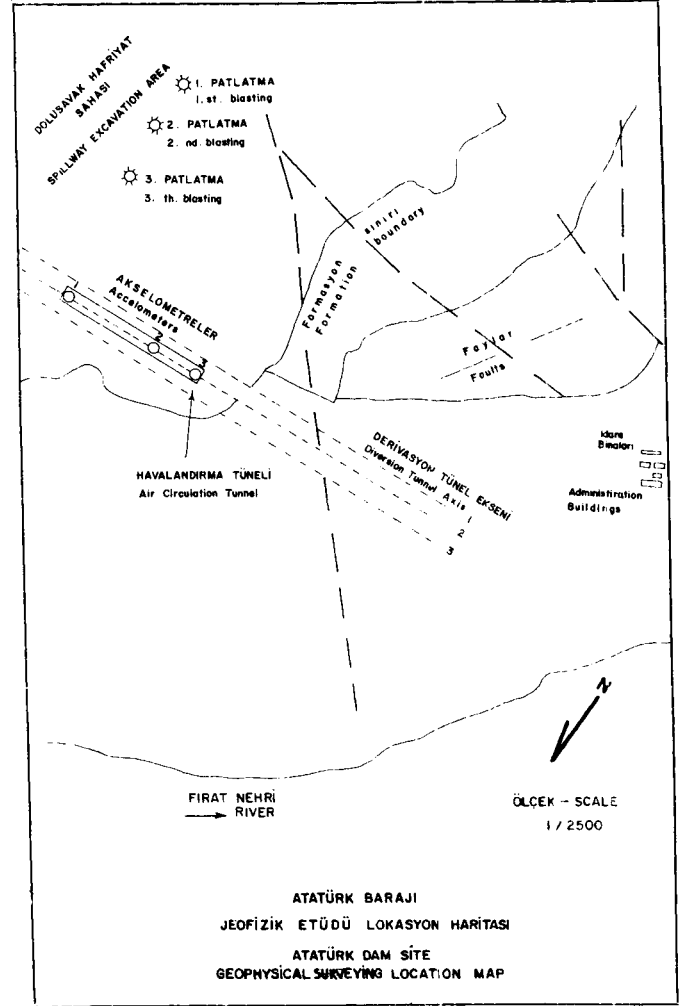
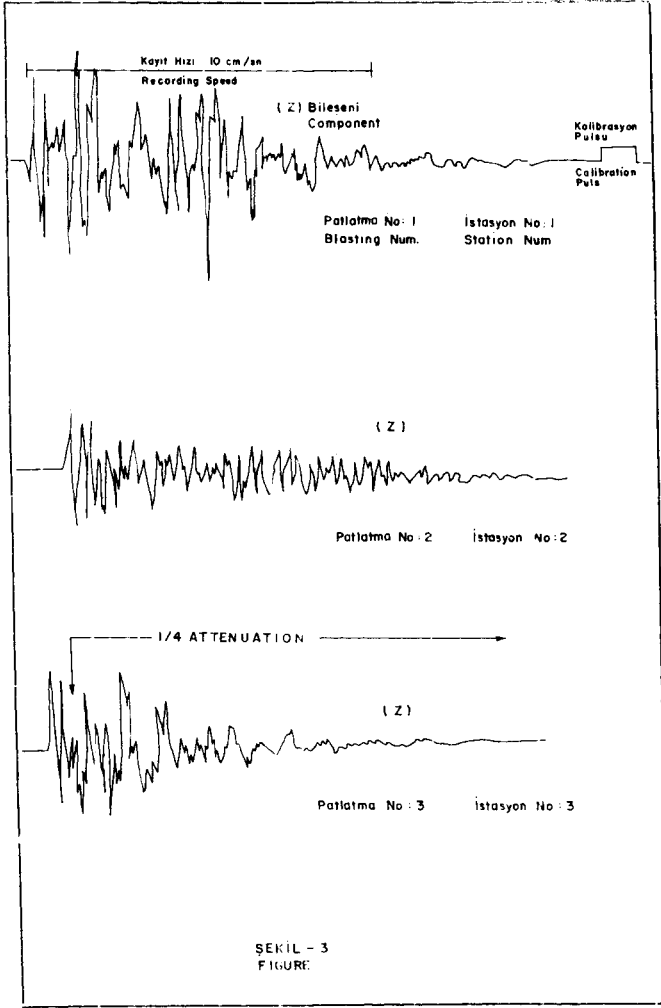
Tablo - VII

Emniyetli patlayıcı miktarlarının yer ivmesine dayalı olarak saptanabilmesi amacıyla Tablo-VIII'de verilen şarj miktarları ile üç örnek patlatma yapılmıştır. Patlatmalar, derivasyon tünellerinin üstüne isabet eden havalandırma tünelleri içerisine belirli mesafelere yerleştirilen üç akselograf ile kaydedilmiştir (Bak. Lokasyon Haritası). Kayıtlardan okunan maksimum ivme değerleri aynı tabloda, kayıtlardan koppe edilebilenler de Şekil-3'te verilmiştir.

Örnek patlatmaların şarj miktarları, ivme değerleri ve mesafeler esas alınarak, (15) No'lu ilişki Yalova-Termal örneğinde olduğu gibi modifiye edilmiştir. İlişki son şekliyle aşağıda verilmektedir.

$$\text{Log } a = 0.75 \text{ W} + 4.03 - 2 \text{ log } D \quad (17)$$





KAYITLARDAN HESAPLANAN YER HAREKETİ MAKSİMUM İYMELEERİ - Gal							
PATLATMA NO:	PATLATILAN MADDE MİKTARI	(1) NO:LU İSTASYONA UZAKLIĞI (M)	(2) NO:LU İSTASYONA UZAKLIĞI (M)	(3) NO:LU İSTASYONA UZAKLIĞI (M)	(1) NO:LU İSTASYON	(2) NO:LU İSTASYON	(3) NO:LU İSTASYON
1.	600 Kg TAN + 64 Kg Jelat.	406	448	487	Z= 30 H=32.5	Z=15.1	Kayıt Bozuk
2.	333Kg. TAN. + 37 Kg. Jelat	332.4	378.8	423.7	Z= 27.5	Z=15.3 H=14.6	Z=10.9
3.	900 Kg. TAN + 100 Kg. Jelat	226	294	351	Z=62.5 H=43.7	Z=52.5	Z=43.7 H=40

Tablo - VIII

Z= Düşey (Vertical Comp.)  
H= Yatay Bileşen (Horizontal Comp.)

