

YAPI YIKIMLARINDA PATLATMA UYGULAMASI

Blasting Application At Structure Demolition

Ferhan ŞİMŞİR⁰
Halil KÖSE¹⁾

Anahtar Sözcükler: Devrilme Kinematığı, Patlatma Kaması, Hauser Bağintıları, Yapı Devrilmesine Bağlı Titreşimler

ÖZET

Patlatma, hasarlı veya ekonomik ömrünü tamamlamış yapıların (binalar, bacalar, lavvar tesisleri, silolar, sığınaklar vb.) yıkımlarında, geleneksel yıkım tekniklerine göre oldukça emniyetli, daha ucuz ve hızlı bir yöntem olarak uygulama alan bulmaktadır. Bu çalışmada önce bir yapının devrilmesi için gerekli kinematik koşullar anlatılmış, daha sonra da delik geometrisi tasarımı ve şarj hesabında kullanılan Hauser bağintıları açıklanmış ve devrilme sonucu oluşan yer titreşimleri irdelenmiştir. Makalenin sonunda da bazı uygulama örneklerine yer verilmiştir.

ABSTRACT

As a highly safe, more economical and fast method compared with conventional demolition techniques, blasting finds an application field at demolition of damaged or non-economical structures (buildings, chimneys, coal washery plants, bins, bunkers etc.). In this study, firstly, kinematic conditions necessary for the fall of a structure are explained, then the Hauser formulas used at designing the blast-hole pattern and calculating hole charges are presented and ground vibrations resulting from fall of structure are investigated. At the end of the paper, some application examples are given.

* ' Öğr. Gör. Dr., D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Bomova-İZMİR

** ' Prof. Dr., D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Bomova-İZMİR

1. GERİŞ

Endüstriyel patlatma tekniğinin önemli bir dalını da, örme duvar, beton ve betonarmeden oluşmuş yapı ve yapı elemanlarının (sanayi tesisi, yol, köprü, konut, baca vb.) patlatılarak yıkılmaları oluşturmaktadır. Ülkemizde henüz pek uygulanmayan, ancak gelişmiş ülkelerde uzun yıllardan beri kullanılan bu teknikten çoğu zaman, yukarıda anılan yapılan en kısa sürede, en ucuz şekilde ve çevreye minimum zarar vererek yıkması beklenmektedir. İmar sahalarında veya sanayi tesislerinde alanların tasarruflu kullanımı amacıyla yapıların birbirine çok yakın yapılmış olmaları veya yolla ilgili bir yıkımda bir yandan trafik akışının devamının istenmesi, bu tür patlatmaların geleneksel madencilik amaçlı patlatmalara göre çok daha titiz bir şekilde planlanarak yürütülmesini zorunlu kılmaktadır. Patlatmanın başarısı esas olarak, patlatma personelinin eğitim düzeyine ve patlatma düzeninin hazırlanmasına bağlıdır. Bu amaçla her yapı yıkım patlatmasında, teknik parametreler ve maliyet hesabı yanında, patlatma öncesi, sırası ve sonrasında, çalışanların ve çevrenin güvenliğini de sorgulayan bir proje hazırlanmaktadır. Patlatma sonucunun sağlıklılığı açısından böyle bir projede yer alması gereken en önemli bilgiler, patlatma deliklerinin dizaynı ile kullanılacak patlayıcı tipi ve miktarıdır (Heinze, 1975).

2. RİJİT YAPI ELEMANLARININ PATLATMA SIRASINDAKİ KİNEMATİK DAVRANIŞLARI

Patlatarak yıkma işleminde, yıkıcıya geleneksel yıkım tekniklerine göre (çelik küre, balyoz, ekskavatör kepçesi ile vb.), yıkım süresi ve gerekli yıkım sahası açılarından avantaj sağlayan 3 ayrı yöntem uygulanmaktadır. Bunlar;

- ® Yapının belli bir yöne devrilmesini sağlamak,
- 9 Yapının kendi içine çökmesini sağlamak,
- ® Yapının devrilme mesafesini kısa tutmak amacıyla belli bir yöne doğru devrilirken kendi içine çökmesini sağlamak,

şeklindedir. Burada, yapının yana yatarak devrilmesine uygun boş arazi varsa, daha ekonomik olması nedeniyle öncelikle devirerek

yıkma, ancak yapının çevresinde zarar görebilecek başka yapıların varlığı durumunda ise, daha pahalı olmasına rağmen yapının kendi içine çökmesini sağlayarak yıkma sözkonusu olmaktadır.

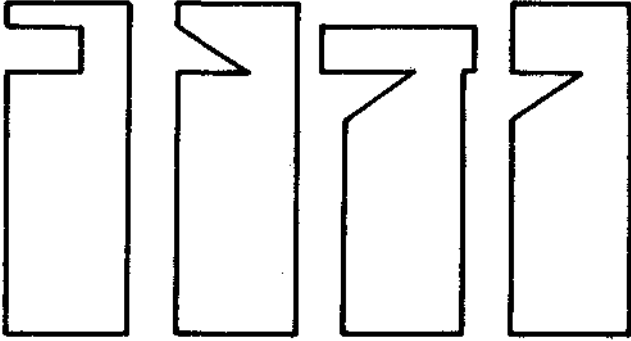
Görüldüğü gibi, yapının belli bir yöne devrilmesinin sağlanması büyük önem taşımaktadır ve bu başlık altında bu kısım irdelenecektir. Rijit bir yapının devrilmesi ancak, yapı ağırlık merkezi izdüşümünün, yapının üzerine oturduğu alanın dışına çıkması durumunda olasıdır. Eğer patlatma ile yapının "yeterince" yana yatması sağlanamazsa, devrilme gerçekleşmeyecektir. Bu amaçla önce, yıkılacak yapının ağırlık merkezinin koordinattan ve yapı temelinin statik özellikleri belirlenmelidir. Homojen düzgün cisimlerde ağırlık merkezleri nispeten kolay hesaplanabilirken, farklı malzemelerden ve şekillerden oluşan yapılarda her elemanın ağırlık merkezi ayrı ayrı hesaplanıp, bunların bileşkesinden yapı ağırlık merkezi bulunmalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, patlatma düzleminin üzerinde kalan, yani devrilecek olan yapı bölümünün ağırlık merkezinin belirlenmesi ve hesaba bunun katılmasıdır.

Yapının devrilmesi yani ağırlık merkezinin yeterince yer değiştirmesi, patlatma düzleminin hemen altında planlanan kama şekilli bir parçanın patlatılarak, o noktada bir devrilme boşluğu yaraulmasıyla sağlanır. Örme duvarlardan oluşan yapılar, patlatmadan hemen sonra henüz yana yatarak yer çekimi nedeniyle parçalanırken, betonarme yapılar devrilirken dahi rijitliğini korumakta ve ancak yere çarptıklarında parçalanmaktadırlar. Özellikle bu tür yapılarda patlatmanın başansı açısından kama geometrisinin çok iyi hesaplanması gerekmektedir (Oehm, 1992). Burada yapılacak kama geometrisi hesaplarında şu kabuller yapılmaktadır;

- ® Yapı, prizmatik bir şekle sahiptir, yani dış duvarlar düşeydir.
- Patlatma düzleminin üzerinde yer alan yapı bölümünün ağırlık merkezi bellidir ve kamanın kütlesi ihmal edilmektedir.
- Patlatma sonrasında yapı, kama ekseninin oluşturduğu bir doğru çevresinde dönmektedir.
- »Dönme hareketi yapının eğilme mukavemetinden etkilenmez, yani patlatma düzleminde yapının tamamen koptuğu düşünülmektedir.

- ® Dönme hareketi "sonsuz yavaş" şekilde gelişmektedir, yani hareket eden yapının atalet momentiyle bir engelin aşılması söz konusu değildir.
- ® Kama boşluğu, patlama sonucu oluşan moloz veya patlamayan temel demirleri tarafından daraltılmamaktadır.

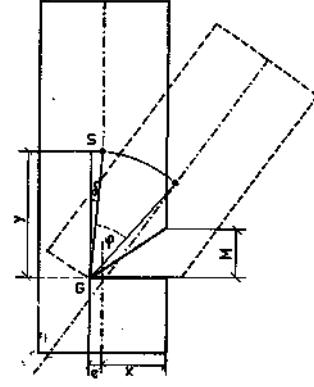
Şekil 1'de yapı ve patlatma tekniğine konu olabilecek dört temel yapı ve kama tipi görülmektedir.



Şekil 1. Dört temel kama tipinin şematik görünüşü (Oehm, 1992)

2.1. 1. Tip Kama Şekli

Bu, en sık rastlanan şıktır. Burada patlatılacak kama, patlatma düzleminde itibaren yukarıya doğru açılmaktadır. Düşmekte olan yapı, temel ayağının dış kısmına doğru herhangi bir engel olmaksızın yatabilmektedir (Şekil 2). Burada zeminden veya bir çalışma platformundan belli yükseklikte devrilme yarıkları açılır ve patlatma delikleri doldurulur. Yapı devrilirken kamanın üst kenarı, altta kalan yapının dış kenarına temas eder. Bu durumda ağırlık merkezi yapının izdüşümünden dışarıya taşmış ise, devrilme koşulu gerçekleşmiştir. Bu dönme hareketinin gerçekleşebilmesi için, kama açısının en az devrilen yapının dönme açısı (φ) kadar olması gerekir; dolayısıyla $\varphi < p$ açısının belirlenmesiyle problem çözülmüş olur.



Şekil 2. 1. Tip kama şeklinin geometrik devrilme koşulları (Oehm, 1992)

- G = Patlatma düzlemi üzerinde olan ve dönme eksenini oluşturan mafsallar
- S = Patlatma düzlemi üzerinde kalan yapının ağırlık merkezi
- x,y = Ağırlık merkezi koordinatları
- e = Eksantriklik oranı; devrilme ekseninin ağırlık merkezi izdüşümüne olan yatay uzaklığı
- M = Patlatılacak kamanın yüksekliği

Patlatılması gereken kamanın yüksekliğini hesaplamak için, S ağırlık merkezi ve G mafsallarının koordinatlarının bilindiği kabul edilmektedir. Buradan Ö ile G-S arasındaki mesafe de kolayca bulunabilir. Bu mesafe, devrilme sırasında S ağırlık merkezinin üzerinde hareket ettiği yayın yarıçapıdır.

$$\psi = \arctg(e/y), \quad R = \sqrt{e^2 + y^2}$$

Geometrik devrilme koşulunun denklemsel ifadesi şöyledir; $\sin(\psi + \varphi) R = e + x$

Bu denklem aranan φ açısına göre çözülürse;

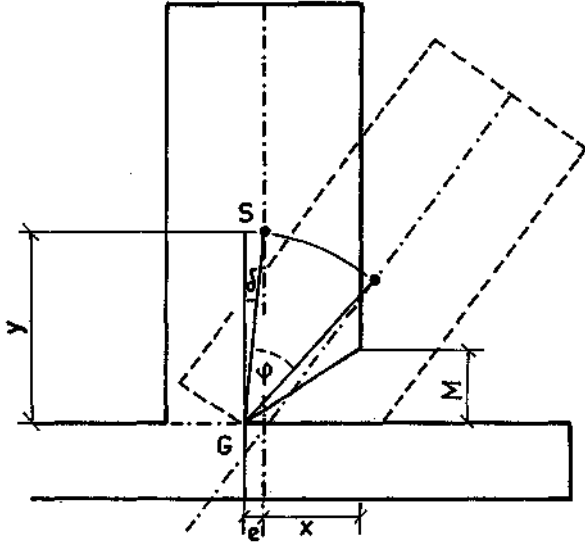
$$\tg \varphi = \frac{-ey}{y^2 - (e+x)^2} + \sqrt{\left[\frac{ey}{y^2 - (e+x)^2} \right]^2 + \frac{x^2 - 2ex}{y^2 - (e+x)^2}}$$

Bu açı yardımıyla da, aranan kama yüksekliği kolayca bulunabilir:

$$M = (e+x) \tg \varphi \quad (1)$$

2.2. 2.Tip Kama Şekli

Bu tipte kama yine yukarıya doğru açılmaktadır, ancak devrilen yapı daha geniş bir alt yapı (örn; beton bir zemin) tarafından kısmen desteklenmektedir (Şekil 3).



Şekil 3.2. Tip kama şeklinin geometrik devrilme koşulları (Oehm, 1992)

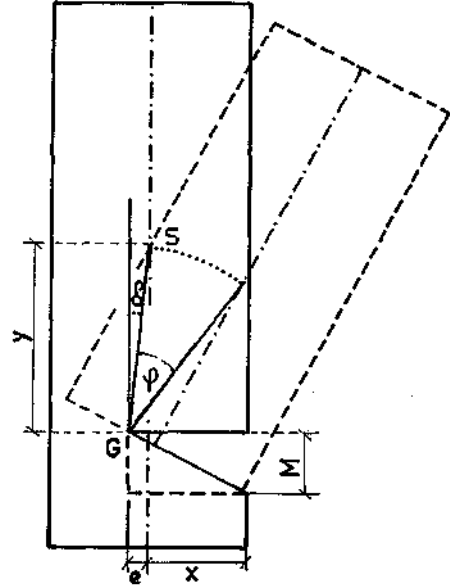
2 ve 3 no'lu şekillerin karşılaştırılmasıyla aradaki fark görülebilir. Her iki şeklin patlatma düzlemi üzerinde kalan kısmı aynıdır. Ancak Şekil 2'de, yapı, kama açısı kadar yana yattığında, ağırlık merkezi havada asılı duruma gelmekte ve devrilme gerçekleşebilmektedir. Oysa Şekil 3'de, yapı kama açısı kadar döndüğünde, ağırlık merkezinin izdüşümü, geniş altyapıyla temas eden kama üst yüzeyinin sınırları içinde kalmaktadır ve devrilme gerçekleşmez. Devrilmenin olabilmesi için kama yüksekliğinin artırılması gerekir ve iyi bir patlatma sonucu için burada varolan koşullar, 1. şıkka göre daha olumsuzdur. Kama yüksekliği aynı şekilde φ devrilme açısının Eşitlik (1)'de yerine konması ile hesaplanır;

$$\sin(\delta + \varphi) R = (e + x) / \cos \varphi \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{y - \sqrt{y^2 - 4x^2} - 4ex}{2(e + x)}$$

2.3. 3. ve 4. Tip Kama Şekilleri

2. Şıkta görüldüğü gibi, kamanın üst kenarının destek yüzeyini oluşturması nedeniyle, yapının devrilmesinde önemli bir rolü vardır. Kama patlatma düzeyinin alt kısmında oluşturulursa, üst kenar yatay konumlu ve dolayısıyla da mümkün olan en küçük yüzeye sahip olacaktır. Böylece gerekli kama yüksekliği de azalacaktır (Şekil 4).



Şekil 4. 3. ve 4. Tip kama şekillerinin geometrik devrilme koşulları (Oehm, 1992)

Patlatma düzeyinin alt kısmında oluşturulan kamalar üçgen ve dörtgen olmak üzere 2 farklı şekilde incelenebilir.

Üçgen Şekilli Kama

Yapının φ açısı kadar dönmelerinden sonra desteklenme olanağı, kamanın üst kenar tarafından sınırlanır. Bu kenar, dönme merkezinin konumu nedeniyle dönme sırasında gittikçe daha çok yapı içine doğru hareket ettiğinden, devrilme koşulu, ağırlık merkezinin izdüşümü daha henüz yapı izdüşüm alanı içinde iken gerçekleşmiş olur. Minimum kama yüksekliği hesabı ise Eşitlik (1) ve Eşitlik (2)'nin kullanılması ile hesaplanır:

$$\operatorname{tg} \varphi = x/y$$

Dörtgen Şekilli Kama

Şekil 4'te kesik çizgiyle görüldüğü gibi, devrilmenin gerçekleşebilmesi için katedilmesi

gereken 9 açısı, dörtgen şeklinde de üçgen şekilli cama ile aynıdır. Ancak gerekli kama yüksekliği, camanın şekli nedeniyle biraz daha küçük seçilebilmektedir (Oehm, 1992).

$$M = \frac{ex + x^2}{\sqrt{y^2 + \left(\frac{x}{v}\right)^2}}$$

v v y;

3. YIKIM PATLATMASINDA KULLANILACAK PATLAYICI MADDE MİKTAM VE DELİK GEOMETRİSİ

Yapı ve yapı elemanlarının patlatılarak yıkılması, patlatma mühendisinin karşılaşılabileceği en zor ve en ilginç görevlerden bindir. Ancak çoğu zaman, baca ve köprülerde olduğu gibi, tek bir patlatma olasıdır ve uygun delik geometrisi ve patlayıcı madde miktarını belirlemek için bir deneme patlatması yapma olanağı yoktur. Bu gibi durumlarda yapılan patlatma dizaynı, bacanın belli bir yöne düşmesini, köprünün yeterince parçalanarak yıkılmasını veya binanın yüklenebilir tane iriliğine ufalanmasını garanti edebilmelidir. Bu ise ancak doğru bir delik dizaynı ve patlayıcı madde miktarı hesabı ile mümkündür.

3.1. Patlatılacak Hacime Göre Patlayıcı Madde Miktarı Hesabı

Bunun için geçerli formül şöyledir;

$$L = Vq \quad (3)$$

Burada L = Kullanılacak patlayıcı miktarı (kg), V = Patlatılacak hacim (m³) ve q = Özgül patlayıcı miktarı (kg/m³)'dir. Bu formülde, patlatılacak hacim yerine kütle konursa, formül L=Mq şeklini alacaktır. Bu durumda q değerinin (kg/t) cinsinden ifade edilmesi gerekir.

Bu yöntemle ve özellikle de hacime göre yapılan hesaplama çok basittir (zira patlatılacak objenin boyutları bellidir) ve hata yapma yüzdesi düşüktür. Sadece q değerinin amaca uygun olarak çok iyi belirlenmesi gerekir. Elde edilen L değeri, V toplam hacmine sahip yapının patlatılması için gerekli toplam patlayıcıyı verir, ancak bunun yapı içinde nasıl dağıtılması gerektiği hakkında bir ipucu

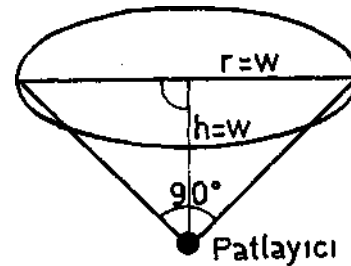
vermez ve bu işi patlatma mühendisinin bilgi ve deneyimine bırakır (Thomas, 1985).

3.2. Hauser'e Göre Patlayıcı Hesabı

19. yüzyılda Fransız siper ve sığınak yapımcısı Vauban tarafından mayınlar için ortaya atılan formül, Hauser tarafından geliştirilerek şu hale dönüştürülmüştür;

$$L = w^3 c d \quad (4)$$

Burada, L = Patlayıcı miktarı (kg), w = Delik etki mesafesi (m), c = Özgül patlayıcı miktarı (kg/m³), d= Sıkılama katsayısı'dır.



Şekil 5. Patlayıcının etki alanı (Thomas, 1985)

Bu formül noktasal şarjlar için geçerlidir ve patlatılacak hacim ile kullanılacak patlayıcı arasında w³ ilişkisinin olduğunu gösterir. Noktasal şarjda patlama sonucu oluşan boşluğun dik koni olduğu kabul edilirse, Şekil 5'e göre koni hacmi;

$$V_{koni} = \frac{\text{Taban alanı} \cdot \text{Yükseklik}}{3}$$

$$r = w, h = w, 7t = 3 \text{ olursa;}$$

$$V_{koni} = \frac{1}{3} \left(\frac{7d^2}{4} \right) h - \frac{3(2w)^2 w}{3} = w^3$$

Buna göre kullanılacak patlayıcı miktarı, delik etki mesafesinin kübü ile orantılıdır. Her ne kadar 3 ve 4 no'lu eşitliklerdeki c ve q değerlerinin ikisi de özgül patlayıcı sarfiyatını gösteriyorsa da, bu değerler farklı yazarlar tarafından tanımlanmış olup, aralarında c=8q ilişkisi olduğu unutulmamalı ve tablolardan doğru değerlerin alınmasına çok dikkat edilmelidir. Bu arada her başarılı yıkım patlatması sonunda q değeri kolayca belirlenerek (kullanılan toplam patlayıcı / patlatılan hacim)

buradan da c değeri bulunabilir ve tablolarda olası düzeltmeler yapılabilir (Thomas, 1988).

Çizelge 1. Delik Sıkılama Katsayıları "d" (Thomas, 1988)

Patlayıcı yerleştirme şekli	Sıkılama katsayısı
Patlatılacak cismin ortasında, sıkılanmış delik şarjı	1.0
Patlatılacak cismin ilk 1/3 'ünde, sıkılanmış delik şarjı	1.4
Patlatılacak cismin içine demet şeklinde yerleştirilmiş patlayıcı	2.0
Cismin üzerine konmuş, sıkılanmış patlayıcı	3.5
Cismin üzerine konmuş, sıkılanmamış patlayıcı	4.5
Cismin üzerine konmayıp içine sarkıtılmış ve sıkılanmamış patlayıcı (örneğin baca)	6.0

4 no'lu eşitlik sadece, çift delik etki mesafesine sahip deliklerarası ve delik sıralan arası mesafede geçerlidir, yani;

$a_B - a_R = 2w$ olmalıdır (a_e = Deliklerarası mesafe; a_R = Delik sıralan arası mesafe).

Daha büyük deliklerarası ve delik sıralan arası mesafede delikler tek şarj olarak davranmakta ve delikler arasında parçalanmamış kısımlar kalmaktadır. Deliklerarası ve delik sıralan arası mesafenin daha küçük seçilmesi durumunda, 2 no'lu formülün buna uygun olarak değiştirilmesi gerekir. Örneğin, delik sıralan arası mesafenin $2w$ olarak sabit kabul edilmesiyle deliklerarası mesafe yanya indirilirse, şarj miktarının da yarılanması gerekir. Böylece formül şu şekli alır;

$$a_B = w; a_R = 2w \text{ için } \rightarrow L = w \cdot c \cdot d / 2 \quad (5)$$

Deliklerarası mesafenin w ile $2w$ arasında herhangi bir değer seçilmesi durumunda ise formül şu hale gelir,

$$a_B < 2w; a_R = 2w \rightarrow L = w \cdot c \cdot d \cdot a_B / 2 \quad (6)$$

6 no'lu formül ile oldukça esnek şekilde herhangi bir deliklerarası mesafede kullanılacak patlayıcı miktarını hesaplamak mümkün ise de, delik veya

şarj bölgesi başına ne kadar patlayıcı kullanılacağı halen bilinmemektedir. Bu formülün modifiye edilmesiyle, tek sıralı deliklerde, delik başına düşen patlayıcı miktarını veren aşağıdaki bağıntı türetilir;

$$a_S < 2w; a_R = 2w \rightarrow L_B = w \cdot a_S \cdot h \cdot c \cdot d / 4 \quad (7)$$

Burada, L_B = Delik başına kullanılacak patlayıcı (genelde Ammon-Gelit 3) (kg), h = Patlatılacak cismin delik boyunca kalınlığı (m)'dir.

Sadece deliklerarası değil, aynı zamanda delik sıralan arası mesafenin de $2w$ 'ye kadar herhangi bir değer alındığı durumda (yani tek değil, çok sıralı patlatmalarda), şu bağıntı kullanılabilir;

$$a_S < 2w; a_R < 2w \rightarrow L_B = w \cdot a_e \cdot a_R \cdot c \cdot d / 4 \quad (8)$$

Bu bağıntıda $a_R = 2w$ ve $a_S = 2w$ olduğunda, kolayca yine 4 no'lu eşitliğe ulaşılabilirdiği görülmektedir.

Delik başına konacak patlayıcı miktarının hesabı ise, 8 no'lu bağıntının değiştirilmiş haliyle yapılır;

$$a_B < 2w; a_R < 2w \rightarrow L_B = a_B \cdot a_R \cdot h \cdot c \cdot d / 8 \quad (9)$$

Bu formül ise 3 no'lu bağıntıdan başka bir şey değildir.

$$L = a_B \cdot a_R \cdot h \cdot (c/8) \cdot d = V_B \cdot q$$

Buraya kadar yapılan açıklamalar topluca Çizelge 2'de görülmektedir.

Çizelge 2. Yapı ve Yapı Elemanları Patlatmalarında Kullanılacak Patlayıcı Madde Miktarını Belirlemeye Yarayan Bağıntılar (Thomas, 1985)

Formül	Sınır koşullar	Açıklama
$L = Vq$ (1)	yok	Patlatılacak hacime göre ($q = \text{tecrübe değeri}$)
$L = MCL$	yok	Patlatılacak kütleyle göre
$L = w^3 cd$ (2)	Tek sıralı deliklerde $aB=2w$ Çok sıralı deliklerde $a_s=aR=2w$	Hauser formülü (tek delik için), delik başına düşen patlayıcıyı verir
$L = w^3 c d / 2$ (3)	Tek sıralı deliklerde $aB=w$ Çok sıralı deliklerde $aB=w$ $aR=2w$	Delik başına düşen patlayıcıyı verir, ancak bunun yerine 4 no'lu formülün kullanımı daha uygundur
$L = \frac{w^2 ascd}{2}$ (4)	Tek sıralı deliklerde $aB<2w$ Çok sıralı deliklerde $aB<2w$ $aR=2w$	Hauser formülünün 1. geliştirilmiş şekli, delik başına düşen patlayıcıyı verir, tek sıra deliklerde geçerli
$L_B = \frac{w ascd}{4}$ (5)	Tek sıralı deliklerde $aB<2w$ Çok sıralı deliklerde $aB<2w$ $a_r=2w$	Hauser formülünün 2. geliştirilmiş şekli, delik başına düşen patlayıcıyı verir, kullanım sadece tek sıra deliklerde
$L = \frac{wasRcd}{4}$ (6)	$aB<2w$ ve $aR<2w$ olan çok sıralı delikler için	Hauser formülünün 3. geliştirilmiş şekli, delik başına düşen patlayıcıyı verir, kullanım çok sıralı deliklerde
$L_B = \frac{asaR^2cd}{8}$ (7)	$a_s<2w$ ve $aR<2w$ olan çok sıralı delikler için	Hauser formülünün 4. geliştirilmiş şekli, delik başına düşen patlayıcıyı verir, kullanım çok sıralı deliklerde

L = Patlayıcı miktar (kg); L_B = Delik başına düşen patlayıcı miktar (kg); V = Hacim (m^3); M = Kütle (t); q ve c = Özgül patlayıcı miktar (kg/m^3); w = Delik etki mesafesi (m); d = Sıkılama katsayısı; a_B = Deliklerarası mesafe (m); a_R = Dilim kalınlığı (m); h = Patlatılacak cismin delik boyunca kalınlığı (m)

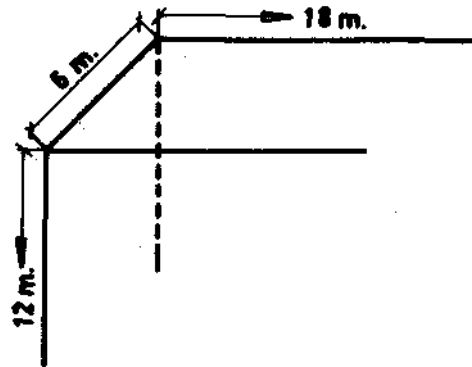
3.3. Bir Beton Köprü Kirişinin Patlatılması Örneğinde Bağıntılarının Kullanılması

Örnek kirişin boyutlarının Şekil 6'daki gibi olduğu kabul edilerek, delik şarjları, deliklerin yatay veya dikey delinmesine göre 2 seçenek için hesaplanacaktır. Ayrıca dikey delik şıkında, deliklerin tek sıralı veya çok sıralı delinmesine göre ayrı ayrı hesap yapılacaktır. Özgül patlayıcı miktar olarak pratiğe yakın bir değer olan $q = 0.250 \text{ kg/m}^3$ alınacaktır (buna göre $c = 8q = 0.25 \cdot 8 = 2 \text{ kg/m}^3$).

Yatak Delikler için Delik Şarjının Hesabı

3 no'lu bağıntıya göre, kirişin patlatılmasında gerekli toplam patlayıcı miktar, $L=Vq=6 \cdot 12 \cdot 18 \cdot 0.25 = 324 \text{ kg}$ olmaktadır. Bu miktar patlatılacak cismin üzerinde maksimum parçalanmayı sağlayacak, ancak çevreye de zarar vermeyecek şekilde dağıtılmalıdır.

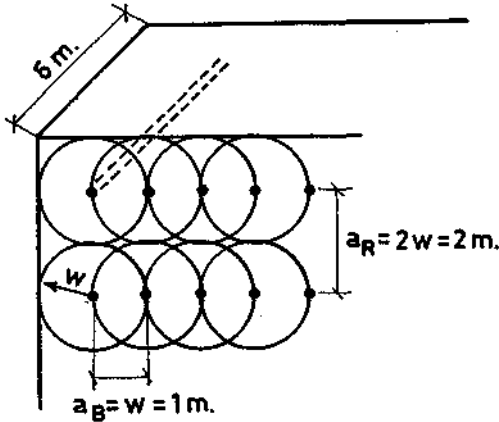
Bulunan bu toplam patlayıcıdan delik başına düşecek patlayıcı, buradan da delik patterni bulunur.



Şekil 6. Patlatılması öngörülen beton kirişin boyudan (Thomas, 1985)

Şekil 7'ye göre, deliklerarası mesafe 1 m, delik sıraları arası mesafe de 2 m seçilmiş olsun. Bu duruma göre gerekli delik sayısı; $n_b = 18 \cdot 12 / 2 \cdot 1 = 108$ olarak bulunur. Delik başına düşecek patlayıcı miktarı ise $324 \text{ kg} / 108 \text{ delik} = 3 \text{ kg/delik}$ olur. Aynı sonuca 9 no'lu bağıntıyla daha kolay şekilde de ulaşılabilir.

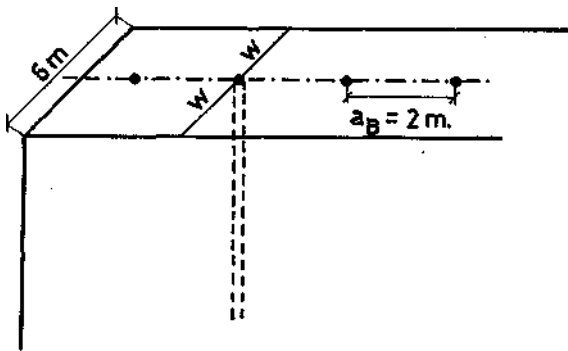
$$L_B = a_B a_R h c d / 8 = 1 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 1 / 8 = 3 \text{ kg}$$



Şekil 7. Yatay delinmiş delikler

Düşey Delikler İçin Delik Şarjının Hesabı

Kullanılacak toplam patlayıcı miktarı, yatay delik şikkındaki aynıdır. Bunun sadece daha derin düşey deliklere değişik şekilde dağıtılması gerekir. Burada deliklerin tek sıralı (Şekil 8) veya çok sıralı (Şekil 9) olmasına göre iki durum incelenecektir.



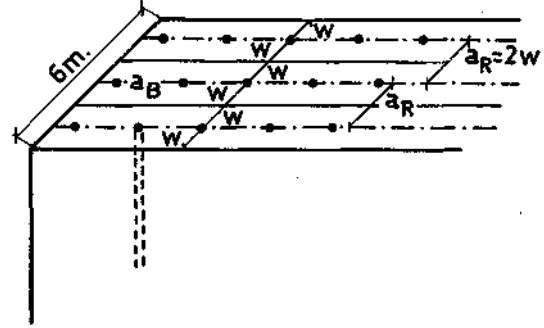
Şekil 8. Düşey delinmiş tek sıralı delik

Tek sıralı delik şikkında delikler kirişin ortasına delineceğinden, $w=3 \text{ m}$ olacaktır. Delikler arası mesafenin 2 m seçilmesi durumunda da gerekli

delik sayısı (kiriş uzunluğu / deliklerarası mesafe) = $18/2 = 9$ olacaktır. Bu durumda delik başına düşen patlayıcı miktarı $324 / 9 = 36 \text{ kg}$ olacaktır. Bu sonuca benzer şekilde 7 no'lu bağıntıyla da ulaşılabilir.

$$L_B = w a_B h c d / 4 = 3 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 1 / 4 = 36 \text{ kg}$$

Çok sıralı delik şikkında, delik sırası sayısı 3 olarak alınır, Şekil 9'a göre $w=1 \text{ m}$ olacaktır.



Şekil 9. Düşey delinmiş çok sıralı delikler

Deliklerarası mesafe 1.5 m alındığında, bir sıradaki delik sayısı; $18/1.5 = 12$ olacaktır. Bu durumda toplam delik sayısı $3 \cdot 12 = 36$, delik başına düşen patlayıcı miktarı ise $L_B = 324/36 = 9 \text{ kg}$ olacaktır. Bu değer 7 no'lu bağıntı ile doğrudan bulunabilir.

$$L_B = a_s a_R h c d / 8 = 1.5 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 1 / 8 = 9 \text{ kg}$$

Burada değinilmesi gereken bir nokta, Hauser bağıntılarının daha çok ince-uzun yapılarda uygun sonuç verdiği, 3 boyutu arasında çok fazla fark olmayan yapılarda ise, yapı kütlesi veya hacminden giderek gerekli toplam patlayıcıyı bulmanın daha uygun sonuçlar verdiği (Thomas, 1985).

4. YIKIM.PATLATMALARINDA YAPI DEVRİLMESİ SONUCU OLUŞAN YER SARSINTILARI

Patlatmayla yıkılmasına karar verilen baca, cevher hazırlama tesisi, kömür silosu ve diğer yapıların devrilip büyük bir momentumla zemine çarptıklarında önemli derecede sarsıntılara neden olduğu bilinmekte, bu da bazı durumlarda kısıtlayıcı rol oynamaktadır. Tecrübelerle sabit bir gerçek, sarsıntıların ancak çok azının devrilmeye yol açan

patlatmalardan kaynaklandığıdır. Zira bu tür patlatmalarda patlatma delikleri zeminin üzerinde bulunmaktadır ve ayrıca milisaniyeli kapsüllerle ateşleme yapıldığından, zemine patlatma yoluyla iletilen titreşim önemsiz derecede olmaktadır. Meydana gelen sarsıntı ve titreşimlerin asıl nedeni, devrilerek yere çarpan yapıdan kaynaklanmaktadır.

Matematiksel olarak, bir yapının devrilmesiyle açığa çıkan enerji $E=AH_s mg$ bağıntısıyla bulunur. Burada m devrilen yapının kütlesi, AH_s yapının ağırlık merkezinin devrilirken katettiği kot farkı, g yerçekim ivmesidir. Bu enerjinin bir kısmı devrilme ve özellikle de yere çarpma sırasında sürtünme ve şekil değiştirme enerjisine dönüşmektedir. Çarpma ile zemine iletilen enerji, yeraltında titreşim dalgaları halinde yayılır. Bu arada meydana gelen titreşimin şiddeti, enerjinin zemine iletilmesinin zamana bağlı fonksiyonuna bağlıdır ki, bu da yapının devrilme davranışıyla ilişkilidir. Devrilirken parçalanmış bir yapı, farklı zamanlarda yere çarpan parçalarıyla küçük şiddetli titreşimlere neden olurken (ancak bu durumda da toplam titreşim süresi uzar), bir bütün şeklinde devrilip yere çarpan bir yapı çok daha şiddetli titreşimler oluşturmaktadır. Örneğin yatay uzunluğu fazla olan ve yüksek destekler üzerinde duran bir yapıyı devirirken, ön desteklerin paüatılmasından sonra yapı önce ön kenarı üzerine düşecek, bu arada bazı yapı elemanları yıkılacak ve ondan sonra tüm yapı devrilecektir. Bu durumda titreşim süresi uzamış olacaktır, ancak maksimum titreşim değerleri de küçülecektir (Schomann, 1983). Titreşimlerin azaltılması için, yapının düşeceği alana önceden, moloz, kum, toprak, saman, oto lastiği vb. malzemelerden bir darbe emici yatak yapımı, sıkça başvurulan bir yöntemdir.

Çizelge 3'de 12 ayrı vakada ölçülmüş titreşim değerleri verilmektedir. Burada 1 ile 4 no'lu yıkımlarda devrilme kenarı uzunluğu >30 m, 5 ile 7 no'lularda <18 m'dir. 8 ile 12 no'lu yıkımlar ise, baca yıkımlarıdır. Titreşimler, yıkımın yakınındaki binaların temellerinde veya bodrumlarında ölçülmüştür.

Çizelgedeki değerlerin incelenmesinden, yaklaşık aynı devrilme kenarı uzunluğuna ve

benzer darbe emici yatak koşullarına sahip yapılarda, VR değerlerinin yıkım noktasından 150 m uzağa kadar lineer olarak değiştiği görülmektedir. Burada ayrıca darbe emici yatak kalitesinin titreşim enerjisine olan etkisi görülebilmektedir.

İnşaat molozu ve gevşek kayalardan oluşan bir darbe emici yatak üzerine düşen beton nakliye kulesi ($E>650$ MJ), herhangi bir yatak oluşturulmamış şekilde devrilen ve sadece 300 MJ enerji oluşturan atık silosu ile yaklaşık aynı titreşimi oluşturmuştur. Saman balyaları ve oto lastiklerinden oluşan ideal bir yatak üzerine düşen hava savunma sığınağı ise ($E>1360$ MJ), beton nakliye kulesinin sadece 1.5 katı fazla titreşim yaratmıştır.

12 no'lu yıkımda düzgünce oluşturulmuş kumdan bir darbe emici yatağın, titreşim pik değerlerini nasıl azalttığı görülmektedir. 8 ile 11 no'lu baca yıkımlarında ise herhangi bir yatak hazırlanmamıştır. 10 ile 12 no ile gösterilen 3 baca yıkımında E'yi hesaplamak için gerekli bilgiler bulunamamış ise de, yine de E'nin kabaca baca uzunluğu ile orantılı olduğu görülebilmektedir. Ancak baca yıkımlarında E değerini önceden tahmin ederken, bacanın devrilme sırasında uç kısmının henüz havada kırılması ve devrilen uzunluğun baca uzunluğunun yaklaşık 2/3'ü kadar olması, bir güvensizlik faktörü oluşturmaktadır. Yine de bazı istisnai durumlarda bacanın kırılmadan devrildiği ve devrilme uzunluğunun, yıkılan baca uzunluğunu geçtiği görülmektedir (örneğin 9 no'lu yıkım). Bu durum darbe emici yatak yapımında ve E'nin önceden hesaplanmasında gözönüne alınmalıdır.

5. YIKIM PATLATMALARINA İLİŞKİN ÖRNEKLER

Örnekl : Şubat 1995'de Passau (Almanya) limanında, 47 m yüksekliğinde, 19.5 m uzunluğunda ve 16 m enindeki eski bir tahıl silosunun, en ucuz ve en hızlı yıkım yöntemi olması nedeniyle, patlatmayla yıkılması sözkonusu olmuştur.

Çizelge 3. Yapı Yıkımlarında Yapılmış Titreşim Ölçümleri (Schomann, 1983)

Yapı türü	Boyutlar (m)			m (t)	AHs (m)	E (MJ)	r (m)	Titreşim hızları (mm/s)				Frekans (Hz)			Darbe emici yatak özellikleri
	Y	U	O					V _x	V _y	V _z	VR	f _x	f _y	f _z	
1) Kömür silosu	50	49.5	15.5	11500	24	2700	75 195 250	7.7 6.4 3.7	4.8 3.8 2.4	13.7 3.2 1.6	16 8 5	4 2.9 2.9	5 3.3 3.3	3.6 3.3 3.3	Gevşek malzeme
2) Lawar	37	50	25	10000	19	1900	40 60	5 5	2 3	12 10	14 12	10 7	13 7	6 8	Gevşek malzeme
3) Lawar	43	52.5	15	10000	16	1570	50 80 135	10 6 7	4 4 5	3 7 2.5	10 8 7	4.5 3.6 3.4	8 6 5	9 7 4.8	Gevşek malzeme
4) Nakliye kulesi	74	30	20	4000	32	1260	85 110	6 6	3 5.5	8 5.5	10 7	9 5	8 5	9 8	İnşaat molozu
5) Savaş sığmağı	4?	13	12	8000	17	1360	70 90	9.5 7.5	3.5 2	7 7	10 8.5	8.5 8.5	8.5 9	8.5 9	Saman + oto lastiği, ideal
6) Beton nakliye kulesi	51	12	10	2575	26	650	60 125	9 4	2 2	3 2	9 4.5	7.5 8	7.5 4	7 8	İnş. molozu + gevşek kayaç
7) Taş silosu	30	18	10	1500	20	300	50 70	11.5 6.5	4 4	6 2.5	13 7.5	5 5	5.5 9	5 5.5	Yatak yok
8) Baca (Örme)	76	D _a = 4.5		1100	31	335	100 110	2.4 4	1.1 3.5	5.5 5.2	6 5.5	5 4.5	5 5	5 5	Devrilme yüks. 50 m (yatak yok)
9) Baca (Örme)	55	4.4		553	27	146	25 35 65	3.5 2 2	13 6 2.7	15 5 2	13.5 8 3.5	7 10 10	11 8 10	8 11 13	Devrilme yüks. 50 m (yatak yok)
10) Baca (Örme)	130						60 65 75	5 4.5 2	2 7 6	15 14 7.5	16 14 8	5.3 3.5 5.3	5.9 5 5.3	5.9 6.3 5.9	Devrilme yüks. 75 m (yatak yok)
11) Baca (Örme)	50						22 43	3 3	2 3	8 5.5	9 6	10 6.7	8 6.3	10 6.7	Devrilme yüks. 40 m (yatak yok)
12) Baca (Örme)	80						50 90	1.5 0.5	1 1	1.6 0.5	2 1	16 17	10 12	10 17	Devrilme yüks. 50 m (ideal kum yatak)

Y = Yapının zeminden itibaren toplam yüksekliği (m); U = Yapının toplam uzunluğu; G = Yapının toplam genişliği; D_a = Bacanın ortalama dış çapı; m = Devrilen kütle; AHs = Yapı ağırlık merkezinin devrilirken katettiği kot farkı, E = Açığa çıkan potansiyel enerji; r = Ölçüm alınan noktanın, yapı ağırlık merkezinin devrilme sonrası zemine vuracağı noktaya olan uzaklığı; V_x, V_y, V_z = 3 ayrı eksenlerdeki titreşimlerin pik değerleri; f_x, f_y, f_z = V_x, V_y, V_z 'y' e it frekans değerleri; VR = Eksenel titreşimlerin bileşkesinin pik değeri (VR = |y|V_x(t) + V_y(t) + V_z(t) | max.)

Yapı yaklaşık 3000 m³ betonarmeden oluşmakta olup, yapı iskeletini oluşturan betonarme kolonlar 0.8*0.8 m boyutlarındadır. Yıkılacak silo yakınında zarar görmemesi gereken yapı ve tesisler bulunduğu için, yıkım yönünün ve kullanılacak patlayıcı miktarının oldukça hassas olarak hesaplanması gerekmektedir. 47 m yüksekliğindeki ve yaklaşık 6000 t ağırlığındaki yapıyı istenen yöne devirmek amacıyla, oldukça büyük bir kama oluşturmak gerekmektedir. Bunun için 1. sıra kolonlar 9.90 m yüksekliğe kadar, bunun arkasındaki sıralar da giderek azalan yüksekliklerde delinmiştir (Şekil 10). Son sıra kolonlara sadece birer delik

delinmiş olup, bunların amacı arka duvarı ayırmaktır. Bu son sıra kolonlar gözönüne alınmazsa, 3.5 m yüksekliğindeki toplam 42 kolon parçasına 7'şerden toplam 294 delik delinmiştir. Kapsül kablolarının keskin beton kenarlardan zarar görüp, devrenin betonarmedeki demirlerden kısa devre yapmaması amacıyla, delikler, 30 mm'lik lokumları kolayca şarj etmek üzere 36 mm çapında delinmiştir. Kolonlardaki delik boyları 60 cm, yani kolon kalınlığının 3/4'ü kadar seçilmiştir. Deliklerarası mesafe 0.55-0.6 m civarındadır. Bu koşullarda geçerli olan Hauser bağıntısı

kullanılarak, delik başına patlayıcı madde miktarı;

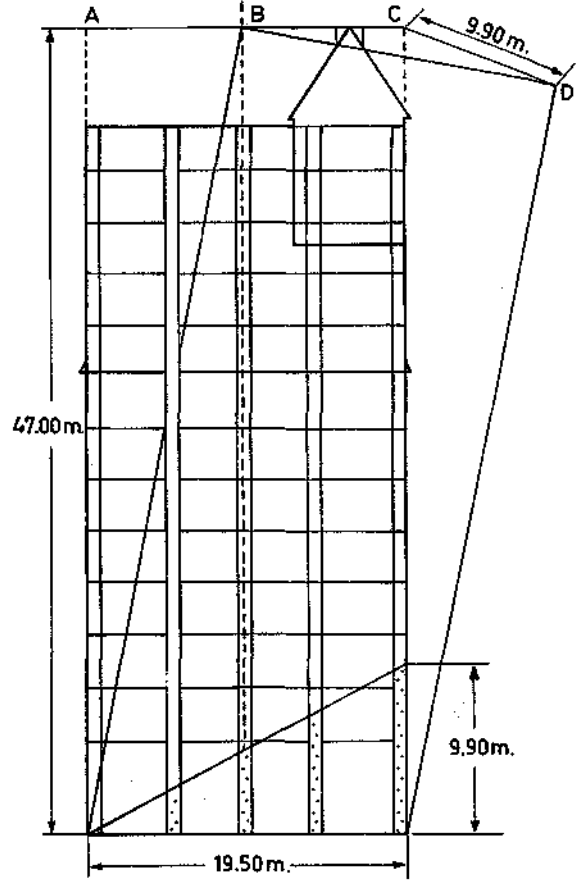
$L = w^3cd/1.5 = 0.4^3*6.5*1/1.5 = 0.277\text{kg}$
Ammon-Gelit 2 olarak bulunmuştur. Bu şekilde toplam yaklaşık 82 kg'lık bir patlayıcı tüketimi olmuştur. Şekil 11'de, yapının plan kesiti ve kapsül gecikme aralıkları görülmektedir.

Patlatma sonucu silo tam istenen yönde devrilerek, molozdan hazırlanmış olan 40 m uzunluk ve 25 m genişliğindeki darbe emici yatak üzerine düşmüştür. Özgül patlayıcı miktarı hesaplandığında;

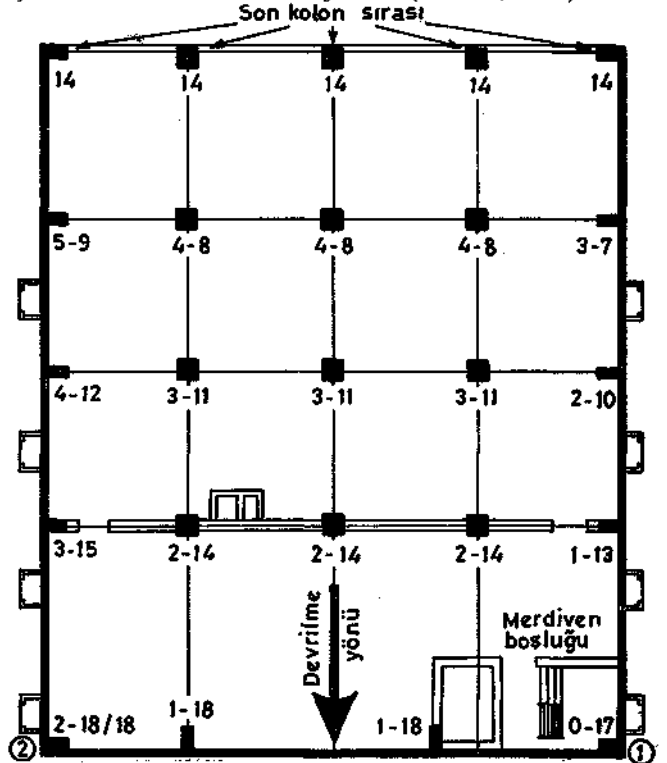
Her kolonda 0.277 kg patlayıcı içeren 7 delik = 1.94 kg

Beton kolon hacmi : $0.8*0.8*3.5 = 2.24\text{ m}^3$
Özgül patla, tüketimi = $1.94/2.24 = 0.87\text{ kg/m}^3$
Bu da, Hauser formülündeki c değerinin doğru alındığını göstermektedir (Reisch, 1995).

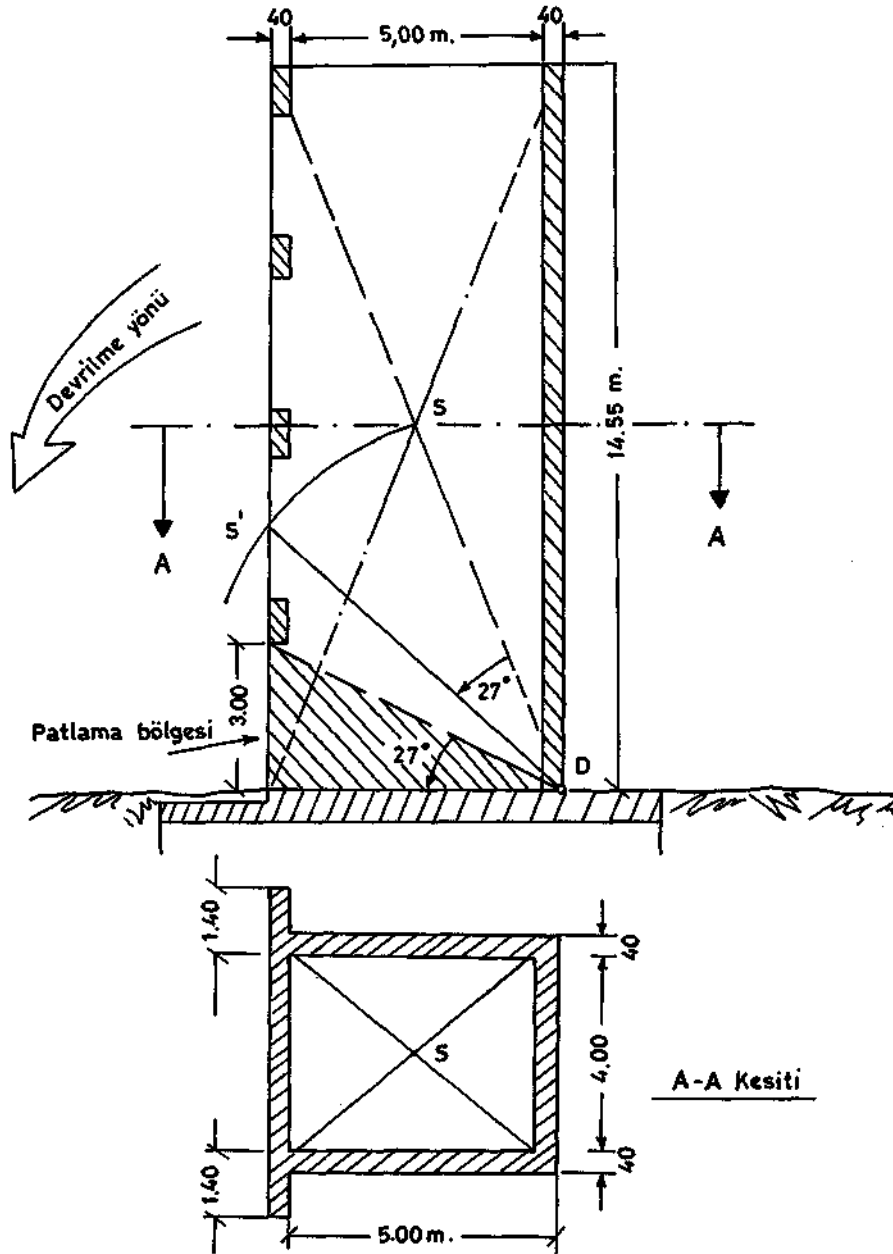
Örnek 2: Bir yerleşim merkezi ile yakındaki sanayi tesisleri arasına bir ses yalıtım duvarı inşa etmek üzere, sözkonusu duvarın planlanan hattı üzerinde bulunan eski bir mıcır tesisine ait bir betonarme kulenin yıkılması gerekmektedir. Kulenin her iki tarafında, yapımında kaliteli çeliğin kullanıldığı 2 adet betonarme kanat duvarı yer almaktadır. Yakın çevrede konut, yol, tren istasyonu gibi yapılar bulunduğu için, kaya fırlaması tehlikesi özellikle gözönünde bulundurulmaktadır. Gerekli kama dizaynı çizimle yapılmış olup (Şekil 12), devrilme için S ağırlık merkezinin yapının dış duvarına kadar yer değiştirmesi yeterli görülmüştür. Bu patlatmada delik şarjı yanında, yüzey şarjları da kullanılmıştır. Delikler 40 cm kalınlığındaki beton duvarların uzun eksenini boyunca farklı uzunluklarda delinmiş ve 25 mm çaplı Ammon-Gelit 3 lokumlarıyla şarj edilmiştir. Bu arada delik başına düşen patlayıcı parçalara bölünerek, boyunca infilaklı fitil bağlı olan tahta çitalara eşit aralıklarla bağlanıp, deliklere o şekilde şarj edilmiştir. Delik boyuna dağıtılmış bir parça patlayıcı miktarı, şu şekilde hesaplanmıştır;



Şekil 10. Silo ve kama boyutları (Reisch, 1995)



Şekil 11. Silonun plan kesiti ve kapsül gecikme aralıkları (Reisch, 1995)



Şekil 12. Yıkılacak betonarme kule ve kama boyutları (Thomas, 1981)

$$L = v^c d a/2 = 0.2^2 * 3.5 * 1 * 0.35 = 0.025 \text{ kg}$$

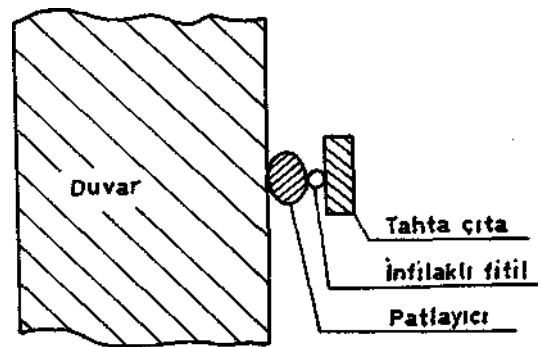
Ammon-Gelit 3

w = Duvar kalınlığının yansı = 0.20 m

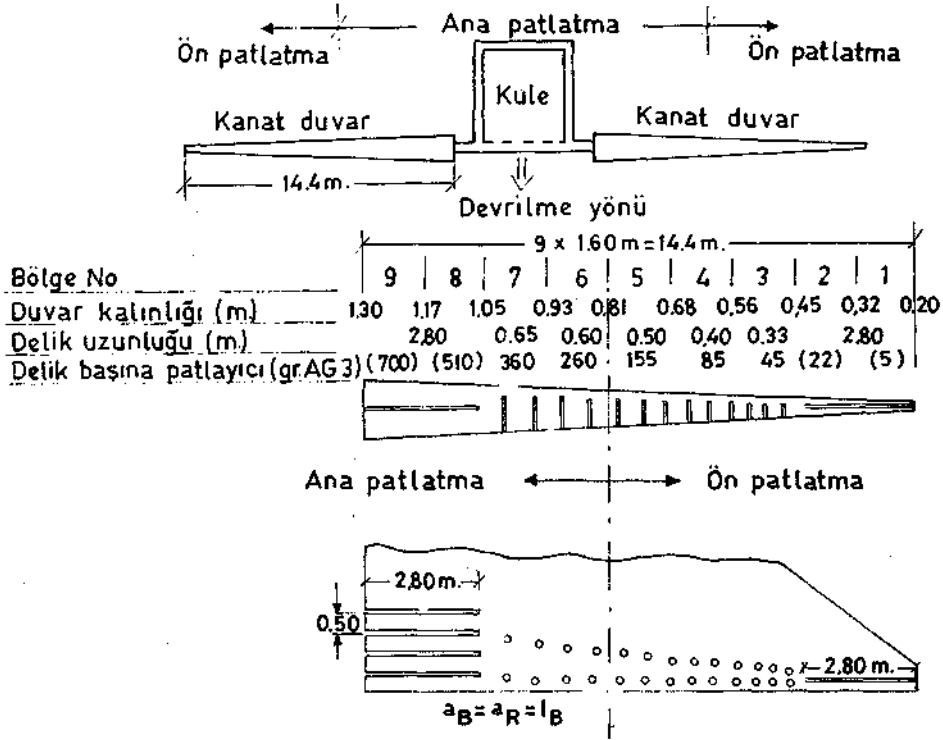
d = Sıkılanmış delik için 1

a = Deliklerarası mesafe = 0.35 m

Yüzey şarjları ise 20 cm kalınlığındaki duvarların üzerine 40 cm'lik aralıklarla (çıtalararası ve çita üzerindeki patlayıcılararası mesafe) infilaklı fitilli çitalar yardımıyla yapıştırılmıştır (Şekil 13). Kulenin her iki tarafında, kalınlığı 0.20 ila 1.30 m arasında değişen 2 adet betonarme kanat duvar vardır.



Şekil 13. Yüzey şarjlarının uygulanış şekli (Thomas, 1981)



Şekil 14. Kanat duvarların kesiti ve delik patterni (Thomas, 1981)

Deliklerin bir kısmı duvarın uzun ekseninde boyunca, bir kısmı da enine delinmiştir (Şekil 14). Enine delinen delikler, duvar kalınlığının 2/3'ü kadar boydadır. Kanat duvarlarının kalınlığı ve sağlamlığı kuleye doğru arttığından, bunların içindeki demirlerin bükülerek duvarın devrilebilmesi için yeterince büyük bir yüzeyin patlatılması gerekmektedir. Bu amaçla 0.2-0.45 kalınlığındaki 1 ve 2 no'lu bölgelerde duvara paralel birer delik, 0.45-1.05 m kalınlığındaki 3 ila 7 no'lu bölgelerde duvara dik iki sıra delik ve 1.3 m kalınlığa kadar ulaşan 8 ve 9 no'lu bölgelerde de duvara paralel üstüste 4 delik delinmiştir. Patlayıcı miktarları yine aynı formülle hesaplanmıştır. Örneğin 6 no'lu bölge için;

$w = 0.44 \text{ m}$; $c = 4.5 \text{ kg/m}^3$; $d = 1$; $a =$
 Deliklerarası ve delik sıraları arasındaki mesafe =
 Delik boyu = 0.60 m

$$L = 0.44^2 \cdot 4.5 \cdot 1 \cdot 0.6 = 0.26 \text{ kg Ammon Gelit 3}$$

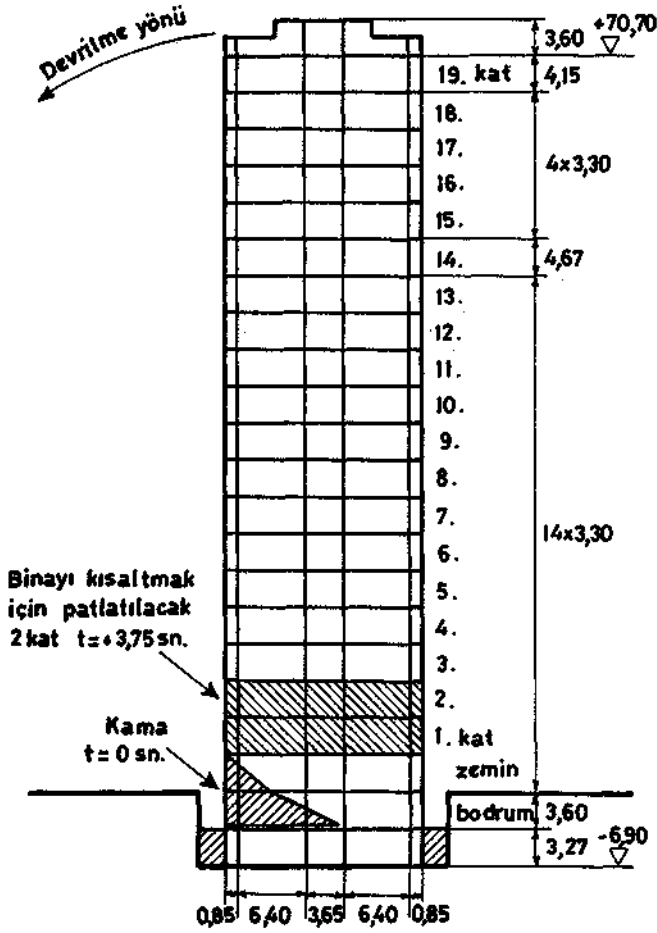
Kuleden uzakfeiki duvar kısımlarının planlanan kule devrilme yönüne negatif etki yapmamaları için, kanat duvarlarının 1-5 bölgeleri önceden patlatılmıştır. Bu yolla aynı zamanda c değerinin doğru alınmış ve alınmadığı da sınanmış olmaktadır.

Patlatmada 25 delik ve yüzey şarjında toplam 46.3 kg Ammon-Gelit 3 ve-12 gr/m'lik 75 m inflaklı fitil kullanılmıştır. Kuledeki ve kanat duvarlarının 6 ve 7 no'lu bölgelerindeki delikler aynı anda ateşlenmiştir. Ancak kanat duvarlarının en kalın bölgesindeki delikler, duvarların ters yöne devrilmelerini önlemek amacıyla, ana patlatmadan sonra 100 ms'lik bir gecikmeyle patlatılmıştır. Sonuç olarak yapı arzu edilen şekilde çevreye herhangi bir zarar vermeden istenen yöne devrilerek yıkılmıştır.

Örnek 3; Frankfurt Fuan'nın hemen yakınında Alman Demiryolları'nın 45 ve 75 m yüksekliklerindeki eski idare binalarının yıkılması gerekmektedir. Frankfurt Belediyesi patlatma yoluyla yıkım için aylar sürecektir bir plan denetleme süresi talep ettiğinden ve arsaya yeni bina yapacak olan yapımcı firma da bu süreyi çok bulduğundan, daha alçak olan binanın geleneksel yöntemle (çelik küre) yıkımına başlanmıştır. Ancak bu yöntemin dezavantajlarının çok kısa sürede ortaya çıkması (trafiğin aksaması, yavaş yıkım, sürekli gürültü, toz ve sarsıntı oluşumu vb.), belediye yetkililerinin detaylı patlatma planları ile ikna olmalarını kolaylaştırmıştır.

Alçak bina patlatmayla devrilerek nispeten kolay yıkılmış olup, ana binanın devrilme yönünde 75 m'lik boş arazi bulunmadığından, devrilme sırasında binanın iki katının patlatılarak boyunun yaklaşık 60 m'ye düşürülmesi planlanmıştır.

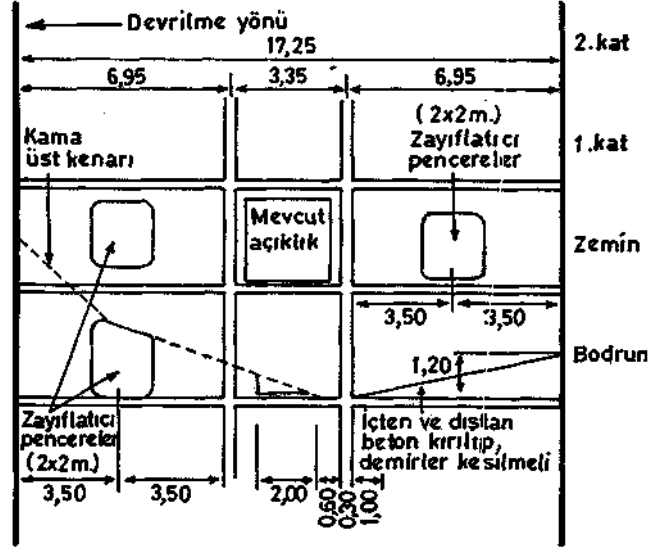
Yıkım yerine en yakın binanın 30 m ve Alman Demiryolları'nın bilgisayar kontrollü çalışan ve tüm Avrupa demiryolu şebekesine etkisi bulunan kumanda binasının sadece 60 m uzakta olması nedeniyle, böylesi yüksek bir binanın devrilmesi sonucu oluşacak titreşimleri azaltmak amacıyla, sahaya inşaat molozundan uygun bir darbe emici yatak yapılmıştır.



Şekil 15. Patlatılacak kamanın ve katların konumu (Roller, 1995)

Yapının yük taşıyıcı konstrüksiyonu esas olarak enlemesine ve boylamasına duvarlardan oluşan merkezi bir çekirdektir. Tüm duvarlar betonarme olup, dış duvarlar, bodrum ve zemin katlarda kare kesitli betonarme destekler üzerinde duran masif, yuvarlak çelik sütun-

lar içermektedir. Patlatma kaması bodrum ve zemin katlarda oluşturulmuştur. Binanın devrilirken kısaltılması amacıyla 1. ve 2. kattaki yük almayan tüm yapı elemanları önceden yıkılmıştır. Ayrıca kama bölgesindeki duvarlarda, yapının statüğünü patlatma öncesinde bozmayacak şekilde, pencere şeklinde zayıflatıcı zonlar oluşturulmuştur (Şekil 16).



Şekil 16. Kama dizaynı ve zayıflatıcı pencereler (Roller, 1995)

1. ve 2. katlarda sadece devrilme yönüne paralel duvarlar zayıflatılmış olup, bu yöne dik duvarlarda hiçbir işlem yapılmamıştır. Ayrıca devrilme ekseninin hemen arkasındaki beton kolonlar, beton testeresiyle, kolonların içindeki demirler ayrılacak şekilde kesilmiştir. Patlatma bölgesindeki yük taşıyıcı yapı elemanlarına 33 ve 45 mm'lik, 1,5 m boyunda 650 delik delinmiştir. Duvarlardaki uzun delikler 100 gr/m'lik infilaklı fitil ile (Supercord 100), tassa delikler ise jelatin tipi patlayıcı ile doldurulmuştur. Patlatmada toplam 150 kg patlayıcı ve 20 ms gecikme aralıklı 1-18 no'lu 650 adet kapsül kullanılmıştır. 1. ve 2. katlardaki patlatmada ise 250 ms gecikmeli 15 no'lu kapsüller kullanılarak, buradaki patlamamın 3,75 saniye gecikmeyle olması sağlanmıştır.

Kapsüllerin ateşlenmesiyle patlatmanın seyri tamamen planlandığı gibi gelişerek, bina önce istenen yöne doğru yatmış, daha t sonra 2 kat kısaltılarak tamamen devrilmiştir. Meydana gelen sarsıntılar ise kabul edilebilir sınırlar

içinde kalmış ve çevrede hiçbir zarar kaydedilmemiştir (Roller, 1995).

Örnek 4: Yıkılmak istenen bina, Hamburg'un merkezinde 1965 yılında inşa edilmiş, yaklaşık 80 m yüksekliğinde, 23.80 m*23.80 m taban alanına ve 5.50 m*3.25 m boyutlarında bitişik bir yangın merdivenine sahip bir iş merkezidir. Binanın hacmi 46700 m³, kütlesi ise yaklaşık 18000 t'dur. Bina betonarme olup, bodrum katla birlikte 24 katlıdır. Binanın çevresinde, binanın yan devrilmesine uygun boş arazi bulunmadığından ve ayrıca devrilme sonucu oluşacak titreşimlerden etkilenebilecek bir çok yapı bulunduğundan, binanın kendi içine çökerek yıkılmasına karar verilmiştir. Bu yöntem devrilme ile yıkmaya göre daha pahalı olmasına ve daha uzun süreli planlama ve çalışma süresi gerektirmesine rağmen, dar yerlerde uygulanabilen tek yöntemdir ve her kat bir önceki katın molozu üzerine düştüğünden, titreşimler son derece küçük değerli olmaktadır.

Patlatılacak katlar olarak bodrum ve zemin katlar üe 1, 3, 6, 10, 14, 17 ve 20. katlar seçilmiştir. Binanın dış kısmında yer alan yangın merdiveninin ilaveten 8. ve 12. katlarının da patlatılması planlanmıştır (Şekil 17). Patlatma deliklerinin ve duvarlardaki gerekli zayıflatıcı açıklıkların açılmasında 8 işçi 4 ay süreyle çalışmış, duvar ve kolonlara 0.16 ila 1.60 m boylarında 3000 delik delmişlerdir. Beton kolonların boyutları her katta farklı olduğundan, gerekli patlayıcı miktarı her kat için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Buna göre;
 $L = w \cdot a \cdot t \cdot h \cdot c \cdot d / 4$ formülü kullanılarak
(L = Delik başına düşen patlayıcı; &B = Deliklerarası mesafe; w = Kolon kalınlığının yansı; h = Kolon genişliği);

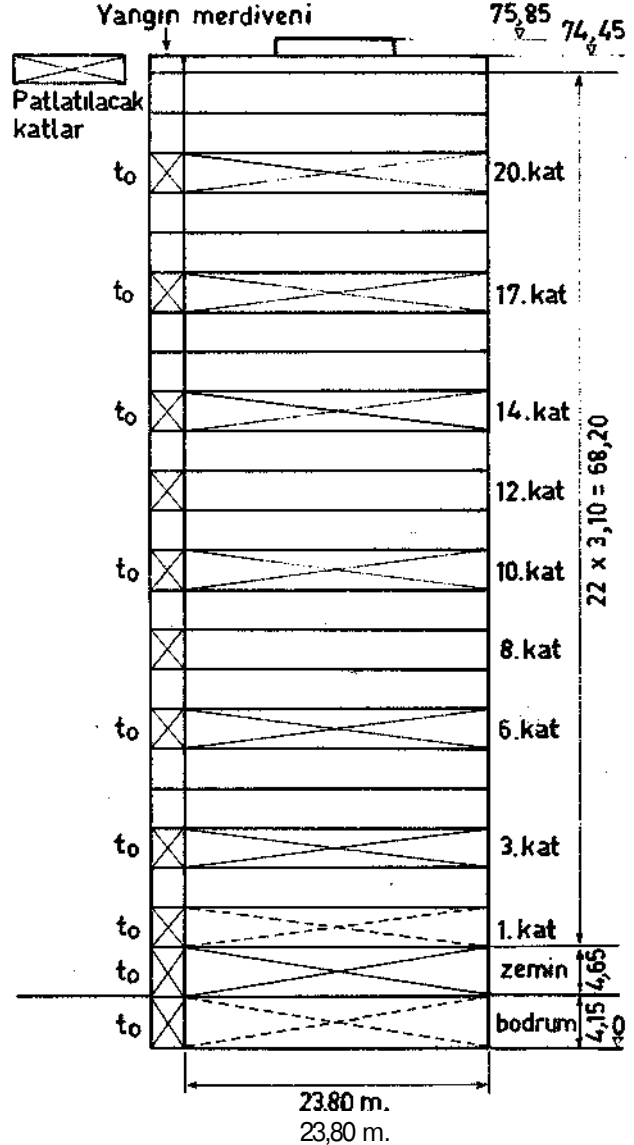
Zemin kat için (h = 0.80 m; ag = 0.60 m;

c = 4; -d=1)

$$L = 0.40 \cdot 0.80 \cdot 0.60 \cdot 4 \cdot 1 / 4 = 0.192 \text{ kg} \ll 0.200 \text{ kg}$$

3. kat için (h = 0.75 m; a_g = 0.60 m)

$$L = 0.375 \cdot 0.75 \cdot 0.60 \cdot 4 \cdot 1 / 4 = 0.169 \text{ kg} \ll 0.180 \text{ kg}$$



Şekil 17. Patlatılacak katların görünüşü (Werner, 1995)

6. kat için (h = 0.70 m; ag = 0.60 m)

$$L = 0.35 \cdot 0.70 \cdot 0.60 \cdot 4 \cdot 1 / 4 = 0.147 \text{ kg} \ll 0.150 \text{ kg}$$

14. kat için (h = 0.60 m; ag = 0.50 m)

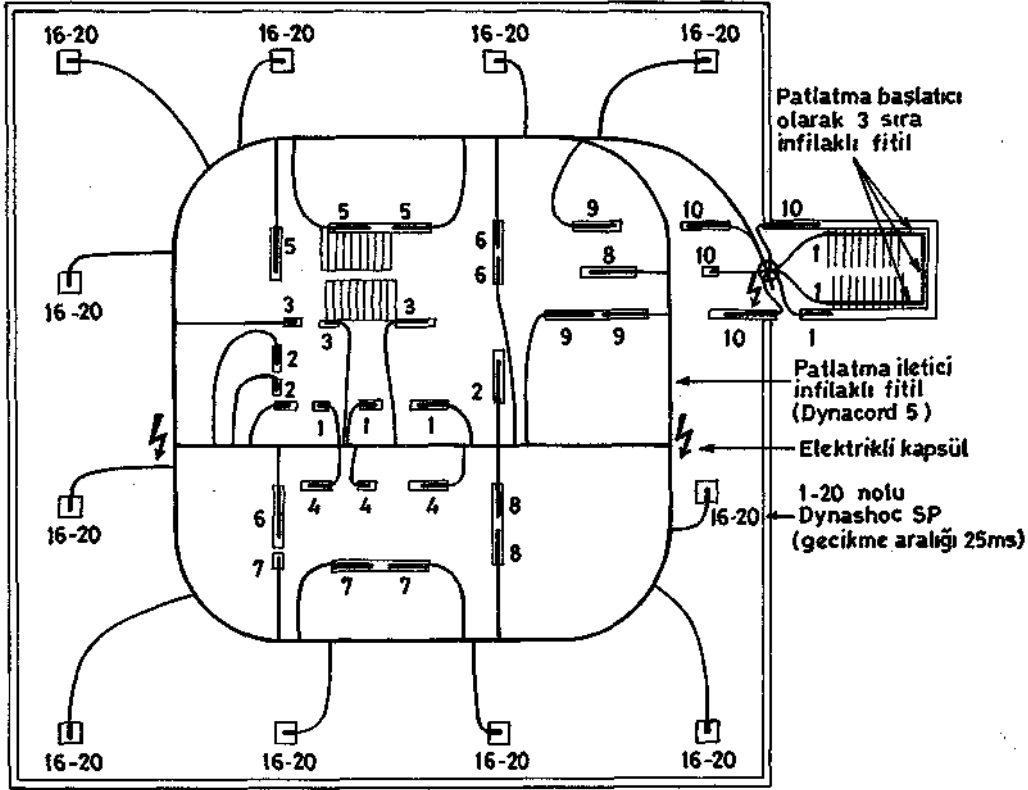
$$L = 0.30 \cdot 0.60 \cdot 0.50 \cdot 4 \cdot 1 / 4 = 0.090 \text{ kg} \ll 0.100 \text{ kg}$$

17. kat için (h = 0.50 m; a_g = 0.50 m)

$$L = 0.25 \cdot 0.50 \cdot 0.50 \cdot 4 \cdot 1 / 4 = 0.0625 \text{ kg} \ll 0.060 \text{ kg}$$

20. kat için (h = 0.40 m; ag = 0.40 m)

$$L = 0.20 \cdot 0.40 \cdot 0.40 \cdot 4 \cdot 1 / 4 = 0.032 \text{ kg} \ll 0.030 \text{ kg}$$



Şekil 18. Katlardaki delik ve ateşleme planı (Werner, 1995)

Duvarlara üstüste 3 delik delinmiş ve farklı birim ağırlıklardaki infilaklı fitille şarj edilmiştir. Bu deliklerin şarj hesabı ise şöyle yapılmıştır;

$L = w h c d / 4$ ($L = 1$ m delik başına düşen patlayıcı miktarı; $w =$ Duvar kalınlığının yansı; $h =$ Duvar kalınlığı)

0.30 m kalınlığındaki duvarlar için;

$L = 0.15 \cdot 0.30 \cdot 3.5 \cdot 1 / 4 = 0.039$ kg « 40 gr/m (Supercord 40)

0.25 m kalınlığındaki duvarlar için;

$L = 0.125 \cdot 0.25 \cdot 3.5 \cdot 1 / 4 = 0.027$ kg * 25 gr/m (2 x Dynacord 12)

0.20 m kalınlığındaki duvarlar için;

$L = 0.10 \cdot 0.20 \cdot 3.5 \cdot 1 / 4 = 0.0175$ kg « 20 gr/m (Supercord 20)

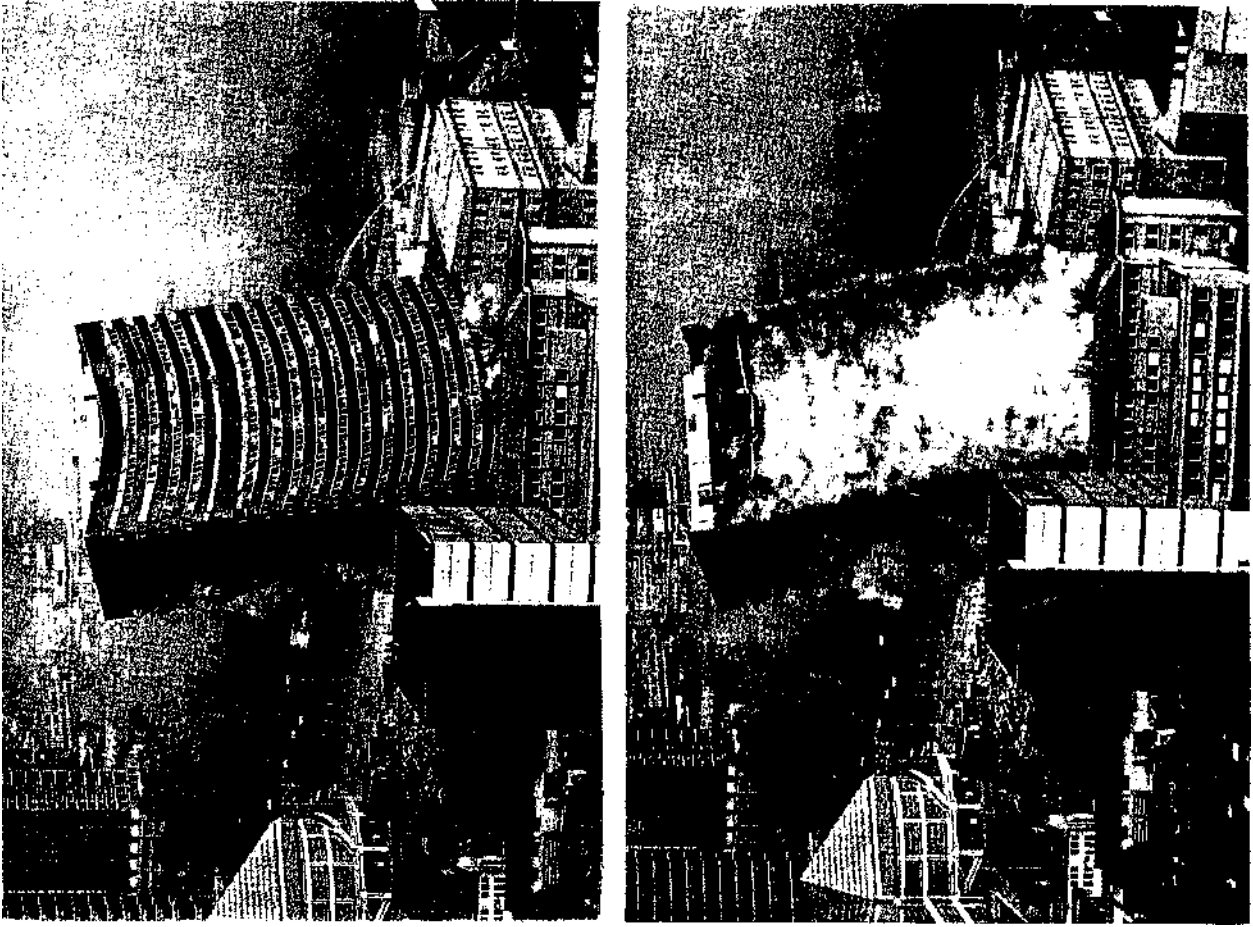
Deliklerin patlatılmasında Dynashoc SP kısa gecikmeli kapsüller kullanılmış ve gecikme aralıkları binanın ortasından dışa doğru artacak şekilde düzenlenmiştir. Tüm kapsüller 5 gr/m'lik bir infilaklı fitil ile birleştirilmiştir (Şekil 18).

Şekildeki elektrik kapsülü işaretli noktalara, patlatmanın yapılacağı gün gecikmesiz elektrikli kapsüller yerleştirilmiştir. Yangın merdiveni bölgesindeki delikler 12 gr/m'lik infilaklı fitil ile (Dynacord 12) birbirine bağlanmıştır. Patlatmada toplam 100 kg jelatinit tipi patlayıcı ile 80 kg infilaklı fitil kullanılmıştır.

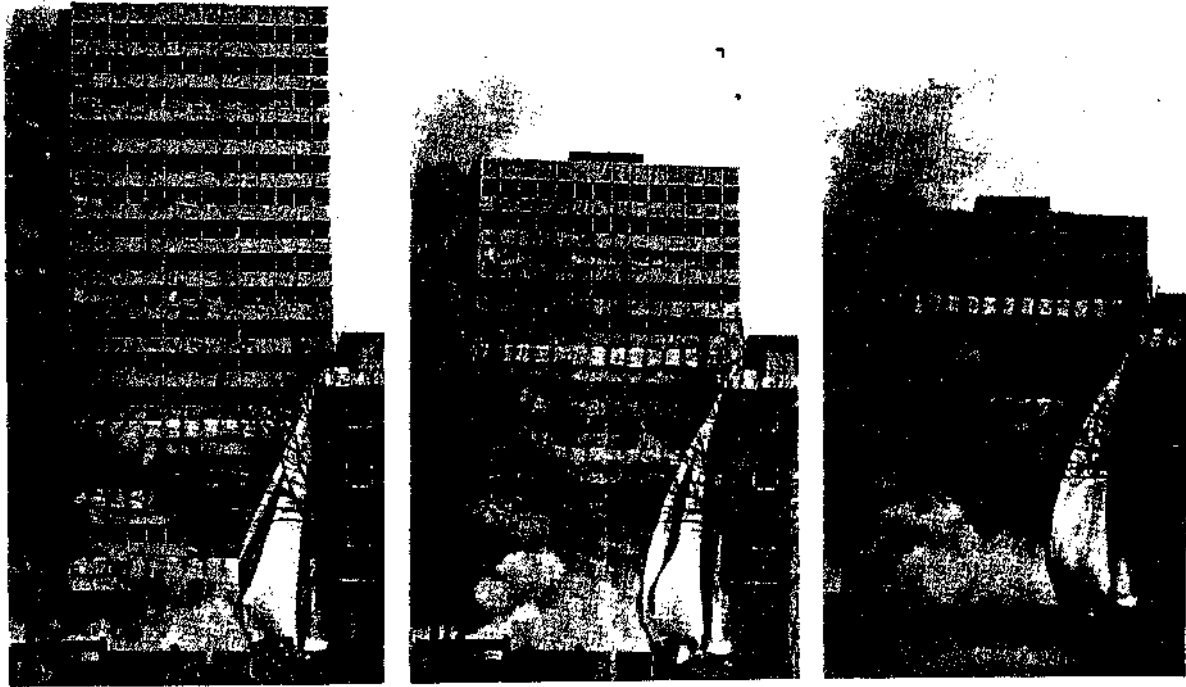
Patlatma sırasında çevre 200 m'lik bir yarıçap içinde polisçe kapatılmış ve metro kısa süreli durdurulmuştur. Bina istenen şekilde 3.5 sn içinde hiçbir yöne kaymadan tamamen taban alanı üzerine yıkılarak, yüklenmeye uygun parça boyutuna inmiştir. Titreşimler ise önceden hesaplandığı gibi çok küçük değerli olmuştur.

6. SONUÇ

Ekonomik ömrünü tamamlamış, hasara uğramış veya artık kullanılmayan baca, bina, köprü, minare gibi yapıların çok daha tehlikesiz ve çok daha ucuza yıkılmaları, patlatma ile yıkım tekniği sayesinde olası olabilmektedir. Bu tür bir çalışmanın başarıya



Şekil 19. Örnek 3'deki binanın yıkılışı a) Kamanın paüatılmasıyla binanın yana yatışı, b) Binayı kısaltmak için 1. ve 2. katin paüatılması



Şekil 20. Örnek 4'deki binanın yıkılışı

ulaşması ve herhangi bir kazaya neden olmaması için, öncelikle, patlatma düzeyi üzerinde kalan yapının ağırlık merkezi mümkün olduğunca hassas belirlenmeli, devrilme yönünü tutturabilmek için gerekli kama dizaynı iyi yapılmalı, gerekli delik geometrisini ve patlayıcı miktarını doğru olarak tasarlayabilmek için Hauser bağıntıları uygulayıcı tarafından iyice bilinmeli, gerekli q veya c katsayıları tablolardan doğru alınmalı veya geçmiş deneyimlere bağlı olarak mümkün olduğunca doğru tahmin edilmeli ve devrilme sonucu açığa çıkan enerjiyi sönmölemek için devrilme bölgesine darbe emici yataklar yapılmalıdır. Eğer yapının yanında devrilerek yıkılmasına uygun boş saha mevcut değilse, daha ayrıntılı ve pahalı bir ön çalışma gerektiren, patlatarak olduğu yere yıkma tekniğine başvurulmalıdır. Doğaldır ki anılan tüm bu önlemlerin yanında, herhangi bir patlatmada alınması gereken tüm emniyet tedbirleri de alınmalıdır. Gelişmiş sanayi ülkelerinde sıkça başvuru olan bu yöntemin ülkemizde de uygulanmasıyla, örneğin hasarlı minarelerin yıkılmaları sırasında, bunların halatla çekilerek evlerin üzerine düşmesi önlenilecek, zaman ve maliyetten büyük tasarruflar sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

HEINZE, H., 1975; "Handbuch Sprengtechnik", VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 545 S.

OEHM, W., 1992; "Kinematische Bedingungen beim Sprengen starrer Bauwerke", Nobel Hefte 1/1992, Dortmund, S. 16-25

REISCH, E., 1995; "Die Sprengung eines Getreidespeichers unter schwierigen Bedingungen", Nobel Hefte 1/1995, Dortmund, S. 32-36

ROLLER, H., 1995; "Hochhaussprengungen bei dichter Umbauung in Frankfurt am Main", Nobel Hefte 2/1995, Dortmund, S. 79-86

SCHOMANN, A., 1983; "Erschütterungen durch umstürzende Bauwerke bei Abbruchsprengungen", Nobel Hefte 3-4/1983, Dortmund, S.79-88

THOMAS, K., 1981; "Das Sprengen eines Stahlbetonturms mit Stahlbetonflügelmauern", Nobel Hefte 4/1981, Dortmund, S. 188-193

THOMAS, K., 1985; "Formeln zur Lademengenberechnung für das Sprengen von Bauwerken und Bauwerkteilen", Nobel Hefte 2/1985, Dortmund, S. 83-91

THOMAS, K., 1988; "Vereinfachung der Lademengenberechnung für das Sprengen von Bauwerken und Bauwerkteilen", Nobel Hefte 1/1988, Dortmund, S. 1-7

WERNER, W., 1995; "Sprengung eines 80 m hohen Gebäudes in Hamburg", Nobel Hefte 2/1995, Dortmund, S. 87-93