

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PATLAYICI MADDELERLE KONTROLLÜ YAPI YIKIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Onur KOCA

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği
Programı: Yapı Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Turgut ÖZTÜRK

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Bu tezi hazırlamamda yardımlarından ve anlayışından dolayı değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK' e, maddi ve manevi desteğini eksik etmeyen aileme, benimle bu tez çalışmasında devamlı dayanışma içerisinde olan değerli arkadaşlarıma ve meslektaşlarıma teşekkür ederim.

Haziran, 2006

Onur Koca

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. YIKIM TEKNİKLERİ	4
2.1. Yapı ve Yapı Elemanlarının Yıkılması	4
2.2. Yapı ve Yapı Elemanlarının Yıkılmasında Kullanılan Teknikler	4
2.3. Yapı Yıkım Endüstrisinde Patlayıcılarla Yıkım Tekniklerinin Rolü	7
2.4. Yıkım Tekniklerinin Karşılaştırılması	8
3. PATLAYICILARLA YAPILARIN KONTROLLÜ YIKILMASINDA KULLANILAN MALZEMELER	10
3.1. Patlayıcı Maddelerin Özellikleri	10
3.2. Patlayıcı Madde Çeşitleri	16
3.3. Yapı Yıkımında Kullanılan Patlayıcı Maddeler	26
3.4. Patlayıcıyla Yapı Yıkımlarında Kullanılan Ateşleme Sistemleri	30
3.4.1. Elektrikli ateşleme sistemleri	30
3.4.2. Elektriksiz ateşleme sistemleri (NONEL)	33
3.4.3. İnfilaklı fitil	34
3.5. Patlayıcıyla Yapı Yıkımında Kullanılan Ateşleme Kaynakları	35
3.5.1. Ateşleme devresinin kontrol edilmesi	37
3.6. Patlayıcılarla Yapı Yıkımında Kullanılan Delici Makineler ve Delik Delme İşlemleri	37
3.7. Patlayıcılarla Yapı Yıkımında Kullanılan Koruyucu Malzemeler	40
4. PATLAYICIYLA YAPI YIKIMINDA KULLANILACAK ŞARJ MİKTARININ HESAPLANMASI	43
4.1. Şarj Miktarını Hesaplama Yöntemleri	44
4.1.1. Patlatılacak hacme ve kütleye göre patlayıcı madde miktarının hesabı	44
4.1.2. Hauser'in patlayıcı madde miktarı hesap yöntemi	45
4.1.3. Özgül patlayıcı miktarı ve patlayıcı durum katsayısı	57
4.2. Patlayıcı Delikleri ve Sıkılama	61
5. PATLAMA OLAYI ve ETKİLERİ	63
5.1. Patlama Olayı	63

5.2. Patlayıcıların Yapı Elemanlarını Kırma Mekanizması	65
5.3. Yapı Elemanlarında Patlama Sonucu Oluşan Kırılma Bölgeleri	67
5.4. Yapı Patlatmalarından Kaynaklanan Çevresel Etkiler ve Kontrolüne Yönelik Çalışmalar	70
5.4.1. Patlayıcıların kullanıldığı yıkımlarda güvenli (harici) bölgelerin belirlenmesi	70
5.4.2. Patlatmalı yapı yıkım çalışmalarında fırlayan parça problemi ve kontrolüne yönelik çalışmalar	73
5.4.3. Patlatmalı yapı yıkım çalışmalarında gürültü ve hava şoku problemi ve kontrolüne yönelik çalışmalar	74
5.4.4. Patlatmalı yapı yıkım çalışmalarında zemin titreşimi problemi ve kontrolüne yönelik çalışmalar	75
5.4.5. Patlatmalı yapı yıkım çalışmalarında toz oluşumu ve kontrolüne yönelik çalışmalar	77
5.5. Titreşim ve Hava Basıncının İnsanlar Üzerine Etkisi	78
6. YAPISAL ELEMANLARIN PATLATILMASI	79
6.1. Temeller	79
6.2. Duvarlar	80
6.2.1. Tuğla ve taş duvarların yıkımı	81
6.2.2. Beton ve betonarme duvarların yıkımı	83
6.3. Kolonlar	85
6.4. Döşemeler	86
6.5. Kirişler	87
6.6. Çatılar	88
7. PATLATILAN YAPILARIN YIKILMA ŞEKİLLERİ	89
7.1. Yapının Kendi İçinde Çökmesi	90
7.2. Yapının belli Bir Yöne Devrilmesi	94
7.2.1. Yapının yana devrilmesi	94
7.2.1.1. Birinci tip kama	97
7.2.1.2. İkinci tip kama	99
7.2.1.3. Üçüncü tip kama	100
7.2.1.4. Dördüncü tip kama	101
7.2.2. Yapıların devrilirken kendi içlerinde çöktürülmesi	102
7.3. Yapıların Parçalı Olarak Patlatılarak Yıkılması	103
8. PATLATICI İLE YAPI YIKIMI	106
8.1. Güvenlik Önlemleri	106
8.2. Farklı Yapı Türlerinin Patlatma ile Yıkılması	108
8.2.1. Binaların yıkılması	108
8.2.1.1. Betonarme binaların yıkılması	109

8.2.1.2. Yığma yapıların yıkılması	116
8.2.1.3. Çelik yapıların yıkılması	117
8.2.2. Bacaların yıkılması	119
8.2.3. Köprülerin yıkılması	125
8.2.4. Kulelerin yıkılması	129
8.2.5. Siloların yıkılması	130
8.3. Onarım ve Yenileme Çalışmaları İçin Yapı Elemanlarının Patlayıcı ile Kısmi Yıkımı (mini patlatma)	132
9. PATLAYICIYLA YAPILAN YIKIM ÇALIŞMASI ÖRNEKLERİ	134
9.1. Altı Katlı Betonarme Binanın Patlatmayla Yıkımı	134
9.2. On Dokuz Katlı Betonarme Binanın Patlatmayla Yıkımı	139
9.3. Betonarme Bir Silonun Patlatma ile Yıkım Örneği	141
9.4. Beton ve Taş Köprü Sütunlarının Patlatma ile Yıkım Çalışması	142
9.5. Betonarme Bir Kulenin Patlatma ile Yıkım Örneği	146
9.6. Betonarme Bir Binanın Patlatmayla Yıkım Örneği	149
9.7. Kemer Şeklindeki Betonarme Köprünün Yıkımı	151
9.8. Beton Dolgunun Mini Patlatma ile Yıkılması	153
9.9. Türkiye’den Bir Örnek	154
10. SONUÇ	160
11. KAYNAKLAR	162
12. ÖZGEÇMİŞ	165

KISALTMALAR

ANFO	: Amonyum Nitrat Fuel Oil
PETN	: Penta Eritrol Tetra Nitrat
TNT	: Tri Nitro Toluen
NG	: Nitro Gliserin
RDX	: Cyclo Trimenthylene Trinitramine
C-J	: Chapman-Jouget
PUNDIT	: Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicating Tester

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Yıkım tekniklerinin karşılaştırılması.....	8
Tablo 3.1. Dinamitlerin özellikleri ve bileşenleri	26
Tablo 3.2. Yapı yıkımlarında yaygın olarak kullanılan dinamitler ve özellikleri	28
Tablo 3.3. Yapı yıkımlarında kullanılan bazı plastik patlayıcıların özellikleri	30
Tablo 4.1. Yapı ve yapı elemanları patlatmalarında kullanılacak patlayıcı madde miktarını belirlemeye yarayan bağıntılar	56
Tablo 4.2. Delik sıkılama katsayıları (d)	57
Tablo 4.3. Ahrweiler Sivil Savunma Okulu için “c” katsayıları	58
Tablo 4.4. Siegen’deki eski madenci okulundaki “c” katsayıları	59
Tablo 4.5. Özgül patlayıcı katsayıları “q” ve “c”	60
Tablo 5.1. Yapı yıkımları sırasında kaydedilen zemin titreşimi değerleri	76
Tablo 5.2. İnsanların davranış seviyeleri	78
Tablo 6.1. Temellerin patlatılması ile ilgili bilgiler	80
Tablo 6.2. Farklı kalınlıktaki tuğla duvarlar ile ilgili veriler.....	82
Tablo 6.3. Farklı kalınlıktaki tuğla duvarlar ile ilgili veriler.....	83
Tablo 6.4. Farklı kalınlıktaki beton duvarlar ile ilgili veriler	83
Tablo 6.5. Farklı kalınlıktaki beton ve betonarme duvarlardaki delik özellikleri	84
Tablo 6.6. Betonarme kolonların patlatılmasında önerilen delik özellikleri.	86
Tablo 6.7. Farklı kalınlıklardaki döşemelerde delik özellikleri.....	86
Tablo 6.8. Betonarme döşeme ve kabuklara ait patlatma değerleri.....	88
Tablo 9.1. Patlayıcı miktarları(kg) ve erteleme zamanları.....	138
Tablo 9.2. 5 Nolu sütunun yıkımında uygulanan patlatma tasarım parametreleri	145
Tablo 9.3. Delik şablonları	156
Tablo 9.4. Gecikme numaraları	156

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Mekanik aletler ile ezerek ve kırarak parçalama ile yıkım	5
Şekil 2.2 : Bir vince bağlı çelik küre yardımıyla yapıya vurarak parçalama ile yıkım	5
Şekil 3.1 : Yapı patlatmalarında kullanılan dinamitler	28
Şekil 3.2 : Çelik yapıların patlatılmasında kullanılan patlayıcılar	29
Şekil 3.3 : Patlatmalı yapı yıkımlarında kullanılan kapsül örnekleri	31
Şekil 3.4 : Gecikmesiz Elektrikli Kapsül Kesiti.....	32
Şekil 3.5 : Gecikmeli Elektrikli Kapsülün Kesiti.....	32
Şekil 3.6 : Gecikmeli Elektrikli Kapsüller	33
Şekil 3.7 : NONEL Kapsül.....	34
Şekil 3.8 : Patlatmalı Yapı Yıkım Çalışmalarında Kullanılan Manyeto Örnekleri	35
Şekil 3.9 : Yapı Patlatmalarında Kullanılan Ateşleme Teli Örneği	37
Şekil 3.10 : Patlatmalı Yıkım Çalışmasında Yatay Delik Delme İşlemi	38
Şekil 3.11 : Delinecek Elemanın Etrafında Yeterli Boşluk Olması Durumunda Kullanılan Deliciler	39
Şekil 3.12 : Betonarme Köprü Patlatmasında Havalı Delici ile Delik Delme İşlemi	39
Şekil 3.13 : Patlatılacak Yapıların Etrafının Tel Çitlerle Çevrilmesi.....	40
Şekil 3.14 : Patlayıcıyla Yapı Yıkımı Sırasında Patlatılacak Yapı Elemanlarının Koruyucu Malzemeye Sarılması.....	41
Şekil 3.15 : Patlatıcıyla Yapı Yıkımı Sırasında Çevredeki Yapıların ve Alanların Korunması	42
Şekil 3.16 : Patlatıcıyla Yıkılacak Bir Köprü Çalışmasında Etrafa Parça Fırlamasını Önlemek İçin Alınan Önlemler	42
Şekil 4.1 : Yıkım Öncesi Seçilen Bir Kolonda Yapılan Test Patlatması	43
Şekil 4.2 : Patlayıcı Maddenin Etki Hacmi	46
Şekil 4.3 : Dağıtım Katsayısı V.....	47
Şekil 4.4 : Yapı Elemanlarında Açılan Patlatma Delikleri.....	47
Şekil 4.5 : Düşey ve Derin Deliklerde Şarj Bölgeleri	48
Şekil 4.6 : Dağıtım Katsayısı V.....	49
Şekil 4.7 : Yatay Deliklerin Etki Çapları	51
Şekil 4.8 : Yatayda Yapılan Tek Sıralı Patlatma.....	53
Şekil 4.9 : Yatayda Yapılan Çok Sıralı Patlatma	54
Şekil 5.1 : Serbest Ortamdaki Basınç Zaman Değişimi	65
Şekil 5.2 : Patlayıcı Madde Boyunca İlerleyen İdeal Patlama Olayı	66
Şekil 5.3 : Yapı Elemanı İçindeki Patlama Olayı.....	67
Şekil 5.4 : Patlayıcının Yapı Elemanında Meydana Getirdiği Etkiler	68
Şekil 5.5 : Patlama Deliği Çevresindeki Kırılma Bölgeleri	69
Şekil 5.6 : Patlatmalı Yıkım İşleminde Oluşturulan Güvenli Bölgenin Kısım..	71

Şekil 6.1	: Duvar Kesitinde Patlayıcı Deliği ve Bölümlerinin Gösterilmesi	82
Şekil 6.2	: Yüksek ve Dar Bir Beton Duvardaki Patlatma Delikleri.....	84
Şekil 6.3	: Kolonlarda Açılan Delikler.....	85
Şekil 6.4	: Döşemelerin Patlatılmasında Önerilen Patlatma Paterni	87
Şekil 6.5	: Kirişlerde Açılan Delikler.....	87
Şekil 7.1	: Yapının Kendi İçinde Çökmesi.....	93
Şekil 7.2	: Yapının Yana Devrilmesi	95
Şekil 7.3	: Kama Şekilleri	97
Şekil 7.4	: Birinci Tip Kama	98
Şekil 7.5	: İkinci Tip Kama	100
Şekil 7.6	: Üçüncü Tip Kama	101
Şekil 7.7	: Dördüncü Tip Kama	102
Şekil 7.8	: Yapının Devrilirken Kendi İçinde Çöktürülmesi.....	103
Şekil 7.9	: Yapıların Parçalı Olarak Yıkılması.....	105
Şekil 8.1	: Kolonda Yapılan Test Patlatması.....	109
Şekil 8.2	: Döşemelerin Açılan Deliklerle Zayıflatılması	110
Şekil 8.3	: Yana Yıkılması İstenen Bir Binadaki Gecikme Sisteminin Yerleşimi	111
Şekil 8.4	: Kendi İçine Çökmesi İstenen Bir Binadaki Gecikme Sisteminin Yerleşimi	111
Şekil 8.5	: Kendi İçine Çökerek Yıkılan Bir Bina Örneği	112
Şekil 8.6	: Kolonların Kesilerek Duvarlardan Ayrılması.....	113
Şekil 8.7	: Patlayıcı Deliklerinin Açılması ve Patlayıcıların Yerleştirilmesi ...	114
Şekil 8.8	: Patlayıcıların Yerleştirilmesi ve Sıkılama İşleme.....	114
Şekil 8.9	: Yapı Elemanlarının Kaplanması.....	115
Şekil 8.10	: Dış Cepheye Açılan Boşlukların Kapatılması	115
Şekil 8.11	: Duvarlarda Boşlukların Açılması	116
Şekil 8.12	: Patlatmada Boşlukların Kullanılması	117
Şekil 8.13	: Çelik Yapılara Patlayıcıların Yerleştirilmesi.....	118
Şekil 8.14	: Patlayıcıların Çelik Elemanı Kesmesi	119
Şekil 8.15	: Bacanın Ağırlık Merkezinin Yer Değiştirilmesi.....	120
Şekil 8.16	: Tuğla Bacalarda Patlatma Şablonu	121
Şekil 8.17	: Tuğla Baca Yıkım Örneği.....	122
Şekil 8.18	: Betonarme Bacalarda Patlatma Şablonu	122
Şekil 8.19	: Bacalara Açılan Pencereler.....	123
Şekil 8.20	: Baca Yüksekliğinin Azaltılarak Devrilmesinde Kullanılan Şablon	123
Şekil 8.21	: Bir Bacanın Yüksekliğinin Azaltılarak Devrilmesi	124
Şekil 8.22	: Bacanın Kendi İçine Çökmesinde Kullanılan Şablon.....	125
Şekil 8.23	: Açılan Baca Deliklerine Patlayıcı Yerleştirilmesi	125
Şekil 8.24	: Taş Köprülerdeki Patlatma Bölgeleri.....	126
Şekil 8.25	: Kemerde Patlatma Bölgeleri.....	127
Şekil 8.26	: Çelik Köprülerin Patlatılması	127
Şekil 8.27	: Kemer Kirişli Betonarme Köprülerdeki Patlatma Bölgeleri.....	128
Şekil 8.28	: Kemer Kirişli Bir Betonarme Köprünün Patlatılması.....	128
Şekil 8.29	: Prefabrike Kirişli Köprülerdeki Patlatma Bölgeleri	128
Şekil 8.30	: Prefabrike Kirişli Bir Betonarme Köprünün Patlatılması.....	129
Şekil 8.31	: Tipik Kule Türleri	129
Şekil 8.32	: Kare ve Dairesel Kesitli Kuleler İçin Oluşturulan Kama Boyutları	130
Şekil 8.33	: Bir Kule Yıkımı Örneği	130
Şekil 8.34	: Mini Patlatma Uygulaması	133

Şekil 9.1	: Yıkılan Binanın Planı.....	134
Şekil 9.2	: C Aksı Patlayıcı Yerleşimi.....	136
Şekil 9.3	: 2 Aksı Patlayıcı Yerleşimi	137
Şekil 9.4	: Elektrikli Kapsüllerin Zaman Yayılımı	138
Şekil 9.5	: Patlatılacak Binada Açılan Kamanın ve Katların Konumu	140
Şekil 9.6	: Patlatılacak Silo ve Uygulanan Kama Boyutları	141
Şekil 9.7	: Yıkılan Köprü Sütunlarının Yerleşim Planı.....	143
Şekil 9.8	: Sütunun Patlatma Aşamalarının Planı ve Kenar Görünüşü	143
Şekil 9.9	: Bir Nolu Sütunun Yıkımı İçin Oluşturulan Patlatma Şablonu.....	144
Şekil 9.10	: Beş Nolu Sütunun Yıkımı İçin Oluşturulan Patlatma Şablonu.....	145
Şekil 9.11	: Yıkılacak Betonarme Kule ve Kama Boyutları	147
Şekil 9.12	: Yüzey Şarjlarının Uygulanış Şekli.....	147
Şekil 9.13	: Kanat Duvarların Kesiti ve Delik Paterni	148
Şekil 9.14	: Patlatılacak Katların Görünüşü.....	150
Şekil 9.15	: Kolonda Açılan Patlayıcı Delikleri.....	155
Şekil 9.16	: Tuğla Duvarda Açılan Patlayıcı Delikler.....	156
Şekil 9.17	: Patlatılan Binanın Zemin Kat Planı	159

SEMBOL LİSTESİ

δ	: G mafsalından geçen, patlatma düzlemine dik olan doğru ile G mafsalı ve S ağırlık merkezi arasında çizilen doğru arasındaki açı
φ	: Yapının ağırlık merkezinin devrilme sırasında kat ettiği açı
A	: Genlik
a	: İvme
a_B	: Delik aralığı
a_R	: Sıra aralığı
A_{ug}	: Kesit alanı
b_w	: Kolon kalınlığı
c	: Özgül patlayıcı katsayısı
d	: Sıkılama katsayısı
Da	: Bacanın ortalama dış çapı
E	: Enerji
e	: Eksantriklik oranı, devrilme ekseninin ağırlık merkezi izdüşümüne olan yatay uzaklığı.
f	: Frekans
G	: Patlatma düzlemi üzerinde olan ve dönme eksenini oluşturan mafsallar.
G	: Yapının toplam genişliği
g	: Yer çekimi ivmesi
h	: Nesne kalınlığı
H_m	: Betonarme eleman kalınlığı
ΔH_s	: Yapı ağırlık merkezinin devrilirken kat ettiği kot farkı
H_T	: Kule yüksekliği
K	: İnsanların davranış seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan parametre
L	: Şarj miktarı
L_B	: Delik başına şarj miktarı
L_{LZ}	: Şarj bölgesi başına şarj miktarı
M	: Patlatılacak nesnenin kütlesi
M	: Devrilen kütle
M	: Patlatılacak kama yüksekliği.
m	: Patlatılacak kama yüksekliğinin x'e oranı
n_B	: Delik sayısı
n_{LZ}	: Şarj bölgesi sayısı
P	: Ortam basıncı
P_S	: En yüksek fazla basınç
q	: Özgül patlayıcı miktarı
r	: Ölçüm alınan noktanın yapı ağırlık merkezinin devrilme sonrası zemine vuracağı noktaya olan uzaklığı
S	: Patlatma düzlemi üzerinde kalan yapının ağırlık merkezi.

t	: Zaman
U	: Yapının toplam uzunluğu
V	: Patlatılacak nesnenin hacmi
V	: Dağıtım katsayısı
v	: Yayılma hızı
v_R	: Bileşke değer
v_x, v_y, v_z	: Üç ayrı eksenindeki titreşimlerin pik değerleri
w	: Etki mesafesi
x	: Yapının ağırlık merkezi izdüşümünün devrileceği köşeye yatay uzaklığı.
Y	: Yapının zeminden itibaren toplam yüksekliği
y	: Yapının ağırlık merkezinin patlama düzlemine düşey uzaklığı.

ÖZET

Patlayıcılar ile yapı yıkımı, hasarlı veya ekonomik ömrünü tamamlamış yapıların (binalar, bacalar, köprüler, silolar vb.) yıkımlarında, geleneksel yıkım tekniklerine göre oldukça emniyetli, daha ucuz ve hızlı bir yöntem olarak uygulama alanı bulmaktadır. Ülkemizde henüz uygulanmayan ancak gelişmiş ülkelerde uzun yıllardan beri kullanılan bu teknik ile beton, betonarme ve çelik yapıların sıklıkla yıkıldığı görülmektedir.

Bu tezde, kullanım ömrünü tamamlamış veya başka nedenlerden dolayı hasar görmüş yapıların patlayıcı kullanılarak yıkımı incelenmiştir. Patlayıcı ile yapıların yıkılması için kullanılan malzemeler, hesap yöntemleri ve patlayıcı ile yapı yıkım teknikleri anlatılmıştır.

İlk olarak çalışmaya geleneksel yapı yıkım teknikleriyle patlayıcılar ile yapı yıkım tekniği karşılaştırılarak başlanmıştır. Patlayıcıların ve ateşleme elemanlarının özellikleri incelenmiş, bu malzemelerin nerelerde kullanıldığı anlatılmıştır. Daha sonra patlayıcılarla yapı yıkımında kullanılan delici makineler ve delik delme işlemlerine kısaca değinilmiş; patlayıcıyla yıkım sırasında çevrede oluşacak hasarı önlemek için kullanılan koruyucu malzemelerden bahsedilmiştir.

Patlatmada kullanılan delik geometrisi tasarımı ve şarj miktarı hesapları anlatılmış; patlayıcıların patlama mekanizmaları ve yapı malzemelerine etkileri incelenmiştir. Daha sonra patlayıcıyla yapı yıkımı sırasında ortaya çıkan problemler ve bunların kontrolüne yönelik çalışmalar anlatılmıştır.

Yapı elemanlarının patlayıcı ile ne şekilde patlatılacağından bahsedilmiştir. Daha sonra ise patlatılan yapıların yıkılma şekilleri incelenmiştir.

Son olarak patlayıcı ile değişik yapıların yıkımı anlatılmış ve literatürde yer alan çeşitli yapı yıkım örneklerine yer verilmiştir.

SUMMARY

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, bridges, bunkers etc.). This demolition technique which is used in developed countries and not yet used in Turkey; is frequently used in concrete, reinforced concrete and steel structures.

In this thesis, some demolitions of structures are examined which are out of usage or over economic life. The materials, calculation methods and the techniques of blasting of structures used for demolition of structures with explosives are explained.

Firstly, demolition of structures by explosives compared with conventional demolition techniques. The properties of explosives and firing elements are investigated. Usage areas of this materials are explained. Afterwards, the drilling machines and drilling applications are investigated and the protection equipments which are used for preventing the environmental damage is mentioned.

Design of the blast hole pattern and calculating hole charges are presented. Also the explosion mechanism of explosives and their effects on construction materials are investigated. And also, the problems occurred in demolishing structures with explosives are examined and the studies of preventing techniques are mentioned.

The processes of demolition with explosives of construction elements and the types of structure demolitions are examined.

Finally, demolition of various structures with explosives are described and the details of case studies are given.

1. GİRİŞ

Günümüzde yapıların tamamen veya kısmi yıkımı için pek çok metot kullanılmaktadır. Bu metotlardan biri olan patlayıcılarla yapıların yıkımı II. Dünya Savaşı sonrası Avrupa'da harap edilmiş şehirlerin yeniden inşası sırasında geliştirilmiş bir yöntemdir [1]. Bu yöntem daha sonra bütün Avrupa'ya yayılmıştır. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde büyük gelişmeler kaydedilmiş, çok büyük ve yüksek binalar dahi kolayca yıkılmıştır. Bina, köprü, baca gibi inşaat mühendisliği yapılarının yıkımında patlayıcılar tek başlarına kullanılabilecekleri gibi diğer geleneksel yıkım yöntemlerinin tamamlayıcısı olarak da kullanılabilir.

Ülkemizde yapı yıkımı, yerleşim alanlarının darlığı, yoğun nüfus artışı, son yıllarda kırsal alanlardan şehirlere göç ve beraberindeki konut ihtiyacı ile hız kazanmıştır. Önceden kırsal alanda veya şehirde bulunan yapılar genellikle eklemeler yapılarak kullanılmaktaydı. Belirtildiği gibi özellikle şehirlere göçün başlaması ile şehir merkezlerinde daha büyük ve yüksek binalar yapma ihtiyacı doğmuştur. Önceleri yıkım işleri hafriyat şirketleri tarafından yapılmaktaydı, halen bu durum fazla değişmemiştir. Ülkemizde sadece yıkım işiyle uğraşan profesyonel yıkım şirketleri yok denecek kadar azdır [2].

Avrupa ve Amerika'da ekonomik ömrünü tamamlayan birçok yapı bulunmaktadır. Bu ülkeler eski sanayi tesislerini yıkıp, yerlerine daha büyük ve modern tesisler kurmaktadır. Amerika da 1940'lı yıllarda gökdelenlerin inşa edildiği düşünüldüğünde, bu ülkelerde ekonomik ömrünü tamamlayan yapılar nedeniyle yıkım sektörü günümüze kadar çok yol kat etmiştir.

Batılı ülkelerde birçok profesyonel yıkım şirketi bulunmaktadır. Bu şirketler daha kısa sürede ekonomik olarak yapı yıkımını sağlayan patlayıcıyla yıkımı uzun sürelerden beri kullanılmaktadırlar. Bu ülkelerde iş gücünün pahalı olması, iş ve işçi güvenliğine verilen büyük önem patlayıcı ile yıkımı öne çıkarmıştır.

Artık ülkemizde de şehirlerdeki yerleşim alanlarının dolması, sanayi tesislerinin yenilenme ihtiyacı, profesyonel yıkımlara olan ihtiyacın artmasına neden olmaktadır.

Yukarıda sayılan bütün bu nedenlerin yanında, ülkemizdeki deprem olgusu, yapı yıkımının önemini bir kat daha artırmaktadır. Ülkemizde yaşanan 17 Ağustos depremi sonrası, hasar görmüş ve kullanılamaz durumda binlerce yapı ortaya çıkmıştır. Bunlardan bir kısmının da onarılma olasılığı bulunmamaktadır. Bu yapıların başka tehlikelere neden olmadan, en kısa sürede yıkılması gerekmiştir. Fakat bu konuda bilgisiz ve tecrübesiz olan ülkemiz, ilkel yöntemlerle bu işin üstesinden gelmeye çalışmıştır. Bunun sonucu birçok kaza ve ölümle karşılaşmıştır. Bu yapıların geleneksel metotlarla çabuk ve güvenli bir şekilde yıkılamayacağı anlaşılmış ve yurt dışındaki profesyonel firmalardan yardım istenmiştir. Sonuçta, ödeme problemleri nedeniyle bu girişim de birkaç yıkımdan sonra sona ermiş ve kalan yapılar uzun sürede, büyük maliyetler ve risklerle yıkılmıştır.

Ülkemizde henüz uygulaması olmayan, ancak gelişmiş ülkelerde uzun yıllardan beri kullanılan kontrollü patlatma tekniği ile beton, betonarme ve çelik yapıların sıklıkla yıkıldığı görülmektedir. Dünyada patlayıcı ile yıkımın sıkışık kent merkezlerinde bile başarı ile uygulandığı bilinmektedir. Kullanım ömrünü tamamlamış yapılar ile doğal afetler sonucu hasar gören yapıların yıkım çalışmalarında patlayıcı ile yıkım metodunun kullanımı, yıkımın son derece hızlı bir şekilde, daha düşük maliyetle ve çevreye minimum zarar verecek şekilde tamamlanmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda iş ve işçi güvenliği açısından çok daha emniyetlidir.

Yapılan bu çalışma ile patlatmayla yıkım tanıtılmaya çalışılmıştır. Patlayıcı ile yıkım birçok alanda uzmanlık gerektiren bir iştir. Özellikle bina yıkımında yapı ve yapı elemanlarının tanınması, yapının devrilme yönüyle ilgili hesaplar ve patlayıcı kullanımı öne çıkmaktadır.

Teze, geleneksel yıkım teknikleriyle patlayıcılarla yıkım tekniğinin karşılaştırılması ile başlanmıştır. Daha sonra genel bir bilgi olması amacıyla bütün ticari patlayıcı tipleri ve bunların ateşlenmesinde kullanılan ateşleme elemanları tanıtılarak çalışmaya devam edilmiştir. Patlayıcılar ile ilgili bilgi verildikten sonra patlama mekanizması incelenmiştir.

Patlayıcı ile yıkımın en önemli aşamalarından birisi olan şarj miktarı hesapları ile ilgili bilgiler toplanmış ve bu konuda açıklamalar yapılmıştır. Patlayıcı ile yıkımdan söz etmeden önce yapı elemanlarının bireysel olarak patlatılması incelenmiştir.

Yapıların yıkılma şekilleri ile ilgili şartlar yedinci bölümde ele alınmıştır. Bu şartlar özellikle sıkışık alanlardaki patlatmalarda büyük önem kazanmaktadır.

Son olarak yapıların yıkılması ile ilgili genel kurallar anlatılmıştır. Yapı yıkımı ile ilgili kesin metotlardan söz etmek çok zordur. Çünkü her yapı malzeme cinsi, boyutları ve çevre koşulları açısından birbirinden farklılık göstermektedir. Bu çalışma literatürde yer alan bazı patlayıcı ile yıkım örnekleri verilerek sona ermiştir.

2. YIKIM TEKNİKLERİ

2.1. Yapı ve Yapı Elemanlarının Yıkılması

Son yıllarda gerek ekonomik gerekse teknik nedenlerden dolayı yapıların tamamen ya da kısmi yıkımı için kullanılan metotlara talep artmıştır. Günümüzde büyük şehirlerdeki eski yapılar daima yenilenmekte ve ticari yapılar şehir merkezleri dışına daha az maliyet için taşınmaktadır. Alt yapının sürekli gelişmesiyle, tekrar inşa, onarım ve mevcut yapının boyutlarının büyütülmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların yanı sıra yapılar, bazen savaşlar, deprem, kasırgalar ve diğer afetler sonucunda önemli hasarlara uğrarlarken, bazen de yangınlardan, terörist saldırılarından, hatalı tasarımların sebep olduğu kazalardan dolayı ağır hasarlar görmektedir [3,4].

Çoğu zaman yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı yapıların tamamen veya kısmi yıkımı gerekmektedir. Bir yapının tamamen yıkılması ile kısmi olarak yıkılması arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Kısmi yıkımlarda, çevredeki yapıların hasar görmemesi ve var olan betonarme elemanlardaki donatıların olduğu gibi kalması istenmektedir. Kısmi yıkımın bu şekli çoğu kez, konutlar, pencereler, arabalar, insan yapımı işlevsel servisler gibi duyarlı alanlara minimum mesafeyle yapının oldukça küçük bölümlerinin ardı ardına yıkılmasını kapsamaktadır. Bu yüzden, bu tür yıkımlarda çevreye hasar vermeyen çok dikkatli çalışmalar yürütülmelidir. Fakat bu yıkım türünde uygun metodun seçiminde, proje ve çevre olgularını sorgulayan bir planlamanın yapılması gerekliliğinden dolayı maliyet yükselmektedir.

2.2. Yapı ve Yapı Elemanlarının Yıkılmasında Kullanılan Teknikler

Son on yıl içinde, yıkım endüstrisinde modern toplumun gereksinimlerini karşılamak amacıyla, önemli çalışmalar yapılmış ve yeni teknikler geliştirilmiştir. Günümüzde yapıların tamamen ya da kısmi yıkımı için değişik metotlar kullanılmaktadır. Yıkım

endüstrisinde kullanılan bu metotlar genel olarak aşağıdaki altı ana başlık altında incelenmektedir [4,5].

- Mekanik aletler yardımıyla ezerek ve kırarak parçalama ile yıkım (Şekil 2.1).
- Bir vince bağlı çelik küre yardımıyla yapıya vurarak parçalama ile yıkım (Şekil 2.2).
- Mekanik aletler yardımıyla ayırarak yıkım.
- Patlayıcılar ile kontrollü yıkım.
- Genleşen kimyasal malzemelerle yapının parçalanarak yıkılması.
- Elmas testereler ile yapının elemanlarının kesilerek yıkılması.



Şekil 2.1 : Mekanik Aletler ile Ezerek ve Kırarak Parçalama ile Yıkım



Şekil 2.2 : Bir Vince Bağlı Çelik Küre Yardımıyla Yapıya Vurarak Parçalama ile Yıkım

Ayrıca, ayırma aletleri, özel kimyasallar, su jeti, lazerle kesme, mikrodalgaların kullanılmasıyla ısıtma ve diğer tekniklerin yıkım endüstrisi için kullanımı henüz deneme aşamasındadır.

Bir hidrolik çekiç ile veya bir topla darbe yaratarak kırma işleminin yapıldığı kaba yıkım metotları pek çok ülkede halen popüleritesini korumaktadır. Yeni metotların araştırılmaya başlanmasındaki nedenlerden biri de, bu kaba metotların çevre ve çalışanlar üzerinde önemli olumsuz etkilere sahip olabilmeleridir. Bu olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması için geliştirilen yeni yıkım metotlarının başarılı örneklerinden biriside onarım çalışmalarındaki kısmi yıkımlar için kullanılan mini patlatmadır. Bu teknikle çoğu zaman yapıların onarım ve yeniden inşası için yapılacak yıkım çalışmalarında çok yüksek randıman alınabilmektedir.

Yıkım endüstrisi için geliştirilen çok değişik metotlar olmasına rağmen yıkım işi için optimum şartları sağlayan metodun seçilme zorunluluğu vardır. Yapılacak olan bir yıkım işi için kullanılacak en uygun metodun seçilmesinde, aşağıdaki faktörler göz önüne alınmaktadır [6].

- Yıkım işinin maliyeti
- Yıkım projesinin zaman sınırlamaları
- Yapıyı oluşturan beton ve betonarmenin kalitesi
- Yıkılacak yapının veya yapısal elemanların geometrisi
- Yıkılacak yapının veya yapısal elemanların boyutu ve konumu
- Yıkımı yapılacak yapının çevresi
- Özel riskler (Yapının türü ve konumuyla ilgili)
- Yıkım sonrasında oluşan molozun tekrar kullanımı
- Ulaşım ve katı atığın depolanması
- Ve diğer ayarlamalar

Bu faktörlerden en önemlileri yıkım işinin maliyeti ve yıkılacak yapının boyutlarıdır. Diğer unsurlar bu iki önemli faktöre göre şekillenmektedir. Ayrıca, onarım çalışmaları sırasında yapılan kısmi yıkımlar için, betonun kalitesi, seçilecek yıkım metodunun belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

2.3. Yapı Yıkım Endüstrisinde Patlayıcılarla Yıkım Tekniklerinin Rolü

Son yıllarda, patlatma teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak yapı yıkım çalışmalarında, patlatma teknikleri de artan oranlarda kullanılmaya başlanmış ve diğer yıkım teknikleri ile rekabet edebilen başarılı bir seviyeye getirilmiştir. Genellikle patlayıcılar ile kontrollü yıkım tekniği, yüksek ve geniş yapıların, fabrika bacalarının, kulelerin, terk edilmiş madencilik yapılarının, barajların, iskelelerin ve su altı yapılarının yıkımında diğer tekniklere göre daha çok kullanım alanı bulmaktadır.

Yıkım endüstrisinde daha yaygın olarak kullanılan geleneksel metotlar boyut, uzunluk, kalınlık ve ulaşılabilirlik ile ilgili olarak bazı sınırlamalara sahiptirler. Patlayıcılarla kontrollü yıkım ise, birçok durumda betonarme yapıların bütün türlerinin yıkımı için geleneksel tekniklere göre daha kullanışlı bir metottur. Ancak, patlayıcılarla yıkım riskin kaçınılmaz bir elemanını kapsamaktadır. Bu nedenle, patlatma tekniklerinin kullanımı özel eğitim ve deneyimler gerektirmektedir. Bu amaçla patlayıcılarla yıkım çalışmaları sırasında uzmanlardan kurulu bir takımın organize edilmesi gerekmektedir. Bu takımda, bir yapı mühendisi, bir geoteknik mühendisi, çok sayıda patlatma mühendisi ve ön patlatma sonuçlarının değerlendirilmesi için uzman bir firmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Çoğu zaman patlayıcılarla yıkım çalışmaları konu ile ilgili pek fazla deneyimi olmayan kişiler ve kurumlar tarafından risk taşıdığı gerekçesiyle istenmemekte ve çok daha fazla zaman ve para gerektiren geleneksel yıkım metotlarının kullanılması talep edilmektedir. Bu nedenle gerek kötü niyetli olan gerekse bilgisizlikten kaynaklanan bu tür düşüncelerin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bunun için yıkım öncesi aşağıda özetlenen çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

- Yapı patlatması sırasında oluşacak riskin makul olduğu konusunda ilgili mercileri ikna edebilmek için, patlatma firması tarafından patlatma tasarımının detaylı belgelerinin ve kayıtlarının ilgili mercilere sunulması gerekmektedir.
- Yıkım çalışmalarında, toplumun bilgilendirilmesi önemlidir. Bu yüzden toplumun onayını alabilmek için, riskin açık bir biçimde tartışılması ve risk yönetiminde işbirliğine gidilmesi gerekmektedir.

- Patlayıcılarla yıkım metodunun diğer geleneksel metotlarla sürekli bir rekabet içinde tutulabilmesi için yıkımın sonuçlarının açıkça sergilenmesi ve başarısının belirtilmesi gerekmektedir.

2.4. Yıkım Tekniklerinin Karşılaştırılması

Patlayıcıyla yıkım çalışmaları ile yıkım endüstrisinde yaygın olarak kullanılan geleneksel yıkım teknikleri karşılaştırıldığında patlayıcıyla yıkım tekniğinin gerek kullanım gerekse maliyet açısından üstünlükleri çok daha iyi anlaşılmaktadır. Tablo 2.1’de patlayıcıyla yıkım tekniği ile yaygın kullanıma sahip yıkım teknikleri arasındaki karşılaştırmalar verilmiştir.

Tablo 2.1: Yıkım Tekniklerinin Karşılaştırılması

Yıkım metodu	Yıkım projesi zamanı	Maliyet	Çevre üzerindeki olumsuz etkiler	Risk
Çelik küre ile	Uzun	Yüksek	Fazla	Düşük
Çelik topaç ile	Çok Uzun	Orta	Çok az	Yüksek
Kırıcı ile	Kısa	Çok yüksek	Az	Çok Düşük
Patlayıcı ile	Çok kısa	Düşük	Fazla	Yüksek

Tablo 2.1’den anlaşılabileceği üzere, patlayıcılarla yıkım tekniklerinin maliyet ve zaman açısından geleneksel yıkım tekniklerine göre kullanılabilirliği oldukça yüksektir. Bunun yanı sıra, bu tekniğin çevre etkileri ve taşıdığı risk bakımından ise oldukça düşük kullanılabilirliğe sahip olduğu görünmektedir. Ancak daha önce de belirtildiği gibi kontrollü patlatma ilkelerine göre tasarlanan bu tekniğin güvenilirliği yükseltilebilmekte hatta geleneksel yapı yıkım tekniklerine göre çok daha az çevre etkisi doğuran yüksek emniyete sahip çalışmalar yapılabilmektedir. Bu tekniğin diğer geleneksel yıkım tekniklerine göre birçok avantajının yanında, patlayıcıların potansiyel tehlike riskinden dolayı dezavantajları da vardır. Bu avantajlar ve dezavantajlar aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir [1,8].

Patlayıcılarla yıkım tekniklerinin geleneksel yıkım tekniklerine göre avantajları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

- Özellikle yüksek katlı yapılarda uygulandığında çok daha düşük maliyet
- Daha hızlı bir uygulama
- Çevreye verilen rahatsızlıkların kısa bir zamanla sınırlandırılması

- Trafik akışının olduğu yerlerde veya yakınında yürütüldüğünde daha güvenli bir uygulama
- Yıkım alanında ve dar aralıkta mekanik makinelerin kullanımının zor olduğu durumlarda, uygulanabilir olması.
- Yüksek çalışma kontrolü ve iş kazalarının minimuma indirilmesi.
- Toz yayılması ve gürültü kirliliğinin kontrol altına alınması.
- Yıkım sonucu enkazın küçük parçalar halinde kolay kaldırılması.

Diğer bir taraftan, bu tekniğin uygulanması sırasında karşılaşılan bazı sıkıntılar aşağıdaki gibi özetlenmektedir.

- Yıkım işi için patlayıcı, statik, güvenlik gibi konularda uzman ve tecrübeli bir ekip gerekir.
- Patlatma izin belgesinin (ruhsatının) ve yıkım alanına patlayıcıların taşınması için gerekli olan diğer belgelerin teminin uzun zaman alması.
- Yıkılacak yapıların projelerinin bulunması ve malzeme özelliklerinin bilinmesi gerekir. Bunların bulunmadığı durumlarda ölçüm ve deneyler yapılarak tespit edilmeleri gerekir. Bu da zaman kaybına neden olur ve maliyeti artırır.
- Çevredeki yapılara, nesnelere ve insanlara zarar verme riski her zaman vardır. Bunlar sonucu oluşabilecek zararların karşılanması gerekir.

3. PATLAYICILARLA YAPILARIN KONTROLLÜ YIKILMASINDA KULLANILAN MALZEMELER

3.1. Patlayıcı Maddelerin Özellikleri

Bir patlayıcı madde kullanıcısının, kullanacağı patlayıcıdan maksimum verimi alabilmesi için kullanacağı patlayıcının bütün özelliklerini bilmesi gerekir. Piyasada çeşitli özelliklere sahip patlayıcı maddeler mevcuttur. Patlatma işleri, patlatılacak yerin yani kaya, toprak veya yapının özelliklerine bağlı olduğu için her iş birbirinden bağımsız ve farklı özelliktedir. Bütün bu nedenlerden dolayı kullanacağımız patlayıcı maddenin özelliklerini bilmemiz gerekir, bu özelliklerin başlıcaları şunlardır:

- Patlama hızı
- Patlayıcı maddenin gücü
- Patlayıcı maddenin yoğunluğu
- Patlayıcı maddenin kritik çapı
- Patlayıcı maddenin oksijen dengesi
- Patlayıcı maddenin duyarlılığı
- Patlayıcı maddenin çıkardığı duman
- Patlayıcı maddenin suya direnci
- Patlayıcı maddenin dona direnci
- Patlayıcı maddenin depolama ömrü

Patlama hızı

Bir patlayıcı maddenin patlama hızı reaksiyon hızıdır. Patlama hızı, patlama sonucu meydana gelen patlama dalgalarının birim zamanda aldığı yoldur, birimi m/s'dir. Aynı tür patlayıcının patlama hızı patlayıcının; yoğunluğuna, parçacıklarının boyutuna, şarj çapına ve sıkıştırma etkisine bağlı olarak değişir. Şarj çapı ile yoğunluk artırılarak, sıkıştırma etkisi yaratılarak, parçacık boyutu azaltılarak patlama hızı arttırılabilir [9–11].

Patlayıcı kullanımında patlama hızı göz önünde tutulması gereken en önemli özelliklerden birisidir. Patlama hızı arttıkça patlayıcı madde daha fazla kırıcı ve parçalayıcı olur. Patlama hızı yüksek olan patlayıcılar sert kayalardan ufak parçalar elde etmede kullanılırlar. Patlama hızı yüksek patlayıcılara en iyi örnek dinamitlerdir.

Bir patlayıcının patlama hızını deneysel yöntemlerle ölçmek mümkündür, bunun için sürekli hızölçer cihazlar kullanılmaktadır. Bu sayede patlayıcıların uygulamadaki patlama hızları da ölçülebilmektedir.

Patlayıcı maddenin gücü

Birim ağırlıktaki patlayıcının sahip olduğu enerji o patlayıcının gücünü göstermektedir, birimi Kcal/kg'dır. Bir patlayıcının gücü aynı zamanda o patlayıcının yapacağı işi gösterir. Patlayıcı maddenin gücü kurşun blok testi, balistik havan testi, kabarcık enerjisi testi gibi deneysel yöntemlerle hesaplanabilir. Patlayıcıdan % 100 verim alındığı ve enerjisinin tamamının işte kullanıldığı düşünülür, fakat aslında kullanılan enerji % 30–90 arasında değişmektedir.

Patlayıcı maddenin gücü artan detonasyon hızı ile artar. Patlayıcı maddenin gücü iki şekilde ifade edilebilir:

1)Ağırlık Kuvveti: Her bir gram patlayıcının mevcut enerji miktarıdır, birimi cal/gr'dır.

2)Hacim kuvveti: Her bir cm patlayıcının mevcut enerji miktarıdır, birimi cal/cm³'tür.

Bu iki enerji ifadesi arasındaki eşitlik:

Hacim Kuvveti = Ağırlık Kuvveti x p

$$\text{Cal/cm}^3 = \text{cal/gr} \times \text{gr/cm}^3$$

Nitrogliserin esaslı dinamitlerin gücü, içinde bulunan nitrogliserinin yüzdesi ile ifade edilir. Bu kıyaslama % 92.4 nitrogliserin içeren dinamit ile yapılmaktadır. Bunun sebebi dünyada en çok kullanılan dinamitin % 92.4 nitrogliserin içeren dinamit olmasıdır. Diğer patlayıcılar bu dinamit ile kıyaslanmaktadır. Bu dinamitin gücü 100 veya 1 alınarak diğer patlayıcılar kıyaslanmaktadır. Gücü birden büyük olan bir patlayıcı düz dinamitten daha güçlü, küçük olan ise daha güçsüzdür. Bu sayede dünyanın her yerinde üretilen patlayıcıların güçleri birbiri ile kıyaslanabilmektedir.

Dinamitlerin güçleri kendi aralarında kıyaslanırken direkt nitrogliserin yüzdeleri kıyaslanarak bir sonuca varmak doğru değildir. Yani % 40 nitrogliserin içeren bir dinamitin gücü % 80 nitrogliserin içeren dinamitin gücünün yarısı değildir, çünkü patlayıcıda bulunan diğer bileşenlerin oranları da patlayıcının gücünü etkilemektedir.

Patlayıcı maddenin yoğunluğu

Patlayıcı yoğunluğu, tüm diğer maddelerde olduğu gibi patlayıcı maddenin birim hacim ağırlığını ifade eder. Yoğunluğun artması ile patlayıcının patlama hızı ve basıncı artmaktadır. Bunların sonucunda da patlayıcının gücü ve verimi artmaktadır. Patlayıcının gücünü artırmak için patlayıcı yoğunluğunu artırmak kullanılan bir yöntemdir. Özellikle askeri amaçlı patlayıcılarda kalıplama ve presleme yardımıyla daha güçlü patlayıcılar elde edilmekte, aynı zamanda patlayıcının kritik çapı da azaltılmaktadır. Aynı amaçla arazide delik içindeki patlayıcının sıkılanması da yoğunluğu artırmak için yapılır.

ANFO gibi harç patlayıcıların yoğunluk arttıkça güçleri azalmaktadır. Yoğun piriller halinde hazırlanan ANFO'nun patlama hızı poroz piriller halinde hazırlanan ANFO'nun patlama hızından küçüktür. Bunun sebebi bir noktadan sonra reaksiyonun ilerlemesi için gerekli olan ve “hot spot” denilen noktaların oluşmasını sağlayan hava hacminin azalmasıdır. Bunun sonucunda, belli bir yoğunluktan sonra bu noktalar kaybolur ve patlama olayı gerçekleşmez.

Patlayıcı maddenin kritik çapı

Patlama olayı, patlama dalgalarının oluşması ve yayılmasıyla başlar. Bunun olabilmesi için patlama anında şok cephesi, şok bölgesi, patlama bölgesi ve gaz ürünler bölgesi olması gerekir. Bu oluşumlardan bir tanesinin eksik olması patlama olayının dolayısıyla patlamanın gerçekleşmemesi anlamına gelir. Bu olayların oluşabilmesi için gerekli en küçük patlayıcı çapına kritik çap denir. Bir diğer deyişle, kritik çap patlama olayının meydana gelmesi için gerekli en küçük çaptır.

Her patlayıcı cinsi için kritik çap değeri değişmektedir. Örneğin jelatinit dinamit için kritik çap değeri 7 mm, saf amonyum nitrat için 250 mm'dir. Patlayıcının içine katılan bileşenler bu değeri küçültebilmektedir. Amonyum nitrata mazot, alüminyum tozu gibi maddeler katıldığında kritik çap değeri 30 mm'ye kadar düşmektedir. PETN, kurşun azid gibi patlayıcıların kritik çap değerleri sıfıra çok yakındır. Bu yüzden bu tür patlayıcılar fitil ve kapsül yapımında rahatlıkla kullanılabilir.

Patlayıcı maddenin oksijen dengesi

Patlayıcılar için oksijen dengesi önemli bir özelliktir. Patlayıcı madde oksitleyici, indirgeyici ve duyarlandırıcı olmak üzere üç temel kısımdan meydana gelir. Örneğin ANFO'da amonyum nitrat oksitleyici mazot ise indirgeyicidir. TNT ve nitroselüloz patlayıcı duyarlandırıcı maddeler, alüminyum ve silikon ise patlayıcı olmayan duyarlandırıcı maddelerdir. Patlayıcı maddeler reaksiyon sırasında gerekli oksijeni dışarıdan almazlar, kendi bünyelerindeki oksijeni kullanırlar. Ayrıca nitrogliserin gibi patlayıcılar için oksijen dengesi söz konusu değildir, gerekli şok ile karşılaştıklarında patlama gerçekleşir.

Özellikle ANFO gibi patlayıcı maddeler için oksijen dengesi önem kazanır. ANFO'ya ilave edilen mazot (CH_2) miktarı az ise bu, ortamda fazla oksijen olduğu anlamına gelir, amonyum nitrat içindeki azotun hepsi reaksiyon sonucu bitmez ve NOX gazları meydana gelir. Aksi durumda ise amonyum nitratin hepsi harcanacaktır. Fakat ortamda fazla karbon olmasından dolayı karbon monoksit gazı (CO) meydana gelecektir. Bu nedenle ANFO için oksijen dengesi çok önemlidir.

Patlayıcı maddenin duyarlılığı

Patlayıcı maddenin duyarlılığı patlayıcıların en önemli özelliklerinden bir tanesidir. Patlayıcılarda patlama olayının başlayabilmesi için gerekli kritik çap değerinin önemi bilinmektedir, kritik çapa sahip bir patlayıcının da patlayabilmesi için gerekli minimum enerjiyi alması gerekir. Patlayıcının patlaması için gerekli minimum enerji miktarına göre patlayıcılar ikiye ayrılır.

Birinci grup, kapsüle duyarlı patlayıcılardır. Bu tür patlayıcıların patlama olaylarının başlayabilmesi için bir kapsülün vereceği enerji yeterlidir. Bu tip patlayıcılar genellikle patlama hızları ve enerjileri yüksek patlayıcılardır. Kapsüle duyarlı patlayıcılara en iyi örnek nitrogliserin bazlı patlayıcılardır, bunun yanında emülsiyon tipi patlayıcıların bir kısmı da kapsüle duyarlıdır.

İkinci grup patlayıcılar sadece bir kapsülün patlatılması ile patlama olayı başlamayan patlayıcılardır. Bu tip patlayıcıların patlatılabilmesi için daha fazla enerjiye ihtiyaç vardır. Kapsüle duyarsız patlayıcılar yemleyici olarak adlandırılan kapsüle duyarlı bir patlayıcı maddenin yardımı ile patlatılırlar. Bu tür patlayıcıların bilinen en iyi örneği ANFO'dur.

Kapsül haricinde, yeterli patlayıcı oranına sahip infilaklı fitil ile kapsüle duyarlı patlayıcıların çoğu patlatılabilir.

Patlayıcı maddelerin çıkardığı duman

Patlayıcının patlatılması kimyasal bir reaksiyon olduğu için reaksiyon sonucunda reaksiyon ürünleri meydana gelmektedir. Bu ürünlerden bizi en çok ilgilendirenlerden birisi de gaz ürünlerdir. Patlayıcıların gaz ürünlerini iki grupta toplayabiliriz:

- Zehirsiz (toksin olmayan) gazlar; karbondioksit (CO₂), Azot (N₂), su buharı (H₂O)
- Zehirli (toksin) gazlar; karbon monoksit (CO), nitrojen oksitler (NO, NO₂), Ngl buharları

Bu gazların miktarı patlayıcı cinsine ve kullanılma şartlarına göre değişir. Açık ocaklarda bu gazlar fazla zarar vermeseler de; kapalı ocaklarda, tünel inşaatlarında, maden ocaklarında büyük zehirlenme etkileri yaratabilirler. Zehirli gazlar çıkaran patlayıcıların kapalı ocaklarda kullanılması durumunda iyi bir havalandırma yapılmalıdır. Özellikle kömür madeni gibi maden ocaklarında patlayıcıların çıkardığı zehirli gazlar büyük problemler yaratmaktadır.

Patlayıcı maddeler çıkardıkları duman karakterlerine göre üç sınıfa ayrılabilirler:

- Duman sınıfı 1 : 25 lt/Kg'dan az zehirli gaz.
- Duman sınıfı 2 : 24-50 lt/Kg arası zehirli gaz.
- Duman sınıfı 3 : 50-100 lt/Kg arası zehirli gaz.

Yapılan bu sınıflandırmaya göre duman sınıfı iki ve üç olan patlayıcıların kapalı ocaklarda kullanılması tehlikelidir.

Patlayıcı maddenin suya direnci

Patlayıcı maddelerin su altında da kullanılması gerekebilir veya ocaklarda yeraltı suyu ile temas olabilir. Bu nedenden dolayı patlayıcıların suya direnci de önemli bir özelliktir. Patlayıcı madde su içinde 24 saat özelliğini aynen koruyarak kalabiliyor ve sonunda patlatılabiliyorsa bu patlayıcı için suya dirençlidir denilir. Patlayıcı maddelerin sudan etkilenmesi iki şekilde olur:

- Su altında, su basıncından dolayı patlayıcı bünyesinde bulunan ve patlama için gerekli "hot spot" noktalarını oluşturan hava kabarcıkları azalır veya tamamen ortadan kalkar.

- Patlayıcının bileşiminde bulunan organik tuzlar suda çözülüp bileşimden ayrılabilir.

Patlayıcıların bir bölümü suya karşı oldukça dirençli iken bir kısmı da az bir nemden bile etkilenebilir. Emülsiyon tipi patlayıcılar bünyelerinde suda çözünmeyen tuz, yağ, wax gibi maddeler bulundururlar. Bu maddeler suda çözünmeyip bir film tabakası oluşturduğu için, patlayıcı içindeki “hot spotların” ortadan kalkması mümkün olmaz. Tüm patlayıcı maddeler, su ile izolasyonları plastik torbalarla sağlanarak su altında veya nemli yerlerde kullanılabilirler. Fakat izolasyonu iyi sağlamak ve kısa sürede patlatmak gerekmektedir.

Patlayıcı maddenin dona direnci

Sıcaklık 0°C’nin altına düştüğünde patlayıcılar donarlar. Donmaya karşı direnç özellikle nitrogliserin esaslı patlayıcılar için önemlidir. Donmuş dinamitler tehlike yaratırlar. Donmuş dinamitlere kapsül yerleştirmek hem zor hem de çok tehlikelidir. Soğuk havalarda dinamitlerin donmamaları için nitrogliserin yanında nitroglikol de dinamite karıştırılır.

Donmuş dinamitler ancak yumuşatma işlemine tabi tutulduktan sonra kullanılabilirler. Bu işlemi yapan özel yumuşatma aparatları vardır. Dinamitler ısı değişiminde sertleşirler. Bu sertleşme sonucunda dinamitin donup donmadığı şüphesi ortaya çıkar. Bunu anlamanın en kolay yolu dinamit kartuşuna bir iğne batırmaktır. İğnenin kartuşa kolayca girmesi dinamitin kullanılabilir olduğunu gösterir. Eğer iğne dinamite hiç batmıyorsa veya zorlukla giriyorsa bu tür dinamitler kullanılmadan önce yumuşatılmalı ya da imha edilmelidir.

Patlayıcı maddenin depolama ömrü

Patlayıcı maddeler üretildikten sonra ve şantiyelerde, uzun süre depolarda beklerler. Patlayıcı depoları çok önemlidir ve birçok güvenlik önlemleri alınmalıdır. Bunun yanında depolar, patlayıcıları da sağlıklı bir şekilde saklayacak özelliklere sahip olmalıdır. En önemli etkenlerden bir tanesi sıcaklıktır. Yüksek sıcaklıklarda depolama yapılırsa patlayıcı yumuşar ve bünyesindeki tuz, kartuş kağıdına geçerek bozunma meydana gelir. Özellikle amonyum nitrat içeren patlayıcılar için sıcaklık çok önemlidir. Bu patlayıcılarda 32°C’nin üstündeki sıcaklıklarda patlayıcının bileşiminde bulunan amonyum nitrat bozunarak kartuşun şişmesine neden olur. Fakat bu patlayıcının patlama özelliğini etkilemez Ancak nitrogliserin esaslı patlayıcılar

uzun süre depolarda bekletilirse patlayıcıda bulunan ve patlamada önemli rol oynayan hava kabarcıkları azalabilir veya tamamen kaybolabilir. Bu da patlayıcının patlama özelliklerini büyük ölçüde bozar. Bir diğer faktör de nemdir. Özellikle toz tipi dinamitler barut, ANFO nemden çok çabuk etkilenirler ve patlama özelliklerini kaybedebilirler. Nemli ortamlarda bu tip patlayıcıların bünyesinde bulunan tuz tortulaşarak sertleşmeye neden olur.

Bu özellikleri dışında patlayıcı maddelerin parçacık boyutu, patlama basıncı, patlama stabilitesi gibi özellikleri de patlayıcı maddeyi etkileyen özellikler arasındadır.

3.2. Patlayıcı Madde Çeşitleri

Dünyada birçok patlayıcı madde çeşidi bulunmaktadır. Askeri ve ticari amaçlı patlayıcılar arasında çeşitli farklılıklar bulunur. Patlayıcıları dört temel gruba ayırmak mümkündür, bunlar:

- Barutlar
- Nitrogliserin esaslı patlayıcılar
- Amonyum nitrat esaslı patlayıcılar
- Diğer patlayıcılardır.

➤ Barutlar

Barutun ilk kullanılma tarihi bilinmemekle birlikte yeryüzünde kullanılan ilk patlayıcı olduğu bilinmektedir. İlk kullanıldığı günlerde askeri amaçlı kullanılan barut daha sonraları taş ve maden ocaklarında da kullanılmıştır. Nitrogliserin ve daha sonra amonyum nitrat esaslı patlayıcıların bulunmasıyla barut kullanımı azalmıştır, fakat günümüzde hala kısıtlı bir kullanım alanı vardır.

Günümüzde patlayıcı olarak kullanılan barutlar taş barutu ismi ile bilinirler. Taş barutu bileşiminde % 75 potasyum nitrat, % 15 kükürt ve % 10 karbon bulunur. Taş barutunun patlama gücü % 30'dur. Gaz özellikleri iyi değildir ve suya direnci hiç yoktur. Kırçıl siyah renktedir, köşeleri kırılmıştır ve üzeri grafitle kaplıdır. Grafit barutun topaklanmasını önler. Taş barutunun tane boyutuna göre iki tipi vardır. Taneleri büyük olanların patlama hızları, küçük tanelilerden büyüktür.

Taş barutu büyük parçalar halinde kaya çıkartılması istenilen yerlerde, mermer, arduaz ocaklarında, kaya tuzu ve açık maden ocaklarında kullanılır [10].

➤ **Nitrogliserin esaslı patlayıcılar (dinamitler)**

Alfred Nobel tarafından bulunan nitrogliserin esaslı patlayıcı günümüzde de temel patlayıcı olarak kullanılmaktadır. Başlangıçta diatomit toprağı ile karıştırılıp duyarlılığı kontrol altına alınan nitrogliserin esaslı patlayıcılar, daha sonraları jelatinleştirici, donmayı önleyici katkıları ile kullanılmaya başlamıştır. Gereğinden kuvvetli patlayıcılar üretmemek ve aynı zamanda gereksiz maliyet artışlarından kaçınmak için, amonyum nitrat katkılı olarak da üretilmektedir [12].

Nitrogliserin esaslı dinamitler Gom dinamitler, jelatin dinamitler, yarı jelatin toz dinamitler ve toz dinamitler olmak üzere 4 ana grupta incelenebilir.

Gom dinamitler

Gom dinamitler en yüksek nitrogliserin yüzdesine sahip, dolayısıyla dinamitler içinde en kuvvetli dinamit türüdür. Çok güçlü oldukları için ve maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı günümüzde çok fazla üretilmezler. Gom dinamitlerin Gom-I, Gom-II, Gom-IIA ve Kara Gom-IIA olmak üzere 4 farklı türü vardır.

En kuvvetli dinamitler gom dinamitleridir. Genellikle 25–32 mm çapında ve 100–200 mm boyunda lokum sucukları şeklinde üretilir. Gom dinamitleri içinde elastikiyeti yüksek olanlar daha güçlüdür.

Gom-I

Gom-I dinamitleri tüm patlayıcıların kıyaslanmasında kullanılan temel patlayıcıdır. Karışımında % 92 oranında nitrogliserin içermektedir ve patlama şiddeti 1 veya 100 olarak alınır. Diğer bütün patlayıcılar bu dinamit ile kıyaslanır.

Gom-I dinamiti nitrogliserin, nitroselüloz ve kalsiyum karbonattan oluşmaktadır. Bu dinamit bal rengindedir ve elle şekillendirilebilir. Plastik bir hamura benzer ve oldukça esnektir. Rutubete karşı çok dayanıklıdır bunun yanında darbeye ve sürtünmeye karşı çok hassastır. Bu yüzden yükleme ve boşaltmada çok dikkatli olunması gerekir. Gom-I dinamitinin gaz özelliği kötü, duyarlılığı yüksek ve yoğunluğu fazladır. Bu patlayıcının gücü 1 alınır ve patlama hızı 7900 m/s'dir.

Bu dinamit çok sert kayaların patlatılmasında, küçük parçalar istenen patlatma işlemlerinde, kuru ve ıslak (sulu ortamlar ve su altı atımları) ortamlarda rahatlıkla kullanılır.

Gom-II

Gom-II dinamiti karışımında nitrogliserin, nitroselüloz, potasyum nitrat ve kalsiyum karbonat bulunur. Patlama gücü % 90 ve patlama hızı 7600 m/s'dir. Bu dinamitin gaz özelliği kötüdür, rutubete karşı dayanıklılığı iyidir. Gom-I dinamitine göre patlama gücü ve hızı daha düşük olduğundan sürtünme ve darbeye karşı biraz daha az hassastır. Gom-II bal rengindedir.

Çok sert kayaların patlatılmasında, rutubetli ve su altı patlatmalarında verimli bir şekilde kullanılır. Ayrıca blok atışların alt kısmında kullanıldığı zaman patlatma verimini artırır.

Gom-IIA

Gom-IIA bileşiminde, nitrogliserin, amonyum nitrat ve nitroselüloz bulunur. Bu dinamitin patlama gücü % 80, patlama hızı 7200 m/s'dir. Gaz özelliği orta ve rutubete karşı direnci yüksektir. Sürtünme ve darbeye karşı daha emniyetlidir. Gom IIA bal rengindedir fakat Gom-II den biraz daha koyudur.

Sert kayaların patlatılmasında, havalandırma teşkilatı iyi olduğu durumlarda maden ocaklarındaki sert malzemelerin patlatılmasında kullanılır. Rutubetli ortamlarda ve su altı patlatmalarında güvenle kullanılır. ANFO ile yapılacak patlatmalarda başlatıcı (yemleme) olarak kullanılır.

Kara Gom-IIA

Kara Gom-IIA nitrogliserin, amonyum nitrat ve nitroselülozdan oluşur. Teknik özellikleri ve kullanıldığı yerler hemen hemen Gom-IIA ile aynıdır. Gom-IIA'dan belirgin tek farkı renginin siyah veya koyu gri olmasıdır.

➤ Jelatin dinamitler

Jelatin dinamitler patlama gücü ve hızı bakımından Gom dinamitlerden sonra gelen dinamit türüdür. Elastikiyetleri azdır ve lokum kartuşları halinde üretilirler. Renkleri sarı veya sarıya yakındır. Bileşimlerinde nitrogliserin, amonyum nitrat, sodyum nitrat ve selüloz bulunur.

Jelatin dinamit çeşitleri: Jelatin, kara jelatin, amonyum jelatin-A, jelatin-A, amonyum jelatin-B, jelatinit ve gamzittir.

Jelatin

Jelatin dinamitin bileşiminde nitrogliserin, sodyumnitrat, selüloz bulunur. Patlama gücü %75, patlama hızı 7025 m/s'dir. Bu dinamitin gaz özelliği iyidir, rutubete ve suya dayanıklıdır. Jelatin dinamitin gom dinamiti ile karşılaştırıldığında itici gücü kırıcı gücünden fazladır. Bu dinamit sarı renklidir.

Jelatin dinamit rutubetli taş ocaklarında hendek açmada ve büyük bloklar halinde taş çıkartılmasında kullanılır.

Kara Jelatin

Kara jelatin dinamiti diğer jelatin tipi dinamitlerden farklıdır. Bu dinamitin bileşiminde nitrogliserin, nitroselüloz, odun unu, amonyum nitrat ve aromatik nitro bileşikler bulunmaktadır. Bu dinamitin patlama gücü % 75 ve patlama hızı 6975 m/s'dir. Gaz özelliği iyidir. Kara jelatin dinamiti suya çok dayanıklıdır; su altında 2 gün bekledikten sonra bile verimli olarak patlatılır. Dinamit siyah renktedir.

Nemli taş ocaklarında ve su altındaki patlatmalarda, büyük bloklar halinde kaya çıkarılmak istenilen ocaklarda iyi sonuç verir. Ayrıca kaya ve toprak karışımının patlatılmasında iyi sonuç verir.

Amonyum A-Jelatini

Bu dinamitin bileşenleri nitrogliserin, amonyum nitrat ve sodyum nitratıdır. Amonyum A-jelatini dinamitin patlama gücü % 60 ve patlama hızı 6375 m/s'dir. Bu dinamitin gaz özelliği iyidir ve rutubete dayanıklıdır. Amonyum A-jelatini dinamiti sarı renktedir.

Orta sert taş ocaklarında, büyük bloklar halindeki kayaların küçük parçalara bölünmesi istenilen ocaklarda kullanılır.

Jelatin-A

Jelatin-A dinamitin bileşiminde nitrogliserin, sodyum nitrat, trotil ve selüloz bulunur. Bu dinamitin patlama gücü % 70 ve patlama hızı 6375 m/s'dir. Jelatin-A dinamiti sarı renktedir.

Jelatin-A dinamiti orta sertlikteki ve yumuşak kayaların bulunduğu ocaklarda kullanılır. Genellikle büyük bloklar halinde taş çıkartılmak istenilen ocaklarda kullanılır.

Amonyum Jelatin

Bu dinamitin bileşiminde nitrogliserin, amonyum nitrat, sodyum ve selüloz bulunur. Amonyum jelatin dinamitin patlama gücü % 60 ve patlama hızı 6250 m/s'dir. Bu dinamitin gaz özelliği iyidir ve suya dayanıklıdır.

Az sert kayaların, sert toprakların patlatılmasında, yarı açık maden ocaklarında kullanılır.

Jelatinit

Jelatinit dinamitin bileşiminde nitrogliserin, amonyum nitrat ve selüloz bulunur. Patlama gücü % 70'dir. Patlama hızı 6225 m/s'dir. Jelatin dinamitin lokumu az elastik ve koyu sarı renktedir. Bu dinamit suya dayanıklıdır ve gaz özelliği iyidir.

Jelatinit dinamit orta sertlikteki kayaların patlatılmasında kullanılır.

Gamzit

Gamzitin bileşiminde nitrogliserin, amonyum nitrat ve trotil bulunur. Patlama gücü % 70 ve patlama hızı 6175 m/s'dir. Gom dinamitlere göre çok ekonomik ve emniyetlidir. Bu dinamitin gaz özelliği iyidir ve rutubete karşı dayanıklıdır. Rengi koyu sarıdır.

Gamzit orta sertlikteki taş ocaklarında kullanılır. Özellikle büyük bloklar halinde taş çıkartılmasında iyi sonuç verir.

➤ Yarı jelatin toz dinamitler

Yarı jelatin toz dinamitler isminden de anlaşılacağı gibi toz halinde üretilir. Bu dinamit kartuşlar içine doldurularak kullanılır. Bu dinamit Gom dinamitlerin ve jelatin dinamitlerin aksine suya karşı dayanıklı değildir. Bu dinamitin en büyük avantajı gaz özelliklerinin çok iyi olmasıdır. Yarı jelatin toz dinamitler: Grizutin klorüre I, grizutine roş, grizutin roş I, grizutin kuş, grizutin kuş I'dir.

Grizutin Klorüre I

Grizutin klorüre I'in bileşiminde nitrogliserin, amonyum nitrat, sodyum klorür ve odun unu bulunmaktadır. Bu dinamitin patlama gücü % 45 ve patlama hızı 5260 m/s'dir. Bu tip dinamitin suya karşı direnci hiç yoktur. Bunun yanında gaz özelliği çok iyidir. Bu dinamit grizu gazına karşı çok emniyetlidir. Grizutin klorüre beyaz renktedir.

Bu dinamitin gaz özelliği çok iyi olduğu için bütün kapalı maden ocaklarında, kömür ocaklarında ve tünel patlatmalarında güvenle kullanılabilir.

Grizutin Roş

Bu dinamitin bileşiminde nitrogliserin, amonyum nitrat ve sodyum klorür bulunur. Grizutin roş'un patlama gücü % 65 ve patlama hızı 6150 m/s'dir. Bu dinamitin de gaz özelliği çok iyidir fakat suya direnci yoktur. Grizu gazına karşı emniyetlidir. Dinamitin rengi açık sandır.

Grizutin roş kapalı ocaklarda ve maden ocaklarındaki sert kayaların, cevher damarlarının patlatılmasında kullanılır.

Grizutin Roş I

Dinamitin bileşiminde nitrogliserin, amonyum nitrat, nitroselüloz ve kepek bulunur. Grizutin roş I'in patlama gücü % 60 ve patlama hızı 4425 m/s'dir. Bu dinamit de diğerleri gibi suya dirençsizdir ve gaz özelliği iyidir. Orta sert kapalı taş ve maden ocaklarında, özellikle kömür madenlerinde kullanılır.

Nitrogliserin esaslı patlayıcılarda, özellikle Gom dinamitlerde depolama şartları büyük önem taşımaktadır. Nitrogliserin +30 °C'nin üstünde insanlarda baş ağrısı yapan bir koku salar. Nitrogliserin esaslı dinamitler özellikle sıcak havada uzun süre beklediklerinde nitrogliserin kusması meydana gelir. Sıvı nitrogliserin çok hassas olduğu için tehlikelidir. Küçük bir darbe veya sarsıntı ile patlayabilir. Akıntı oluşur ise uzman kişiler tarafından kontrol edilmesi ve gerekirse bu dinamitlerin hemen imha edilmesi (yakılarak) gerekmektedir. Akıntı nitrogliserinden olabileceği gibi bunun sebebi nitroglisikol veya dinitrotoluen de olabilir.

➤ Amonyumnitrat esaslı patlayıcılar

Dünyada patlayıcı kullanımı nitrogliserin esaslı patlayıcılarla başlamıştır fakat artık günümüzde yaygın kullanılan patlayıcılar amonyum nitrat esaslı patlayıcılardır. Bunun sebebi bu tür patlayıcıların daha ekonomik olmaları ve daha güvenli kullanılabilmeleridir. Amonyum nitrat esaslı patlayıcıların başlıcaları; ANFO, toz tipi dinamitler, harç patlayıcılar ve emülsiyon patlayıcılardır.

ANFO (Amonyum nitrat fuel oil)

Bu patlayıcı kapsamlı olarak yapı projelerinde ve taş ocaklarında kullanılır. Günümüzde ABD'nde kullanılan tüm patlayıcının % 80'i ANFO'dur. ANFO ilk

olarak 1947 yılında bir kaza sonucu keşfedilmiş ve kullanılmaya başlamıştır. ANFO ismi İngilizce amonyum nitrat ve mazota karşılık gelen kelimelerin baş harflerinden meydana gelmiştir. Bu patlayıcı, patlayıcı enerjisinin en ucuz kaynağıdır ve nitrogliserin esaslı patlayıcılardan çok daha güvenlidir [13].

ANFO'nun bileşiminde amonyum nitrat ve mazot bulunur. ANFO kalitesi açısından, özellikle amonyum nitratın özellikleri patlayıcı kalitesini büyük ölçüde etkiler. Amonyum nitrat, amonyak ile nitrik asidin reaksiyonundan elde edilen organik bir tuzdur. Suda çabuk çözünür. Başlangıçta gübre olarak kullanılan bu bileşen daha sonra patlayıcı yapımı için özel olarak üretilmeye başlamıştır. Amonyum nitrat, patlayıcı karışımı içinde oksijen taşıyıcıdır. Patlama amaçlı kullanılan amonyum nitrat gerekli kimyasal maddeler ile kaplanır ve poroz granüller halinde üretilir. Kimyasal maddeler ile kaplama amonyum nitratın kesekleşmesine engel olur, mazotun amonyum nitrat tarafından tutulmasını sağlar ve amonyum nitrat pirillerinin çevre sıcaklığından etkilenmesini önler. Sadece poroz piriller ANFO üretiminde kullanılır. Patlayıcı hazırlanmasında kullanılan amonyum nitrat yüksek mazot emme kapasiteli (en az % 7.5) ve düşük piril yoğunluklu ($0.65- 0.75 \text{ gr/cm}^3$) olmalıdır. Amonyum nitrat pirillerinin poroz yapıda olması mazot emme kapasitesini artırmakta ve yüzey alanı arttığı için patlama hızı artmaktadır. Amonyum nitrat içindeki nitrojen yüzdesinin artması da patlama verimini artırır.

ANFO içindeki mazot miktarı çok önemlidir. Bu oran patlama enerjisini, patlama hızını ve patlama sonucu oluşan gazları etkiler. ANFO hazırlanırken % 94.5 amonyum nitrat, % 5.5 mazot ile karıştırılmalıdır. ANFO içindeki bileşenlerin bu orandan farklı olması durumunda patlama gücü, patlama hızı, çıkan gazlar ve patlama maliyeti etkilenmektedir. ANFO'nun verimli bir patlayıcı madde olarak kullanılabilmesi için; homojen bir mazot karışımı, optimum patlama hızını verecek bir yoğunluk ve keseksiz akıcı granüllerden oluşan bir görünüm olmalıdır [9].

ANFO'nun çok yaygın olarak kullanılmasının başlıca nedenleri aşağıdaki şekilde sayılabilir:

- Bileşenlerinin yaygın olarak bulunması ve ucuz olması.
- Hazırlanması sırasında kimyasal bir reaksiyona ihtiyaç olmaması fiziksel karıştırma ile hazırlanabilmesi

- Patlayıcı deliklerine doldurulmasının kolay olması ve delik içindeki hacmi tamamen doldurabilmesi
- Taşınması, depolanması, kullanılması sırasında çok güvenli olması, karıştırıldıktan sonra bile sürtünme ve darbeye karşı çok az hassas olması.

Bütün bu avantajlarının yanında ANFO'nun en büyük dezavantajı suya ve neme dirençsiz olmasıdır. Bu patlayıcıyı ıslak deliklerde kullanmak istersek deliğe naylon bir torba içinde patlayıcı konulması uygun olur. ANFO yoğunluğu su yoğunluğundan düşük olduğu için torbanın dibine ağır cisimler koymak uygun olur. ANFO'nun patlatılabilmesi için bir yemleyiciye ihtiyacı vardır. ANFO genellikle alttan, deliğin uzun olması halinde ise alttan ve aralardan yemlenir. Yemleyici olarak genellikle Gom dinamitler ve jelatin dinamitler kullanılır. Yemleyici miktarı ve yemleyicilerin hangi aralıklarla yerleştirileceği patlama verimini etkileyen önemli etkenlerdendir. Ayrıca yemleyicinin yüksek patlama hızına sahip olması patlama verimini olumlu etkiler.

ANFO'yu meydana getiren amonyum nitrat pirilleri için 32°C önemli bir sıcaklıktır. Sıcaklığın 32°C'nin üzerine çıkması amonyum nitrat prillerinin bozulmasına neden olur. Bunun için "Tropik kalite" amonyum nitratlar üretilmektedir, bu tür piriller 32°C'nin üzerine defalarca çıksalar bile bozulmazlar [12].

➤ **Toz tipi dinamitler**

Toz tipi dinamitler de yarı jelatin toz dinamitler gibi toz halinde üretilirler. Bu dinamitler suya karşı dirençsizdirler. Toz tipi dinamitlerin gaz özellikleri yarı jelatin toz dinamitlerin aksine kötüdür. Toz tipi dinamitler; Elmonit I, Elmonit II ve Elbar olmak üzere 3 tiptir [10].

Elmonit I

Elmonit I'in temel bileşenleri amonyum nitrat ve trotildir (TNT). Bu patlayıcının patlama gücü % 55 ve patlama hızı 4900 m/s'dir. Bu patlayıcının suya direnci yoktur ve gaz özelliği kötüdür.

Elmonit I yumuşak kaya, sert topraklar ve toprak kaya karışımlarının patlatılmasında kullanılır.

Elmonit II

Bu patlayıcıda elmonit I gibi amonyum nitrat ve trotil (TNT) den oluşmuştur. Elmonit II'nin patlama gücü % 65 ve patlama hızı 4950 m/s'dir. Bu patlayıcının da gaz özelliği iyi değildir.

Elmonit II orta sertlikteki taş ocaklarında kullanılır.

Elbar

Elbarın bileşiminde amonyum nitrat, TNT ve barut bulunur. Bu patlayıcının patlama gücü % 55 ve patlama hızı 4200 m/s'dir. Elbarın suya dayanıklılığı diğer toz tipi patlayıcılardan iyidir fakat gaz özelliği iyi değildir. Bu dinamit elmonit tipi dinamitlerden daha ekonomiktir.

Sahalardan kaya temizlenmesi işlerinde, orta sertlikteki kayaların patlatılmasında, kaya toprak karışımının patlatılmasında kullanılır.

➤ Harç patlayıcılar

Suya dayanıklı patlayıcılar yapma konusundaki çalışmalar sonucunda harç patlayıcılar bulunmuştur. Harç patlayıcıların temel bileşeni amonyum nitrattır. Amonyum nitrat çok yüksek konsantrasyonlarda çözeltiler verir. Suya dayanıksız olan amonyum nitratın yüksek konsantrasyonlu çözeltilerinin içine bazı bitkisel zamlar katılarak suya dirençli hale getirilebilir. İçine bitkisel zamlar katılmış kıvamlı amonyum nitrat çözeltilerine mazot yerine koyulabilecek başka bileşenler aranmıştır. Önceleri amonyum nitrat çözeltilerine TNT koyulmuş daha sonraları ise alüminyum tozu kullanılmaya başlanmıştır.

Hazırlanan bu çözeltiler patlayıcı olarak değerlendirilmez. Çünkü bu karışımlar duyarlı değildir. Karışımların duyarlı hale getirilmesi için değişik yöntemler mevcuttur. Bunun için TNT ve alüminyum granüllerinin fiziksel özelliklerini ayarlamak gerekir. Son olarak bulunan yöntemler ise karışıma mikro cam baloncuklar katmak veya değişik yöntemler ile hava kabarcıkları oluşturmaktır. Harç patlayıcılar kapsüle duyarlı olarak üretilirlerse “cap-sensitive slurry explosives” olarak adlandırılır. Kapsüle duyarsız olarak üretilirlerse patlatılmaları için bir yemleyici gerekir ve “slurry blasting agent” olarak adlandırılırlar [12,13].

Harç patlayıcıların önemli özelliklerinden bir tanesi de karışımı oluşturan bileşenlerin ayrı ayrı uygulama sahasına getirilebilmesi ve burada karıştırılarak

patlatılabilmektedir. Gelişen tekniklerle bileşenler ayrı ayrı deliklere pompalanırken hava kabarcıkları da oluşturulabilmektedir. Böylelikle taşıma ve pompalama esnasında bir tehlike olmamakta ve patlatma işlemi güvenle yapılabilir. Harç patlayıcılar kapsüle duyarlı iseler tavsiye edilen kapsülle veya infilaklı fitil ile, kapsüle duyarsız iseler uygun bir yemleyici ile patlatılır.

➤ **Emülsiyon patlayıcılar**

Suya dayanıklı patlayıcı üretme çabaları sonucunda bulunan bir diğer amonyum nitrat esaslı patlayıcı türü de emülsiyon patlayıcılardır.

Organik ve mineral yağların büyük bir kısmı su içinde çözünmez fakat özel katkı maddeleri ile emülsiyon haline getirilebilir. Bu emülsiyonlar iki türde olabilirler: İlkinde çözücü ortamı su oluşturur ve yağ zerrecikleri bu ortam içinde çözünür (su içinde yağ emülsiyonu). Diğer türde çözücü ortamı yağ oluşturur ve su tanecikleri bu ortam içinde bulunur (yağ içinde su emülsiyonu). Yüksek konsantrasyonda bulunan amonyum nitrat çözeltisi yakıt olarak kullanılan yağ veya mazot içinde ikinci tür bir emülsiyon haline getirilirse suya dayanıklı bir patlayıcı üretilmiş olur. Bu şekilde elde edilen emülsiyonun kıvamı karışımdaki yağ ve emülsiyon ajanının oranı ile değişebilmektedir. Bu oranların değişmesi ile akıcı kıvamda (emülsiyon ajanının yüzdesi düşük ise) veya kartuşlanacak katı kıvamda (emülsiyon ajanının yüzdesi yüksek ise) patlayıcı üretilir.

Emülsiyon patlayıcıların da kapsüle duyarlı olmaları için içlerine mikro cam baloncuklar eklenir veya değişik yöntemlerle hava sürüklenir. Patlayıcının enerjisini artırmak için karışıma alüminyum tozu eklenebilir. Emülsiyon patlayıcılar da kapsüle duyarlı veya duyarsız olarak üretilebilmektedir. Bu patlayıcıların patlama güçleri ve patlama hızları bileşimlerine göre değişir. Tablo 3.1’de dinamitler ve bunların özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 3.1 : Dinamitlerin Özellikleri

Tipi	İsmi	Patlama Gücü	Gaz özelliği	Suya mukavemet	Patlama hızı(m/s)
GOM dinamitler	Gom-I	100	Kötü	Çok iyi	7900
	Gom-II	90	Orta	Çok iyi	7600
	Gom-IIA	80	Orta	Çok iyi	7200
	Kara Gom-IIA	80	Orta	Çok iyi	7025
Jelatin dinamitler	Jelatin	75	İyi	İyi	7025
	Kara jelatin	75	İyi	İyi	6975
	Jelatin-A	70	İyi	İyi	9375
	Jelatin-B	70	İyi	İyi	6300
	Amon jelatin-A	70	İyi	İyi	6375
	Amon jelatin-E	60	İyi	İyi	6250
	Kara Amon jelatin-E	60	İyi	İyi	6200
	Jelatinit	70	İyi	İyi	6225
	Kara jelatinit	70	İyi	İyi	6175
	Gamzit	75	İyi	İyi	6175
	Kara Gamzit	75	İyi	İyi	6175
Yarı jelatin toz dinamitler	Grizutin klorür-1	45	Çok iyi	Yoktur	5260
	Grizitin roş	65	Çok iyi	Yoktur	6150
	Grizitin Roş-1	65	Çok iyi	Yoktur	5800
	Grizitin kuş	60	Çok iyi	Yoktur	4425
	Grizitin kuş-1	60	Çok iyi	Yoktur	4300
Toz dinamitler	Elmonit-I	60	İyi	Yoktur	4900
	Elmonit-II	55	İyi	Yoktur	4950
	Elbar	55	İyi	Yoktur	4200

3.3. Yapı Yıkımında Kullanılan Patlayıcı Maddeler

Patlayıcıyla yapı yıkım çalışmalarının başarısı için kullanılacak patlayıcı maddenin seçimi çok önemlidir. Patlayıcıyla yapı yıkımı işlerinde, farklı tipte birçok patlayıcı kullanılmaktadır. Patlayıcı maddenin seçiminde ise birçok faktör etkilidir. Bu seçimde en etkili parametreler, yapı türü ve malzemesi, patlayıcının patlama hızı ve maliyetidir. Patlayıcı seçiminde etken olan infilak hızı patlayıcının kırma ve parçalama gücünü belirlemektedir. Genellikle beton ve betonarme gibi yüksek dayanımlı malzemeden imal edilen yapıların patlatılmasında tercih edilen patlayıcı madde; yüksek patlama hızına sahip olmalarından ve maliyetlerinin düşük

olmasından dolayı dinamitlerdir [14]. Çelik ve bazı özel betonarme yapıların yıkılmasında ise dinamitlere göre çok daha yüksek patlama hızına sahip olan RDX ve PETN içerikli plastik patlayıcılar kullanılmaktadır.

Patlayıcıyla yapı yıkımında, üzerinde durulması gereken bir diğer konu ise ateşleme sisteminin ve sırasının dizaynıdır. Çünkü bu işlemde yapılacak küçük bir hata geri dönüşü olmayan kötü bir sonun başlangıcı olabilir. Bu nedenle ateşleme sisteminin iyi bir şekilde planlanması ve çok titiz bir şekilde kontrollü olarak yapıya döşenmesi gerekmektedir. Yapı yıkımlarında, genel olarak patlayıcıların ateşlenmesinde gecikmeli elektrikli kapsüller kullanılmaktadır. Böylelikle çok sayıda delik patlatılabilmekte ve yapının dengesi istenilen yönde ve zamanlamada bozulabilmektedir. Ayrıca gecikmeli kapsüllerle yapılan patlatmalarda ardışık patlatma makinesi (sequential timer machine) kullanılarak gecikme aralıkları daha da çoğaltılabilmekte, böylece patlama sırasında üretilen ses ve titreşim en az düzeyde tutulabilmektedir. Son yıllarda elektriksiz (NONEL) kapsüller gibi yeni nesil ateşleme sistemleri de patlayıcılarla yapı yıkımında kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu tür ateşleme sistemleri maliyet unsurlarından dolayı elektrikli ateşleme sistemlerine göre daha az tercih edilmektedir [6].

Dinamitler

Dinamit başlıca 5 ana madde ve açıklanmayan birçok elemandan oluşmaktadır. Bu 5 madde, nitrogliserin, nitroglikol, nitroselüloz, oksitleyici tuzlar ve yakıt karışımlardır. Bütün dinamitlerin sıvı kısmı “NG” ile ifade edilen nitrogliserin ve nitroglikolden oluşur. Patlama hızı, enerji çıkışı ve su direncine göre NG içeriği %5’den %90’a kadar değişebilir. Nitroselüloz sıvı kısım ve diğer karışımları bir arada tutmak ve yakıt karışımların sızmasını önlemek amacıyla jelleştirici olarak kullanılmaktadır [15].

Dinamitler, kapsüle duyarlı ve yüksek patlama hızına sahip olmalarından dolayı patlayıcıyla yapı yıkımı çalışmalarında da önemli oranlarda kullanılmaktadır. Patlayıcıyla yapı yıkımı sektöründe çok değişik tipte dinamit üretilmesine rağmen, yıkım çalışmalarında genellikle jelatinit dinamitler ve PVC kartuşlar içindeki toz dinamitler patlama hızlarının yüksek, temin edilebilirliklerinin kolay ve maliyetlerinin düşük olmasından dolayı diğer tür dinamitlere göre çok daha fazla tercih edilmektedirler (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Yapı Patlatmalarında Kullanılan Dinamitler

Patlayıcılarla yapı yıkımında yaygın olarak kullanılan çeşitli tipteki dinamitlerin teknik özellikleri farklı literatür kaynaklarından alınarak düzenlenmiş ve Tablo 3.2’de verilmiştir [16].

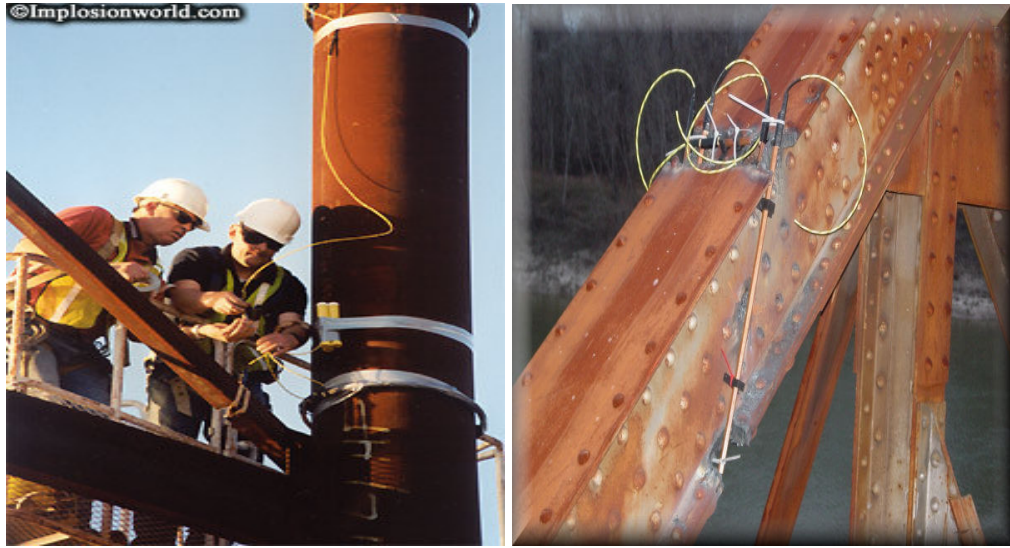
Tablo 3.2 : Yapı Yıkımlarında Yaygın Olarak Kullanılan Dinamitler ve Özellikleri

Ticari Adı	Yoğunluğu (gr/cm ³)	Patlama hızı (m/sn)
Jelatinit dinamit	1.50	7527
Elbar-1	1.00	5070
3 nolu Kiri Dynamite	1.30	6000
SLB Dynamite	1.30	5500
Dynamex AM	1.40	6000
Dynamex M	1.40	5000
Gurit	1.00	4000
Nobel Prime	1.50	6500

Plastik Patlayıcılar (Biçimli şarjlar)

Askeri alanda uzun yıllardan beri kullanılan plastik patlayıcılar, son yıllarda sivil amaçlı olarak çelik yapıların yıkılmasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu patlayıcılar yapılarındaki emici polimer malzemeden dolayı plastik patlayıcı olarak adlandırılırlar. Plastik patlayıcılardaki birleşimin konsantrasyonu %80–92 arasında değişen yüksek bir orandır [17].

Çelik yapıların patlatılmasında kullanılan plastik patlayıcılar genellikle RDX bileşimli patlayıcı karışımdan yapıldığı için RDX (cyclo trimenthylene trinitramine) olarak adlandırılırlar. Askeri amaçlı olan aynı tür birleşimdeki patlayıcılara ise genelde C-4 adı verilmektedir. Plastik patlayıcılar kapsüle duyarlıdır ve infilak hızları yaklaşık 8230 m/s'dir. RDX esas olarak A-, B-, C- tipi askeri patlayıcı madde bileşiklerinin bileşimlerinde kullanılmaktadır. Plastik patlayıcılar malzeme özelliklerinden dolayı şekil alabilmektedirler. Bu yüzden genellikle bir metalik kutu içinde biçimlendirilmiş halde (biçimli şarj olarak) kullanılmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : Çelik Yapıların Patlatılmasında Kullanılan Patlayıcılar

Bu kullanım genelde koni biçimli ya da V türü lineer bir metalik kutuya doldurularak yapılır. Patlayıcı infilak ettirilerek sabit bir yöne doğru yoğunlaştırılan bir metalik fışkırma sağlanarak patlatılacak kütlenin kesilerek kopmasına neden olunur.

Genellikle bu tip bir patlayıcı ile yapılan patlatmada çelik malzemeler yüksek basınç nedeniyle bir anda kesilerek kopmaktadırlar. Plastik patlayıcılar, beton ve betonarme yapı elemanları için gerek kullanım açısından gerekse parçalanma açısından iyi sonuçlar vermemektedir. Bu yüzden bu tür yapı yıkımlarında tercih edilmezler. Tablo 3.3'de çelik yapıların yıkım işlerinde kullanılan bazı plastik patlayıcılar ve özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.3 : Yapı Yıkımlarında Kullanılan Bazı Plastik Patlayıcıların Özellikleri

Ticari Adı	Birleşim	Yoğunluk (g/cm ³)	Patlama Hızı (m/sn)
B	% 60 RDX, %40 TNT	1.65	7800
B-4	%60 RDX, %39.5 TNT, % 0.5 kalsiyum silikat		
A-3	% 91 RDX, % 9 Balmumu	1.70	8100
C-3	%77 RDX, %23 plastik malzeme	1.34	7625
C-4	%90RDX, %10 Polyisobutylene	1.72	8040
PBXN-107	%86RDX, %15 plastik emici malzeme	1.74	8252
Cyclotol	%75 RDX, %25 TNT	1.64	8120

3.4. Patlayıcıyla Yapı Yıkımlarında Kullanılan Ateşleme Sistemleri

Patlayıcıyla yapılan yıkım çalışmalarında ateşleme sisteminin seçimi ve kullanılması en kritik işlemlerden birisidir. Ateşleme sisteminin seçilmesinde etkin olan birçok parametre vardır. Patlayıcıyla yapı yıkımında, elektrikli gecikmeli kapsüller maliyetlerinin düşük olmasından dolayı elektriksiz kapsüllere göre daha fazla tercih edilmektedir. Ancak elektriksiz (NONEL) kapsüller yapı patlatmalarında, maliyeti yükseltmelerine rağmen güvenlik ve kullanılabilirlik açısından çok daha iyi sonuçlar vermektedir [6,15].

Patlayıcılarla yapı yıkımındaki en önemli işlemlerden biriside yapının uygun bölgelerine yerleştirilen patlayıcıların belli zaman aralıklarıyla patlatılması ile yapının stabilitesinin bozularak mekanizma durumuna getirilmesidir. Bu durumun sağlanması için gecikme aralıklarının en uygun biçimde düzenlenmesi gerekmektedir. Aksi halde yapının istenilen şekilde devrilmesi veya çökmesi sağlanamaz ve eskisinden daha tehlike yaratan durumlar ortaya çıkabilir.

3.4.1. Elektrikli Ateşleme Sistemleri

Patlayıcıyla yapılan yıkımlarda kullanılan dinamitler gibi yüksek hassasiyetli patlayıcıları ateşlemek için önemli miktarda enerjiye gerek vardır. Bunun için, bir dış enerji kaynağı ile kolayca ateşlenebilir bir kapsül veya detonatör ile ateşleme yapılmaktadır. Deliklerdeki patlayıcıları, istenilen zamanda ve milisaniye

mertebeğinde aralıklar ile patlatabilmek için elektrikli kapsüller kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 3.3) [12].



Şekil 3.3 : Patlatmalı Yapı Yıkımlarında Kullanılan Kapsül Örnekleri

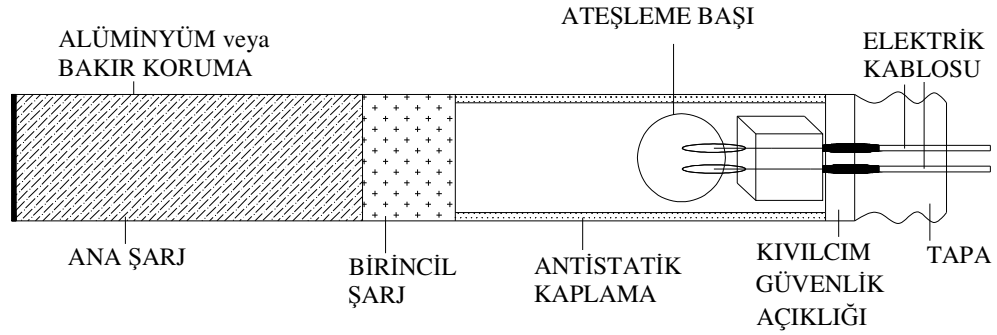
Elektrikli kapsüllerde en önemli nokta kapsülün elektrik direncidir. Bunun dört önemli nedeni vardır.

- Planlama yaparken, devrede manyeto kapasitesinin üzerinde kapsül bulundurulması ateşin kesilmesine neden olur. Uygulamada manyeto kapasitesinin %80'inin geçilmemesine dikkat edilmelidir.
- Bir iş yerinde her zaman bulunabilen telsiz gibi cihazların yarattığı manyetik alanlardan veya atmosferik şartlardan(yıldırım) etkilenecek kaza patlamalarına yol açabilir.
- Aynı seri devrelerde aynı direnç grubundan kapsüller kullanılmalıdır, aksi takdirde ateşin kesme olasılığı çok yüksektir.
- Paralel devrelerde iki devrenin dirençleri toplamı aynı olmalıdır. Elektrik akımı bir kol üzerinden kısa devre yapabilir.

Elektrikli kapsüllerin gecikmesiz ve gecikmeli olmak üzere iki türü vardır [9] .

Gecikmesiz elektrikli kapsüller

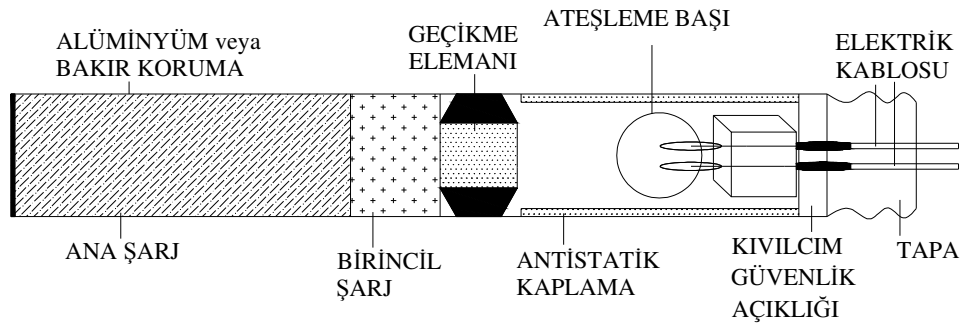
Gecikmesiz elektrikli kapsüllerde ateşleme elektrik direnci tarafından ısıtılan bir kibrit başı tarafından sağlanmaktadır. Kibrit başı birincil şarjı, o da ana şarjı ateşler ve patlama için gerekli enerji elde edilir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 : Gecikmesiz Elektrikli Kapsül Kesiti

Gecikmeli elektrikli kapsüller

Gecikmeli elektrik kapsüller, deliklerin aynı anda ateşlenmesini fakat aynı anda patlamamasını sağlayan kapsüllerdir. Gecikmeli elektrikli kapsüller de gecikmesiz kapsüller gibi elektrik direncinin ısıttığı kibrit başı tarafından ateşlenir. Buradaki fark bu kapsüllerde kibrit başı ile birincil şarj arasında gecikmeyi sağlayan, boyu gecikme aralığına göre değişen bir geciktirme elemanının bulunmasıdır. Bu geciktirme elemanı, oksijen taşıyıcı maddelerle çok iyi dağılmış metallere ibarettir ve hemen hemen hiç gaz çıkarmadan yanar. Yanma süreleri belli olan bu özel maddeler çok hassas olarak kesilir ve gecikme aralıkları sağlanır (Şekil 3.5)(Şekil 3.6) [2].



Şekil 3.5 : Gecikmeli Elektrikli Kapsülün Kesiti



Şekil 3.6 : Gecikmeli Elektrikli Kapsüller

Gecikmeli kapsüller kısa gecikmeli ve uzun gecikmeli olarak iki sınıfa ayrılmaktadır;

- Kısa gecikmeli kapsüllerde gecikme periyodu 8–50 ms arasında değişir. Bu kapsüller yapı patlatma işlerinde en yaygın kullanılan kapsüllerdir.
- Uzun gecikmeli kapsüller ise çoğunlukla madencilik amaçlı patlatmalarda kullanılmakta olup gecikme periyodu 200–500 ms arasındadır.

Elektrikli kapsüller statik elektrik yükünden etkilenebilmektedir. Bu yüzden özel önlemler alınmalıdır. Özellikle bu kapsüllerin kullanıldığı yapı patlatmalarının gök gürültülü ve şimşek üreten havalarda yapılmaması istenir. Yapı yıkımlarında gecikmeli kapsüllerin kullanımının bir diğer sakıncalı yönü ise, ilk patlayan deliklerden fırlayan parçaların, patlamamış olan diğer deliklerdeki kapsülleri telleri ile birlikte dinamitin içinden çekmesidir. Böyle durumlarda kapsülsüz kalan dinamitler patlamamış olarak delik içerisinde kalabilmekte ve tehlikeli durumlara yol açabilmektedir. Bu yüzden özellikle yapı patlatmalarında kullanılan gecikmeli kapsüllerin çok titiz bir şekilde uygun gecikme sırasında yapıya döşenmesi istenmektedir [16].

3.4.2. Elektriksiz Ateşleme Sistemleri (NONEL)

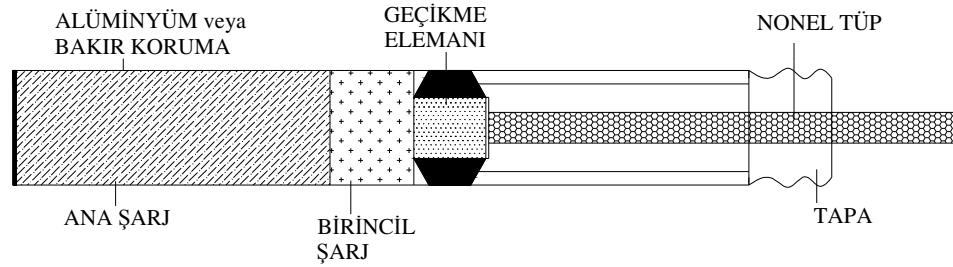
Patlayıcılarla yapı yıkımlarında, son zamanlarda elektrikli kapsüllerin kazalara ve ateşleme düzeneğinde arızalara yol açmasından dolayı elektriksiz kapsüllerin kullanımını gündeme gelmiştir. Ancak maliyetlerinin diğer kapsül türüne göre oldukça yüksek olması nedeniyle sınırlı olarak çok özel konumlara sahip yapıların patlatılmasında kullanılmaktadır.

Bu kapsüllerde ateşleme ince bir plastik tüp içerisinde yol alan alev ile gerçekleşir. Bunu sağlamak için uygun kalite ve çaptaki plastik tüpün iç duvarı özel bir patlayıcı

madde ile kaplanır. Bu patlayıcı madde kapsül şokuna duyarlıdır, sürtünme ve ateş ile patlamaz. Sadece bir kapsülün şokuna duyarlıdır. Patlatıldığı zaman şok dalgası 1600–2000 m/s’lik hızla ilerler ve elektriksiz kapsülün gecikme elemanını ateşler [15].

Bu kapsüllerde gecikme düzenlemesi yüzeyde yapılır. Gecikme elemanlarının yüzeyde yapılması, arızaların ve düzeltmelerin her an yapılabilmesini mümkün kılar. Elektrikli kapsüllerde lağımlar doldurulduktan sonra düzeltme yapılması ve hataların düzeltilmesi çok zordur.

NONEL kapsüller, üzerlerine bağlanan elektrikli kapsüller yardımıyla ve adi kapsüller ile bir noktadan ateşlenebilirler. Bu kapsüllerin başlıca avantajları; şok dalgasının tüp içinde ilerlemesi, içinden geçtiği yemlemeye duyarlı, patlayıcıda ayrışmaya ve yanıl(kısmen) ateşlemeye neden olmaması ve patlayıcı malzeme üzerinde bozucu bir etkisinin olmayışıdır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 : NONEL Kapsül

3.4.3. İnfilaklı Fital

İnfilaklı fitil, ortada kuvvetli bir patlayıcı olan PETN çekirdek, etrafında kopmaya karşı dayanıklılık vermek üzere yerleştirilen tekstil bir katman ve en dışta neme karşı koruyucu naylon bir kılıftan oluşmaktadır. İnfilaklı fitiller adi kapsül yardımı ile patlatılabilir.

Büyük çaplı patlatmalarda iş yeri güvenliği ve çok sayıda gecikme aralığı kullanmak için infilaklı fitiller uygun ateşleme sistemidir. Bu fitil kullanımının getirdiği en büyük yarar, sonsuz gecikme aralığı sağlamasıdır. Elektrikli kapsül üreticileri gecikme aralıklarını 20 numaraya kadar yaparlar. Daha fazla sayıda gecikmeye ihtiyaç duyulduğunda sorunlar çıkmaya başlamaktadır. Buna karşın bazen çevrede

minimum zemin titreşimi oluşması açısından, 20'den fazla gecikme aralığına gerek duyulabilir. Bu sorun infilaklı fitil ve gecikme elemanları ile rahatça çözülmektedir.

İnfilaklı fitil sulu ortamlarda kullanılabilir fakat ateşlenecek yerin kuru kalması gerekir. Islandığında yavaş yavaş patlama gücünü kaybeder. Bu fitiller elektrik, ateş ve düşük seviyedeki darbelere duyarlı değildir. Fitilin gecikme aralıkları yüzeyde bağlanan gecikme röleleri ile sağlanır. Kullanım sırasında ancak gecikme elemanları ve kapsül bağlantısı yapıldıktan sonra tehlike başlar. İnfilaklı fitiller birbirine düğümlenerek veya bantlanarak eklenir. Bu tür patlayıcılar içlerinden geçtikleri şarja etkileri olmadıkları ve havada şok dalgası oluşturmadıkları için tercih edilirler.

3.5. Patlayıcıyla Yapı Yıkımında Kullanılan Ateşleme Kaynakları

Manyetolar

Elektrikli ateşleme araçlarının en başta geleni manyetolardır. Manyetolar arasında en fazla kullanılan, dinamo yardımıyla akım oluşturan ateşleme makineleridir. Dinamo tipi manyetolar prensip olarak elle hareket ettirilen bir dinamodur. Dinamoya verilen hareket bir kolu bastırmak veya bir kolu çevirmek suretiyle olur [16].

Manyetolar bir anda ateşleyebileceği kapsül sayısına göre yapılırlar. Bu sayı manyetonun üzerindeki bir plakaya yazılır. Yapılacak işlem kaç delik patlatılacaksa veya kullanılan kapsül sayısı kaç tane ise bu sayının manyetonun üzerindeki sayıya uyması halinde ateşleme yapılabilir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 : Patlatmalı Yapı Yıkım Çalışmalarında Kullanılan Manyeto Örnekleri

Kondansatörlü Patlatma (CD) Cihazı

Bir dizi kondansatörü şarjlayan kuru bir pil bataryalardan ibarettir. Kondansatörde depolanan enerji daha sonra devreye şarj edilir. CD cihazlarının değişik dizayn türleri ve kapasiteleri mevcut olmak ile birlikte, karışık bağlı devrelerde 1000'in üzerinde kapsülü ateşleyebilmektedir.

Tüm CD cihazlarının çalışma prensibi aynıdır. Butonlardan ya da anahtarlardan biri kondansatörü şarjlamak için diğeri ise atımı ateşlemek için harekete geçirilir. Gösterge ışığı ya da dijital, kondansatörün normal kapasitesinde şarjlandığını belirtmektedir. İdeal olarak CD patlatma cihazına ait tüm şartlar bir osiloskop yardımı ile kontrol edilmektedir. Bununla birlikte akım çıkışı, özel olarak dizayn edilmiş reostat ve rezistör kombinasyonu tertibatı ya da CD kontrol cihazı sayesinde kontrol edilebilmektedir [15,18].

Ardışık Patlatma Cihazı

Her devre arasında önceden seçilen zaman aralığına göre 10 münferit devreyi ateşleyebilecek şekilde 10 kondansatör içeren bir tertibattır. Ardışık patlatma cihazı, milisaniye gecikmeli elektrikli patlatma kapsülleri ile birlikte kullanıldığında çok fazla sayıda farklı gecikme aralığı kullanımına imkan sağlar. Bu özelliklerinden dolayı ardışık patlatma cihazları, patlatmalı yıkım çalışmalarında 1 ms artışla 50 ile 199 mili saniyelik toplam bir sürede ateşleme yapmak için kullanılmaktadır.

Ateşleme Telleri

Ateşleme telleri, manyetonun elektrikli kapsüllerle bağlantısını sağlayan bakır tellerdir. Tellerin mutlaka yalıtkan bir madde ile kapatılmış olması gerekmektedir. Aksi halde kaçak akımlarla kısa devre yaparak zamansız patlamalara sebep olacağı gibi, başka yerlere değmesinde direnç büyüyeceğinden, manyeto etkisiz kalabilir. Gidiş ve dönüş telleri mutlaka ayrı olmalıdır. İkisinin aynı muhafaza içinde bulunması ise önlenmelidir. Kullanılan tellerin çapı 1 mm olup, 100 m uzunluktaki bakır telin direnci 2.5, demir telinki ise 15 ohm'dur (Şekil 3.9) [15].



Şekil 3.9 : Yapı Patlatmalarında Kullanılan Ateşleme Teli Örneği

3.5.1. Ateşleme Devresinin Kontrol Edilmesi

Patlayıcılarla yapıların yıkılmasında, tel kopukluğu ya da kısa devre olup olmadığından ve devre direncinin güç kaynağı kapasitesine uygun olduğundan emin olmak için devre direncinin kontrol edilmesi çok önemlidir. İki tip devre kontrol cihazı vardır. Patlatma galvanometresi ve multimetredir. Patlatma galvanometresi sadece devre direncini ölçmede kullanılır, patlatma multimetresi direnci ise AC ve DC voltajı, yer akımlarını ve kaçak akımları ölçmede kullanılabilir. Patlatma devrelerinin kontrolünde sadece patlatma amacına uygun olarak dizayn edilmiş bir ölçer kullanılmalıdır. Gümüş klorür bataryası ve iç akım tahdit edici devresi içeren bu tür ölçerlerin çıkış gücü 0.05 amp'ye kadar sınırlıdır ve elektrikli kapsülü patlatmazlar.

Bağlantı noktaları arttıkça genelde her devre elemanı kontrol edilmelidir. Her eleman kontrol edildikten sonra kısa devre yapılmalıdır. Delik doldurulduktan sonra, fakat sıkılama yapılmadan önce her kapsül kontrol edilmelidir. Devre kontrol cihazının göstergesinin tam sapması (direnç yok) kısa devre olduğunu, 0 sapması (sonsuz direnç) ise kırık bir tel olduğunu işaret etmektedir [18].

3.6. Patlayıcılarla Yapı Yıkımında Kullanılan Delici Makineler ve Delik Delme İşlemleri

Yapıları patlayıcılarla yıkılmasında genel olarak kullanılan delici ekipmanlar, kaya patlatmalarında kullanılan ekipmanlara göre daha küçük boyutludurlar. Yapının

konumu, boyutları, yapı malzemesinin türü ve delinecek delik boyutları delik delme ekipmanının seçiminde önemli bir rol oynamaktadır.

Patlayıcılarla yapı yıkımında çoğunlukla, kullanımının kolay ve taşınabilir bir düzeneğe sahip olmasından dolayı döner sistemle çalışan sehpalı deliciler tercih edilmektedir. Genellikle bina, baca ve silo gibi yapıların delinmesi işleminde ise delicilerin taşınmasının ve çalışma alanlarının dar olmasından dolayı bir vinç üzerine kurulan sehpalı el delicileri tercih edilmektedir. Yaklaşık 25 kg ağırlığında olan bu sehpalı deliciler ile 35–45 mm çaplarında 3.6 m uzunluğuna kadar düşey delikler delinebilmektedir (Şekil 3.10) [16,17].



Şekil 3.10 : Patlatmalı Yıkım Çalışmasında Yatay Delik Delme İşlemi

Öte yandan 1 m uzunluğuna kadar yatay delikler delebilmek için genellikle 12 kg ağırlığındaki hafif deliciler kullanılır. Bu tür deliciler özellikle mini patlatma uygulamalarında daha çok tercih edilmektedir. Özellikle bu tür çalışmalarda Atlas Copco BBD 12 ve Broomwade CB 175 markalı hafif el delicileri tercih edilmektedir.

Geniş temellerin ve delinecek yapının etrafında yeterli boşluğun olması durumunda (parça fırlama riski en az olan durumlarda) 50 ile 65 mm çapında delik delicilerin kullanılması mümkün olmaktadır. Bu tür delik delme işlemlerinde genellikle Tamrock Commando 110 ve Atlas Copco bench drill ve Ingersoll Rand CM100 marka hidrolik deliciler tercih edilmektedir.(Şekil 3.11)



Şekil 3.11 : Delinecek Elemanın Etrafında Yeterli Boşluk Olması Durumunda Kullanılan Deliciler

Boyutları daha büyük olan stat ve baraj gibi yapıların yıkılması çalışmalarında delik delme işlemleri daha büyük kapasiteli delici makineler ile yapılmaktadır. Genellikle bu tür yapıların delinmesinde, eş zamanlı olarak iki delik delebilen çift boğumlu uzaktan kumandalı havallı deliciler kullanılmaktadır.(Şekil 3.12)



Şekil 3.12 : Betonarme Köprü Patlatılmasında Havallı Delici ile Delik Delme İşlemi

Patlayıcılarla yapı yıkımında delik delme işlerinde planlama önemlidir. Çoğu zaman patlatılacak yapının katları arasındaki yapısal farklılıklardan dolayı her yapı elemanı

için farklı çapta delikler amaya ihtiyaç duyulur. Bu yüzden hangi yapı elemanında nasıl bir geometride, kaç adet delik delineceği delici operatörleri için tanımlanmalıdır.

Genellikle bu tanımlama da delinecek yüzey üzerine planlanan delik geometrisi ölçülerek çizilmektedir. Örneğin yapılan hesaplamalara göre, bir binanın onuncu katındaki C kolonu üzerine 1 delik açılması planlanmışsa bu tanımlama delik planında 10-C-1 olarak gösterilir ve delinecek eleman üzerine bu tanımlama yazılır [6].

3.7. Patlayıcılarla Yapı Yıkımında Kullanılan Koruyucu Malzemeler

Patlayıcılarla yapı yıkımında, oluşan gerek görüntü ve gürültü kirliliğini önlemek gerekse patlatma anında oluşan tozun, hava şokunun ve fırlayan parçaların önlenmesi için koruyucu malzemeler kullanılır. Bu koruyucu malzemeler genellikle yapının patlayıcı şarj edilen bölümleri üzerine ve çevresine yerleştirilir. Bu amaçla yıkılacak yapı da delik delme işleri ile patlayıcı yerleştirme işleri sırasında çalışılan mekan dış vreden izole edilir. Bu izolasyon işlemi genellikle çalışılan mekanının 5 m çevresine tel çitlerin vrilmesiyle yapılır (şekil 3.13) [3,6].



şekil 3.13 : Patlatılacak Yapıların Etrafının Tel çitlerle vrilmesi

Patlayıcıyla yıkım işlemleri sırasında, parça fırlamasını önlemek için patlatılacak blėe çok etkili hasırlarla örtülmektedir (şekil 3.14)(şekil 3.16). Bu hasırlar genellikle ağır örgülü yn ipliğinden yapılan esnek hasırlardır. Buna ek olarak patlama anında oluşan toz ve gürültüyü en az seviyelerde tutmak için ikincil koruyucu malzeme olarak geotekstil (fibertex) malzemeler patlatılacak yapı ve yapı elemanının üzerine örtülmektedir. Yapının devrilerek yere çarpması sırasında

titreşim oluşmakta ve zemin deforme olmaktadır. Bu durumun önlenmesi için genellikle eski araba lastiklerden imal edilen ve darbe emici özellikte olan koruyucu malzemeler veya inşaat molozları yapının devrileceği alana serilir.



Şekil 3.14 : Patlayıcıyla Yapı Yıkımı Sırasında Patlatılacak Yapı Elemanlarının Koruyucu Malzemeyle Sarılması

Ayrıca yıkım sırasında oluşması muhtemel olan tozun etkilerini azaltmak için patlama öncesi çevredeki tozdan etkilenmesi muhtemel yapılar özel naylonlar ve muşambalar ile geçici bir süre için örtülür. Böylece çevre yapıların tozdan izolasyonu sağlanmış olur (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 : Patlatıcıyla Yapı Yıkımı Sırasında Çevredeki Yapıların ve Alanların Korunması



Şekil 3.16 : Patlatıcıyla Yıkılacak Bir Köprü Çalışmasında Etrafa Parça Fırlamasını Önlemek İçin Alınan Önlemler

4. PATLAYICIYLA YAPI YIKIMINDA KULLANILACAK ŞARJ MİKTARININ HESAPLANMASI

Patlatmalı yapı yıkım çalışmalarında, kullanılacak patlayıcı madde miktarının belirlenmesinde göz önünde bulundurulacak en önemli etkenler, beton ve betonarme yapının özellikleri ve elemanlardaki donatı oranıdır. Bu nedenle yıkılacak yapının taşıyıcı elemanları olan kolon, kiriş ve duvar gibi benzeri elemanların boyutlarının, şekillerinin ve malzeme kalitesinin patlatma planlaması öncesi araştırılması gerekir. Çoğu kez bu araştırma sırasında yapının seçilen belli noktalarından karotlar alınır ve yapının statik projeleri ayrıntılı olarak incelenir. Yapılan bu araştırmadan sonra gerek patlatılacak yapı elemanlarını oluşturan malzeme hakkında bilgi sahibi olmak; gerekse kullanılacak patlayıcı madde miktarının belirlenmesi için test atımları yapılır (Şekil 4.1). Daha sonra bu test atımları ile elde edilen sonuçlar ve benzer çalışmalardaki geçmiş tecrübeler dikkate alınarak en uygun patlatma tasarımı ortaya koyulur [16,19].



Şekil 4.1 : Yıkım Öncesi Seçilen Bir Kolonda Yapılan Test Patlatması

Patlatma problemleri içinde bina ve bina parçalarının yıkımı en zor ve ilginç problemdir. Bacaların ve köprülerin yıkımı gibi problemlerde çoğu zaman uygun

delik ve patlayıcı miktarını bulmak için deneme patlatmaları yapılamaz ve tek bir patlatma yapılır. Seçilmiş olan delik ve patlatma planı bu durumda bacanın doğru tarafa yıkılmasını, köprünün tamamen parçalanmasını veya bina içinde patlatılacak temelin etrafa fazla zarar vermeden ve kolayca taşınabilecek bir hale gelmesini sağlamalıdır. Böyle bir patlatmanın temel şartı; delik geometrisinin, patlayıcı miktarının ve planının doğru seçilmesine bağlıdır. Delik planının patlatılacak binaya veya bina parçasına uygun olması yetmez, aynı zamanda patlayıcı miktarı da doğru hesaplanmalıdır. Patlayıcı miktarının yanlış hesaplanması veya patlatma planlarının yanlış uygulanması istenmeyen sonuçların ortaya çıkmasına neden olur ve büyük zararlar açar [2].

4.1. Şarj Miktarını Hesaplama Yöntemleri

4.1.1. Patlatılacak Hacme ve Kütleye Göre Patlayıcı Miktarının Hesabı

Şarj miktarı hesabı için bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından değişik formüller geliştirilmiştir. Bu formüllerin en basit ve sade olanı aşağıda verilen hacme bağlı şarj miktarı hesap yöntemidir [20].

$$L = V.q \quad (4.1a)$$

Burada: L: Şarj miktarı (kg)

V: Patlatılacak nesnenin hacmi (m³)

q: Özgül patlayıcı miktarı (patlatılacak birim hacim içindeki patlayıcı ağırlığı) (kg/m³)

Hacme göre verilen bu formül kütleye bağlı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$L = M.q \quad (4.1b)$$

Burada: L: Şarj miktarı (kg)

M: Patlatılacak nesnenin kütlesi (t)

q: Özgül patlayıcı miktarı (patlatılacak birim ağırlık içindeki patlayıcı ağırlığı) (kg/t)

Şarj miktarı hesabı için verilen formüllerden, özellikle hacim esasına dayalı olan formülü uygulamak kolaydır, çünkü patlatılacak nesnenin ölçüleri bilinir veya kolayca tespit edilebilir. Hacim hesaplamasında yapı elemanının boyu, eni ve

yüksekliği kolayca bulunur ve hacim rahatlıkla hesaplanır. Şarj miktarı hesaplanırken formül 4.1’de kullanılan “q” değerinin seçimine dikkat etmek gerekir. Formül 4.1’de patlatılacak nesnenin toplam hacmi tecrübelerden bulunan veya tablolardan alınan bir “q” değeri ile çarpılarak toplam şarj miktarı hesaplanır. Bu, yapı elemanı içindeki patlayıcının dağılımı ile ilgili bilgi vermez, diğer formüllerde durum farklıdır.

4.1.2. Hauser’in Şarj Miktarı Hesap Yöntemi

Hauser askeri kullanım için, Vauban adlı bir Fransız kale yapımcısının mayınlar için geliştirdiği formülü genişletmiş ve aşağıdaki şekilde önermiştir:

$$L = w^3 . c . d \quad (4.2)$$

Burada: L: Şarj miktarı (kg).

w: Delik etki mesafesi (m).

c: Özgül şarj miktarı (patlatılacak birim hacim içindeki patlayıcı ağırlığı) (kg/m³).

d: Sıkılama katsayısı

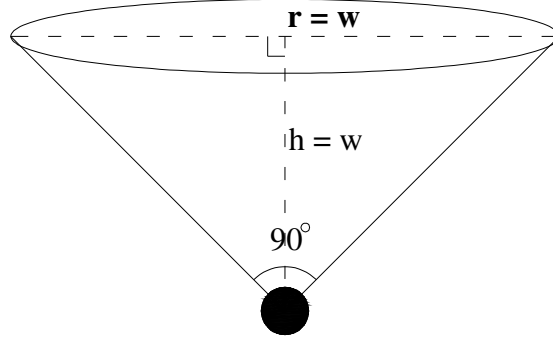
Bu formül, patlayıcıyı bir merkezde düşünerek etki çapının küpü ile şarj miktarı ve patlatılacak hacim arasında bir bağıntı kurar. Patlayıcı noktasal bir hacimde düşünülür ve patlatılan hacim dik açılı bir koninin hacminden bulunur. Bu hacim aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V_{koni} = 1/3 \text{ (taban alanı) } . \text{ (yükseklik)}$$

$$V_{koni} = \frac{1}{3} \left(\Pi \frac{d^2}{4} \right) . h \quad (4.3a)$$

Burada: d = 2w, h = w ve $\Pi = 3$ alınırsa sonuçta koninin hacmi aşağıda gösterildiği gibi w cinsinden bulunur.

$$V_{koni} = \frac{3.(2w)^2 . w}{(3.4)} = w^3 \quad (4.3b)$$



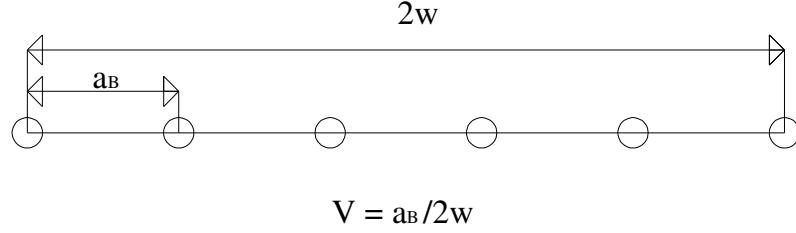
Şekil 4.2 : Patlayıcı Maddenin Etki Hacmi

Bu formülde şarj miktarı w^3 ile artar, özgül patlayıcı katsayısı “c” ile birim hacim başına patlatılacak yapı elemanının özelliklerine göre, farklı patlayıcı oranları formüle katılır. Özgül patlayıcı katsayısı “c” tablolardan bulunur ve Formül 4.1’deki “q” değeri ile karıştırılmamalıdır. Werner’e göre “c” katsayısı “q” katsayısının yaklaşık 8 katıdır. Bu değerlerin karıştırılması, yıkım patlatmalarında fazla veya eksik şarj kullanılmasından dolayı kötü sonuçlara yol açar. “c” ve “q” her ikisi de özgül patlayıcı miktarını verir ve birimleri kg/m^3 ’tür. Formül 4.1’deki “q” katsayısı başarılı bir patlatmadan sonra kolayca kullanılan şarj miktarının patlatılan hacme oranıyla bulunur. Buradan hareketle formül 4.2’deki “c” katsayısı “q” nun 8 katı alınarak bulunabilir. İki numaralı formül sadece sıra ve delik aralıkları $2w$ olan patlatmalar için geçerlidir. Daha büyük delik ve sıra aralıklarına sahip patlatmalar için şarjlar tek şarj gibi çalışırlar, böylece patlayıcı deliklerinin arasında patlamadan etkilenmeyen bozulmamış bölgeler kalır. Daha küçük delik ve sıra aralıkları kullanılacağı zaman Formül 4.2 düzeltilmelidir. Örneğin $2w$ sıra aralığında, delik aralığı $2w$ ’dan yarıya düşürülürse (w), şarj miktarının yarıya düşürülmesi gerekir.

$$L = \frac{w^3 \cdot c \cdot d}{2} \quad (4.4)$$

Çoğu zaman $2w$ ’ya kadar olan delik aralıkları kullanılır. Werner Formül 4.4’ü tek sıralı patlatmalar ve $2w$ ’ya kadar seçilen delik aralıkları için genişletmiştir.

Hauser’in 4.2 numaralı formülünün $2w$ delik aralıklı patlatmalarda geçerli olduğunu varsayarak, bu dağıtım ölçüsünü seçilecek delik aralıklarına bölersek ve 4.2 numaralı formülle çarparsak Werner’e göre olan patlatma formülü ortaya çıkar. Dağıtım katsayısı $V = a_B/2w$ (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Dağıtım Katsayısı V

$$L = \frac{w^2 \cdot a_B \cdot c \cdot d}{2} \quad (4.5)$$

Burada: a_B : $2w$ 'ya kadar delik aralığı.

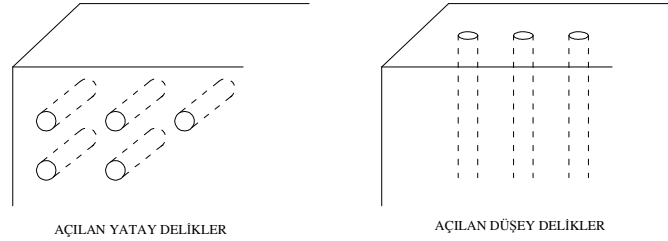
L: Şarj miktarı (kg).

w: Delik etki mesafesi (m),

c: Özgül patlayıcı katsayısı (kg/m^3),

d: Sıkılama katsayısı.

4.5 numaralı formülün avantajları diğerlerine göre fazladır. Bu formül ile $2w$ 'ya kadar seçilen delik aralıklarının şarj miktarı hesaplanır. Ancak, bu formül deliklere gelen şarj miktarı veya bölgelere düşen şarj miktarı ile ilgili bilgi vermez. Örneğin aynı bölge için 4.5 numaralı formülle hesaplanan şarj miktarı, kısa ve yatay deliklerde kullanılabilirken, uzun ve dikey deliklerde de kullanılabilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 : Yapı Elemanlarında Açılan Patlatma Delikleri

Uzun ve derin deliklerde delik başına gelen şarj miktarını tespit etmek için, bu delikleri ayrı şarj bölgelerine ayırmak gerekir. Nesnenin kalınlığı delik yönünde $2w$ kalınlığındaki şarj bölgelerine ayrılır, delik uzunluğu bölüm bölüm patlatmalarda yükseklikle eşit olabilir. Yükleme bölgelerinin sayısı:

$$\frac{h}{2w} = \text{delik yönünde nesnenin yüksekliği} / 2w$$

Daha önceden hesaplanan şarj miktarını (şarj bölgesi başına) kullanarak aşağıdaki formül elde edilir:

$$L_B = L_{LZ} . n_{LZ} \quad (4.6)$$

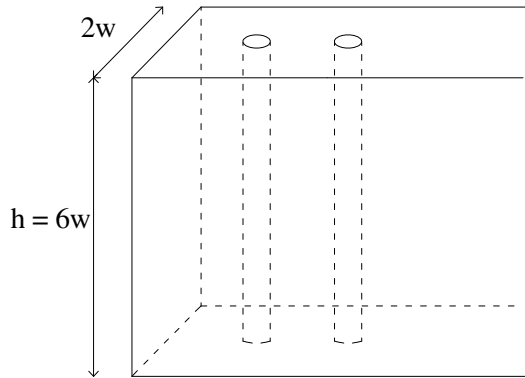
Burada: L_B : Delik başına şarj miktarı
 L_{LZ} : Şarj bölgesi başına şarj miktarı
 n_{LZ} : Şarj bölgesi sayısı

Delik başına şarj miktarı hesaplama yöntemini kolaylaştırmak ve hesap hatalarının yapılmasını önlemek için Werner 4.5 numaralı formülü biraz daha genişletmiş ve 4.7 numaralı formülü bulmuştur.

$$L_B = \frac{w . a_B . h . c . d}{4} \quad (a_B = 2w' \text{ ya kadar, } a_R = 2w) \quad (4.7)$$

Burada: L_B : Delik başına şarj miktarı (kg)
 a_B : $2w$ 'ya kadar delik aralığı (m)
 h : Nesne kalınlığı (delik yönünde) veya bölüm bölüm patlatmalarda delik uzunluğu(m)
 c : Özgül patlayıcı katsayısı (kg/m^3)
 d : Sıkılama katsayısı

$$n_{LZ} = \frac{6w}{2w} = 3$$



Şekil 4.5 : Düşey ve Derin Deliklerde Şarj Bölgeleri

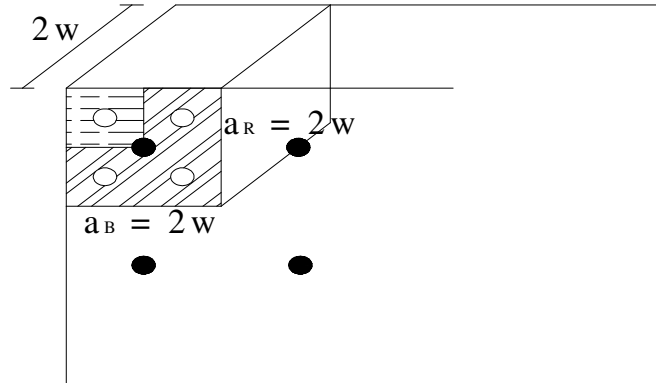
Hauser'in önerdiği patlama formülleri sadece doğru sınır koşulları dikkate alındığı zaman gerçek sonuçları verir, özetle şu söylenebilir:

- Formül 4.2, 2w delik aralığı için.
- Formül 4.4, w delik aralığı için.
- Formül 4.5 ve 4.7 2w'ya kadar delik aralıkları için geçerlidir.

Bütün bu formüllerde sıra aralıkları 2w olarak alınmıştır.

Pratikte sadece delik aralığı değil sıra aralığı da 2w'ya kadar seçilebilir. Sıra aralığını da 2w'ya kadar değiştirmek ve dağıtım sayıları ile karmaşık hesaplamaları önlemek için Thomas, Hauser'in 2w'ya kadar delik ve sıra aralıklarında geçerli formülünü, iki dağıtım sayısı ile çarparak genişletmiş ve aşağıdaki formülü önermiştir (Şekil 4.6).

$$V = \frac{a_B \cdot a_R}{2w \cdot 2w}$$



Şekil 4.6 : Dağıtım Katsayısı V

$$L = \frac{w \cdot a_B \cdot a_R \cdot c \cdot d}{4} \quad (4.8)$$

Burada: L: Delik başına şarj miktarı (kg).
w: Delik etki mesafesi (m),
 a_B : 2w'ya kadar delik aralığı (m),
 a_R : 2w'ya kadar sıra aralığı (m),
c: Özgül patlayıcı katsayısı (kg/m^3),
d: Sıkılama katsayısı.

Formül 4.8, 2w'ya kadar delik ve sıra aralıkları için geçerlidir. Formül 4.8 kolaylıkla delik ve sıra aralığı 2w seçilerek formül 4.2'ye dönüşebilir.

$$L = \frac{w.2w.2w.c.d}{4} = w^3.c.d$$

Formül 4.8'de etki yarıçapı lineerdir. Böylece hesaplama 4.2, 4.4 ve 4.5 numaralı formüllere göre kolaylaşmış olur. Şarj miktarının delik başına mı, bölge başına mı hesaplandığına dikkat etmek gerekir. Örneğin Şekil 4.5'te gösterildiği gibi bir geniş beton direkte birkaç tane düşey düzlemde delik sıraları açılırsa Formül 4.8'e göre öncelikle bir deliğin şarj bölgesinin şarj miktarı hesaplanmış olur. Delik başına şarj miktarını hesaplamak için Şekil 4.5'teki gibi uygulama yapılır. Aranılan delik başına şarj miktarı Formül 4.8, h/2w oranıyla çarpıldığı zaman daha kolay hesaplanır.

$$L_B = \frac{a_B.a_R.c.d.h}{8} \quad (a_B = 2w' \text{ ya kadar, } a_R = 2w' \text{ ya kadar}) \quad (4.9)$$

Burada: L_B : Delik başına şarj miktarı (kg),
 a_B : 2w'ya kadar delik aralığı (m),
 a_R : 2w'ya kadar sıra aralığı (m),
 c : Özgül patlayıcı sayısı (kg/m³),
 d : Sıkılama katsayısı.
 h : Delik yönünde nesne kalınlığı, bölüm bölüm patlatmalarda delik derinliği (m).

Formül 4.9 2w'ya kadar seçilen delik ve sıra aralıkları için geçerlidir ve delik başına gerekli şarjı verir. Formül 4.9 yakından bakıldığı zaman Formül 4.1'e göre bir delik için şarj miktarı hesabından başka bir şey değildir.

$$L = a_B.a_R.h.\frac{c}{8}.d = V_B.q$$

Delik aralığı (a_B), sıra aralığı (a_R), ve delik yönündeki nesne kalınlığı (h) faktörlerinin çarpımı bir deliğin etki hacmini verir. $c/8$ oranı özgül patlayıcı katsayısı q 'yu verir ve d sıkılama katsayısı yalıtılmış deliklerde 1 alındığı için Formül 4.9 Formül 4.1'e dönüşmüş olur.

Şu ana kadar anlatılan formüllerin uygulamada nasıl kullanılacağı hakkında fikir vermek amacıyla aşağıda bir örnek çözülmüştür.

Bir beton köprü kirişinin patlatılması örneğinde bağıntıların kullanılması

Uzunluğu 18 m, genişliği 6 m, yüksekliği 12 m olan bir beton köprü kirişinde formüllerin uygulanması gösterilecektir. Şarj miktarı hesabı, önce yatay daha sonra düşey delikler için yapılacaktır. Düşey deliklerde tek ve çok sıralı patlatmalar ayrı ayrı incelenecektir. Özgül patlayıcı katsayısı q pratikteki tecrübelerden $0,250 \text{ kg/m}^3$ olarak alınmıştır. Werner'e göre $c=8q$ eşitliği kullanılarak $c = 2 \text{ kg/m}^3$ olarak bulunur.

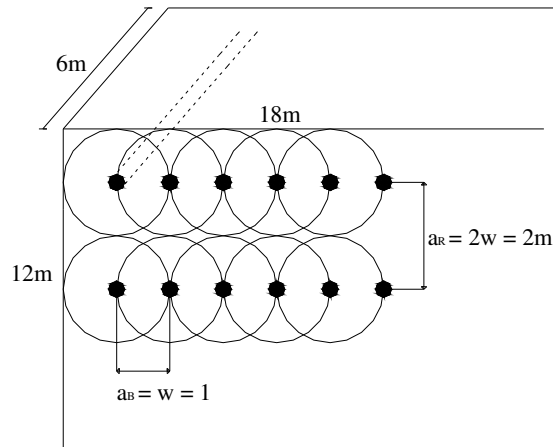
➤ Yatay delikler için şarj miktarı hesabı

- Hacme bağlı şarj miktarı hesabı

Formül 4.1'e göre $L = V \cdot q$ ise $L = (6 \times 12 \times 18) \times 0.250 = 324 \text{ kg}$ 'dır. Hesaplanan toplam şarj miktarının etrafa zarar vermeyecek şekilde ve istenen etkiyi yaratacak biçimde köprü ayağının tümüne dağıtılması gerekir. Daha önceden belirlenmiş delik başına şarj miktarından yola çıkarak, delik sayısı ve buradan da delik karelajı bulunur.

- Hauser'in genişletilmiş formülüne göre hesaplama

Yatay delikler delik aralığı 1 m, sıra aralığı 2m olarak delinir (Şekil 4.7). Bu şekildeki delik geometrisinde delik sıralarının etki çapları temas eder ve bir sıra içindeki deliklerde etki çapları kuvvetli şekilde kesişir. 2 m'ye 1 m seçilen karelaj alanında bütün delik yüzeyinde teorik olarak 108 delik açılması gerekir [20].



Şekil 4.7 : Yatay Deliklerin Etki Çapları

Delik sayısı: $n_B = \frac{18.12}{2.1} = 108$ delik

Daha önceden hesaplandığı gibi toplam şarj miktarı 324 kg olduğu için delik başına şarj miktarı kolayca hesaplanır.

$$L = L/n_B = 324/108 = 3 \text{ kg (delik başına şarj miktarı)}$$

Bu şarj miktarının 4.8 ve 4.9 numaralı formüller ile de hesaplanabilmesi gerekir.

4.8 numaralı formüle göre bir şarj bölgesinin şarj miktarı için;

$$L = \frac{w.2w.2w.c.d}{4} = \frac{1.1.2.2.1}{4} = 1 \text{ kg (şarj bölgesi başına şarj miktarı)}$$

Bir deliğin toplam şarj miktarı, şarj bölgesi başına şarj miktarının şarj bölgesi sayısı ile çarpılması sonucu bulunur.

$$L_B = L_{LZ} . n_{LZ}$$

Şarj bölgelerinin sayısı, delik yönünde nesne kalınlığının 2'ye bölünmesi ile hesaplanır (2w).

$$n_{LZ} = 6/2 = 3$$

Bu durumda delik başına şarj miktarı:

$$L_B = L_{LZ} . n_{LZ} = 1 . 3 = 3 \text{ kg}$$

Formül 4.9 ile delik başına şarj miktarı kolayca bulunur. Böylece şarj bölgelerini kullanarak yapılan karmaşık hesaplamalar ortadan kalkar.

$$L_B = \frac{a_B . a_R . c . d . h}{8} = \frac{1.2.6.2.1}{8} = 3 \text{ kg}$$

➤ Dikey delikler için şarj miktarı hesabı

- Hacme bağlı şarj miktarı hesabı

Hacme bağlı olarak Formül 4.1'deki gibi hesaplanan şarj miktarı yatay deliklerde de kullanılır. Daha derin deliklerde toplam patlayıcı miktarı farklı dağıtılır.

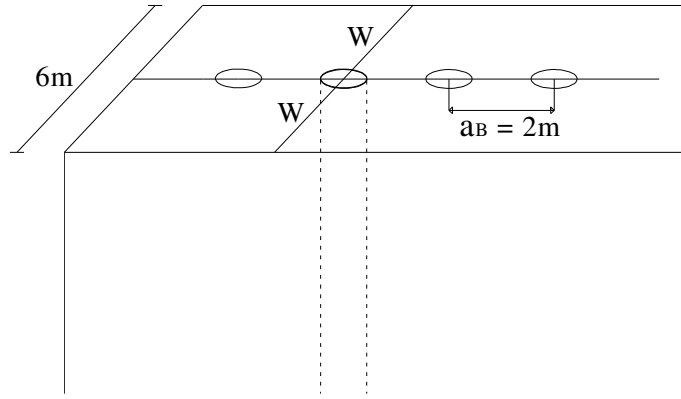
- Geniştirilmiş Hauser formülüne göre hesaplama

Hauser'in şarj miktarı hesabında tek sıralı veya çok sıralı patlatmaları ayırmak gerekir. Tek sıralı patlatmalarda Werner'in genişletilmiş patlatma formülleri 4.5 ve 4.7, çok sıralı patlatmalarda Thomas'ın genişlettiği patlatma formülleri 4.8 ve 4.9 kullanılır.

Burada bir tek sıralı patlatma ve bir de çok sıralı patlatma örneği çözülecektir.

Tek sıralı şarj miktarı hesabı

Bir delik sırasında etki yarıçapı köprü ayağı kalınlığının yarısıdır. Örneğimizde bu $w = 3$ m'dir. 2 m'lik seçilmiş delik aralığında, bir sırada 18 m uzunlukta $18/2 = 9$ delik gereklidir.



Şekil 4.8 : Yatayda Yapılan Tek Sıralı Patlatma

Daha önceden bulduğumuz toplam şarj miktarını kullanarak (324 kg) teorik olarak delik başına şarj miktarı hesaplanır.

$$L_B = \frac{L}{n_B} = \frac{324}{9} = 36 \text{ kg}$$

Pratikte delik sırasının aksındaki ilk ve son delikler köprü ayağının yan yüzlerine (açık taraflara) komşu olduğu için etki yarıçapının çok olması istenmez, çünkü bu şekilde taş savrulmasını kontrol etmek güç olur. Bu yüzden bu iki delik daha güçsüz yüklenirken diğer delikler daha kuvvetli yüklenir. Delik başına hesaplanan şarj miktarı formül 4.5 ve 4.7 ile de hesaplanmalıdır.

Formül 4.5'e göre:

$$L = \frac{w^2 \cdot a_B \cdot c \cdot d}{2} = \frac{3^2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1}{2} = 18 \text{ kg (şarj bölgesi başına patlayıcı)}$$

Bir deliğin şarj miktarı, şarj bölgesi başına şarj miktarının şarj bölgesi sayısı ile çarpılması sonucu hesaplanır.

$$L_B = L_{LZ} \cdot n_{LZ}$$

$$\text{Şarj bölgesi sayısı: } n_{LZ} = h/w = 12/6 = 2$$

$$\text{Delik başına şarj: } L_B = 18 \cdot 2 = 36 \text{ kg}$$

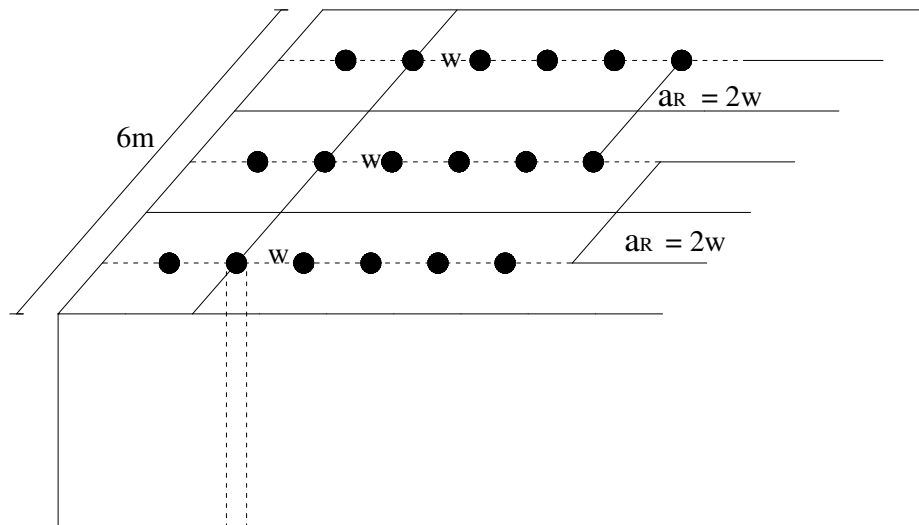
Formül 4.7 ile delik başına şarj miktarına şarj bölgeleri ile hesaba gerek duymadan kolayca ulaşılabilir.

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

Çok sıralı şarj miktarı hesabı

Çok sıralı patlatmada şarj miktarı hesabı formül 4.8 ve 4.9'un kullanımıyla bulunur.

Açılan 3 sıra delik ile şekilden de görüldüğü gibi etki çapı $w=1$ m olur (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 : Yatayda Yapılan Çok Sıralı Patlatma

$$\text{Sıra arası} = (\text{köprü ayağı genişliği})/(\text{sıra sayısı}) = 6/3 = 2 = 2w$$

$$\text{Etki çapı} = 1 \text{ m}$$

Delik aralığı 1.5 m seçilirse,

$$(\text{köprü ayağı uzunluğu})/(\text{delik aralığı}) = 18/1.5 = 12 \text{ (sıra başına delik sayısı)}$$

Köprü ayağının üstüne 12 delikli 3 sırada toplam 36 delik açılacaktır. Daha önceden hesaplandığı gibi toplam şarj miktarı 324 kg'dır. Delik başına şarj miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır (Thomas, 1985).

$$L_B = 324/36 = 9 \text{ kg (delik başına şarj miktarı)}$$

Bu şarj miktarı formül 4.8 ve 4.9 ile de hesaplanabilmelidir. 4.8 numaralı formül ile hesaplama yatay deliklerin aynısıdır.

$$L = \frac{w.a_B.a_R.c.d}{4} = \frac{1.1.5.2.2.1}{4} = 1.5 \text{ kg (şarj bölgesi başına patlayıcı)}$$

$$L_B = L_{LZ} . n_{LZ}$$

$$n_{LZ} = h/w = 12/2 = 6$$

$$L_B = 1.5 \times 6 = 9 \text{ kg}$$

4.9 numaralı formülle şarj miktarı, 4.5 ve 4.8 numaralı formüllerdeki şarj bölgesi hesaplamalarına gerek kalmadan kolayca bulunur.

$$L_B = \frac{a_B.a_R.c.d.h}{8} = \frac{1.5.2.12.2.1}{8} = 9 \text{ kg (delik başına şarj)}$$

Yukarıda çözülen örnekte değişik patlatma şekilleri için hesaplamaların nasıl yapıldığı ve hangi formüllerin kullanıldığı gösterilmiştir. Formüller temelde aynı formülün türetilmesinden çıkmıştır. Formüllerin geliştirilmesindeki amaç hatalara meydan vermemek ve kolay kullanımı sağlamaktır.

Şu ana kadar verilen şarj miktarı hesabıyla ilgili formüller sınır koşulları ile birlikte Tablo 4.1 de topluca verilmiştir [20].

Tablo 4.1: Yapı ve Yapı Elemanları Patlatmalarında Kullanılacak Patlayıcı Madde Miktarını Belirlemeye Yarayan Bağlıntılar

Formül	Sınır Koşullar	Açıklama
$L = V q$ (1)	Yok	Patlatılacak hacime göre (q = tecrübe değeri)
$L = M q$	Yok	(patlatılacak kütleye göre)
$L = w^3 c d$ (2)	Tek sıralı deliklerde; $a_B = 2w$ Çok sıralı deliklerde $a_B = a_R = 2w$	Hauser formülü (tek delik için), delik başına düşen patlayıcıyı verir.
$L = \frac{w^3 c d}{2}$ (3)	Tek sıralı deliklerde; $a_B = w$ Çok sıralı deliklerde; $a_B = w, a_R = 2w$	Delik başına düşen patlayıcıyı verir, ancak bunun yerine 4 no'lu formülün kullanımı daha uygundur.
$L = \frac{w a_B c d}{4}$ (4)	Tek sıralı deliklerde; $a_B < 2w$ Çok sıralı deliklerde; $a_B < 2w, a_R = 2w$	Hauser formülünün 1. geliştirilmiş şekli, delik başına düşen patlayıcıyı verir, tek sıra deliklerde geçerli.
$L = \frac{w a_B h c d}{4}$ (5)	Tek sıralı deliklerde; $a_B < 2w$ Çok sıralı deliklerde; $a_B < 2w, a_R = 2w$	Hauser formülünün 2.geliştirilmiş şekli, delik başına düşen patlayıcıyı verir, kullanım sadece tek sıra deliklerde geçerli.
$L = \frac{w a_B a_R c d}{4}$ (6)	$a_B < 2 w$ ve $a_R < 2 w$ olan çok sıralı delikler için	Hauser formülünün 3. geliştirilmiş şekli, delik başına düşen patlayıcıyı verir, kullanım çok sıralı deliklerde geçerli.
$L = \frac{w a_B a_R h c d}{8}$ (7)	$a_B < 2w$ ve $a_R < 2 w$ olan çok sıralı delikler için	Hauser formülünün 4.geliştirilmiş şekli, delik başına düşen patlayıcıyı verir, kullanım çok sıralı deliklerde geçerli.
L: Patlayıcı miktarı (kg); L_B : Delik başına düşen patlayıcı miktarı (kg); V: Hacim (m^3); M: Kütle (t); q ve c: Özgül şarj miktarı (kg/m^3); w: Delik etki mesafesi (m); d: Sıkılama katsayısı; a_B : Delikler arası mesafe (m); a_R : Dilim kalınlığı (m); h: Patlatılacak cismin delik boyunca kalınlığı (m)		

4.1.3. Özgöl Patlayıcı Miktarı ve Patlayıcı Durum Katsayısı

Yapı elemanlarının yıkımı ile ilgili yukarıda anlatılan formüllerde üç çeşit bilinmeyen vardır. Bunlardan birincisi yapı elemanının ölçülerek ve hesaplanarak bulunabilen; en, boy, yükseklik, mukavemet gibi özellikleridir. Bir diğer bilinmeyen delik geometrisidir. Bu, patlatıcı tarafından elde bulunan delici ve patlayıcı dikkate alınarak, ayrıca tecrübelerden yararlanarak belirlenir. Son bilinmeyen ise formüllerde geçen özgöl patlayıcı katsayıları “c”, “q” ve patlayıcı durum katsayısı “d” dir. Bu katsayılar tecrübe ile patlatıcıların elinde bulunabileceği gibi tablolardan da alınabilir. Yapı elemanı içinde patlayıcının yerleştiği yeri, sıkılama etkilerini hesaba katmak için "d" katsayısı kullanılır. Bu katsayı ile ilgili yeterli ve kullanışlı bir tablo aşağıda verilmektedir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: Delik Sıkılama Katsayıları (d)

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

Özgöl patlayıcı katsayısı “c” ve “q” tablolardan alınırken çok dikkatli davranılmalıdır. Bazı tablolarda “c” ve “q” değerleri karıştırılır, bu da $c=8q$ eşitliği dikkate alındığında istenilenden çok daha fazla veya az patlayıcı anlamına gelir. Bu tür hatalar çok masraflı olur ve istenmeyen sonuçlara yol açar. Şarj miktarı hesaplamalarında yapı elemanının fiziksel özellikleri rahatlıkla tespit edilir. Uygun patlayıcı geometrisi seçildikten ve tablodan durum faktörü alındıktan sonra, sıra özgöl patlayıcı katsayısının alınmasına gelir. Özellikle baca ve kule yıkımları gibi, deneme patlatması yapma imkanı olmayan yıkım işlerinde “c” katsayısının çok dikkatli seçilmesi gerekir, çünkü yapılan patlatmanın dönüşü yoktur. Yıkım ile uğraşanlar genellikle bu değeri tecrübeleri ile elde ettikleri ve bu bilgileri kendilerine sakladıkları için bu konuda çok detaylı tablolar bulmak güçtür.

Yıkılacak yapı elemanları çok çeşitlidir. Bir yapı yıkımı dediğimizde aklımıza beton, betonarme, tuğla, taş, çelik ve kompozit malzemeler gelir. Bu malzemelerin de kendi içlerinde birçok özellikleri vardır.

Örneğin beton dayanımları, betonarme içindeki donatı oranı, donatı cinsi, çeliğin dayanımı farklıdır. Bu malzemelerin yük altında olup olmaması, yapılarda bulunan çatlaklar, önceden maruz kaldıkları deprem yükü sonucu meydana gelen yapısal hasarlar özgül patlayıcı katsayısını değiştirir. Özgül patlayıcı katsayısının bulunmasında dikkat edilmesi gereken bir diğer özellik de katsayının hangi patlayıcı için verildiğidir. Yapı elemanlarının patlatılmasında genellikle yüksek hızlı patlayıcılar kullanılır, fakat bunların da etkileri kendi içlerinde değişmektedir. Bu kadar çok değişkeni içeren ve birçok malzemeyi kapsayan özgül patlayıcı katsayılarını bulmak çok güçtür. Bunun için patlatıcılar aldıkları "c" katsayılarını iyi yorumlayarak tecrübeleri ile özgül patlayıcı katsayısı seçerler. Patlatıcıların bu konudaki en önemli yardımcıları, patlatma öncesi yapı elemanları üzerinde, yerinde yapılan deneme patlatmalarıdır. Eğer deneme patlatması yapmaya imkan varsa mutlaka değişik yerlerde bu patlatmalar yapılmalı ve şarj miktarları bunlara göre gözden geçirilmelidir. Bu çalışmada yukarıda söz edilen nedenlerden dolayı değişik "c" katsayıları tablolarına yer verilmiştir, böylece katsayılar karşılaştırabilir ve bu konuda fikir sahibi olunabilir (Tablo 4.3) (Tablo 4.4).

Tablo 4.3: Ahrweiler Sivil Savunma Okulu için "c" Katsayıları

Malzeme	c (kg/m ³)
Hafif zemin	0.6 – 1.00
Orta zemin	0.4 – 0.6
Ağır zemin	0.3 – 0.5
Donatısız temel	0.3
Donatılı temel	0.5
Kaya	0.3 – 2.0
Az yüklü tuğla duvar	2.0 – 3.0
Tuğla duvar-beton	3.0 – 5.0
Köprü direği Bodrum (etrafı toprakla çevrili) Kuvvetli gerilmeli tuğlalar	5.0 – 6.5

Ahrweiler Alman Devleti Sivil Savunma Okulu'nda kullanılan tablo yükü az olan yığma yapının “c” katsayısı 2–3 kg/m³ olarak verilmiştir. Bu değerin biraz yüksek olduğu düşünülebilir. Tablo 4.3'te temeller için verilen 0.3–0.5 kg/m³ “c” katsayıları 0.38 kg/m³ “q” katsayısına denk gelir, bu değerler temelleri patlatmak için yeterli değildir.

Tablo 4.4: Siegen'deki Eski Madenci Okulundaki “c” Katsayıları

Patlatılacak nesne	c (kg/m ³)
Donatısız temel	0.3
Donatılı temel	0.5
Eski tuğla duvar	2.0
Çimento harcı ile yapılmış sağlam tuğla duvar	3.0
Betonarme	3.5
50 m'ye kadar baca	5.0
50 m'den fazla baca, köprü kolonu, kilise kuleleri, su kuleleri, tonoz ve başka dairesel tuğla yapılar	6.5

$$L = w^3 . c . d = \text{kg Amon Gelit 3/25mm (yatay yönde delik aralığı } 2w \text{ ise)}$$

$$L = \frac{w^3 . c . d}{2} = \text{kg Amon Gelit 3/25mm (yatay yönde delik aralığı } w \text{ ise)}$$

Tablo 4.5'te çeşitli kaynaklardan derlenmiş ve özgül patlayıcı katsayıları “q” ve “c”, nin temel, yığma yapı, beton, betonarme ve tonozların patlatılması için kullanılacak değerleri verilmiştir. Tablo kolon 1'de doğru “q” ve “c” katsayılarının seçimi için patlatma şartları sıralanmaktadır. Örneğin patlatılacak nesnenin ölçüleri, patlatılacak malzeme, donatı türü, nesnenin serbestliği (tek tarafı serbest, tamamen serbest veya serbest değil), bina içinde patlatma gibi durumlar belirtilmektedir. Kolon 3 ve 4 de “q” ve “c” katsayıları yer almaktadır.

Tablo 4.5: Özgöl Patlayıcı Katsayıları “q” ve “c”

Patlatılacak nesne	q (kg/m ³)	c (kg/m ³)
Temel (beton, betonarme)		
Betonarme radyejeneral temel 1.1 m sığınak	0.740	5.920
Betonarme radyejeneral temel 1.1 m yoğun donatılı (serbest)	1.056	8.440
Betonarme temel 0.90x0.90m serbest kabartmak için	0.549	4.390
Betonarme temel 0.80x1.70m serbest kabartmak için	0.221	1.760
Beton sürekli temel 0.50x1.30m serbest değil	0.729	5.830
Beton temel serbest kabartmak için	0.444	3.550
Beton radyejeneral temel 1.25m serbest yatıyor	0.640	5.120
Yığma yapılar		
Beton ve dolgu duvar 0.75m yük altında	1.216	9.730
Tuğla duvar 0.60m yük altında	0.375	3.000
Tuğla silo duvarı 0.64m serbest	0.581	4.650
Tuğla duvar 0.51m tek taraflı serbest	0.392	3.140
Tuğla duvar 0.38m yük altında	1.524	12.190
Tuğla duvar 0.90m serbest yük altında	0.529	4.230
Tuğla duvar 0.51m tek taraflı serbest yük altında	1.442	11.530
Tuğla duvar 0.64m tek taraflı serbest yüksüz	0.727	5.810
Beton		
Beton istinat duvarı ort. 2.5m tek taraflı serbest	0.431	3.440
Beton sanayi yapısı zemini 0.20m	1.603	12.820
Beton park yeri kaplaması 0.25m	0.930	7.440
Beton köprü ayağı 2.70m serbest	0.436	3.490
Beton köprü ayağı 1.50m kabartmak için	0.267	2.130
Betonarme		
Betonarme duvar 0.36m serbest	1.175	9.400
Betonarme duvar 1.50m serbest	0.825	6.600
Betonarme duvar 0.64m tek taraflı serbest	0.775	6.200
Kemer ve kubbede omuzlama 1.54m tek taraflı serbest	0.906	7.250
Betonarme döşeme 0.30m	1.282	10.260
Betonarme sığınak tavanı 1.36m	0.889	7.110
Betonarme havaalanı pisti 0.35m	1.020	8.160
Betonarme giriş 0.30x0.24m	1.157	9.260
Betonarme giriş 1.00x0.50m	0.737	5.890
Betonarme kolon 0.60x0.60	0.494	3.950
Betonarme kolon 0.90x0.70m	0.937	7.490
Betonarme kolon 1.20x1.20m	0.954	7.620
Betonarme silo duvarı 0.30m serbest	0.741	5.930
Betonarme köprü ayağı 0.90x0.90m	0.549	4.390
Betonarme istinat duvarı ort. 0.50m tek taraflı serbest	0.993	7.940
Betonarme duvar 1.10m yük altında	1.158	9.260
Betonarme duvar 0.40m	0.438	3.500
Betonarme sığınak tavanı 3.20m	0.732	5.860
Betonarme sığınak dış duvarı 1.80m	0.891	7.130
Otoyol köprüsü plağı 0.70m (geniş başlıklı I profil ile)	1.143	9.140
Otoyol köprüsü orta kolonu 1.00m	0.450	3.600
Otoyol plağı 0.60m hasır donatılı	0.542	4.330
Tonoz		
Beton köprü tonozunda sıra patlatması 0.50m	0.797	6.380
Yarım daire tuğla duvarda sıra patlatması 0.90m	0.439	3.510

4.2. Patlayıcı Delikleri ve Sıkılama

Bu bölümde yapı patlatmalarında kullanılan şarj miktarı hesap yöntemlerinden bahsedildi. Hesaplanan şarj miktarlarının etki çaplarına bağlı olarak seçilen delik ve sıra aralıkları için formüller anlatıldı. Patlayıcının yapı elemanına etkisinde delik derinliği ve çapı da rol oynamaktadır.

Yapı elemanları patlatılırken kaya patlatmada olduğu gibi delik derinliği ile ilgili yaklaşımlar yapmak zordur. Çünkü burada yapı elemanın boyutları değişkendir ve genellikle küçük delikler delinir. Yapı elemanları patlatılırken, delik uzunluğunun seçilmesindeki en büyük etken patlatılacak nesnenin kalınlığıdır. Delikler genellikle patlatılması düşünülen kesitte, patlayıcı etki çapı veya biraz daha az bir uzunluk bırakılarak kesit uzunluğunca delinir. Böylece deliğin delindiği boyutta yapı elemanın parçalanması sağlanmış olur. Deliğin daha kısa delinmesi durumunda deliğin arkasında parçalanmayan bölümler kalabilir. Kırılmanın daha iyi olması için deliğin kesit kalınlığına yakın bir uzunlukta delinmesi düşünülebilir, fakat bu da parça savrulması riskini artırır. Döşemeler gibi kesit kalınlığı ince olan yapı elemanlarında küçük miktarlarda şarjlar kullanılarak kesit kalınlığına yakın delikler açılabilir. Yapı elemanlarının patlatılması bölümünde değişik yapı elemanları için delik derinliği ile ilgili öneriler yapılacaktır.

Patlayıcı delikleri açılmasında karar verilmesi gereken bir başka nokta ise açılacak delik çapıdır. Delik çapının belirlenmesindeki en büyük etken ise patlayıcı kartuşlarının boyutlarıdır. Yapıların patlatılmasında kullanılan yüksek hızlı patlayıcılar genellikle kartuşlar halinde bulunurlar. Dolayısıyla yıkımda kullanılacak kartuş boyutları delik çapları için önemli bir veridir. Yapılan patlatma planında yapı elemanları da dikkate alınarak delik geometrilerine karar verilir.

Delik çapları kartuşların rahatça içlerine girebilmesi için kartuş çapından büyük olmalıdır. Deliklerin çok büyük delinmesi ise kartuşla patlatılacak nesne arasında boşluk kalmasına neden olur, bu istenmez. Mümkünse patlayıcı patlatılacak nesne ile sıkı temasta olmalıdır. Bunun için deliklere yerleştirilen patlayıcı kartuşları çizilir ve tahta veya pirinç sopalarla sıkıştırılan patlayıcının deliği tamamen doldurması sağlanır.

Patlayıcı deliklerinde bir diğer önemli konu sıkılamadır. Açılan deliğe patlayıcı yerleştirildikten sonra kalan boşluğun doldurulması gerekir. Bunun nedenleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Patlayıcının tüm etkisini; gaz basıncını, itmesini yapı elemanına aktarmasını sağlamak,
- Oluşabilecek hava şokunu azaltmak,
- Parça savrulmasını azaltmak

Patlayıcı delikleri açılırken patlayıcı ve sıkılama düşünülerek delik açılır. Patlayıcı ve ateşleme elemanı deliğe yerleştirildikten sonra ateşleme elemanın patlayıcıdan ayrılıp ayrılmadığı kontrol edilir ve sıkılama yapılır.

Sıkılama için kağıt, kum, balçık, toprak kullanılabilir. Delikler önce kağıt ardından kuru kum ile sıkılanabilir. Sıkılama için kum iyi bir malzemedir. Kum ile sıkılan delikler gerekirse kumun akması için balçıkla sıvanabilir. Taş ocağı gibi yerlerde çok miktarda sıkılamaya ihtiyaç duyulduğunda bu iş çakıl veya toprakla da yapılabilir [21,22].

Yüzeysel patlayıcıların sıkılanmasında kum torbaları veya kontrplak ve dayanıklı kumaşlar birlikte kullanılır. Yüzeysel patlatmalarda şarjın nesne ile sıkı temas etmesi, şarjın da üzerinde sıkılama olması patlama etkisini artırır. Burada sıkılamanın parça savrulmasını önlemede önemli yeri vardır. Sıkılama ile ilgili kullanılan tablo önceki bölümde verilmiştir, ayrıca yeri geldikçe yapı elemanlarındaki sıkılama boylarından bahsedilecektir.

5. PATLAMA OLAYI VE ETKİLERİ

5.1. Patlama Olayı

Patlayıcı ile bina yıkımında patlama, yapının normal yüklere ek olarak etkisinde kaldığı olağanüstü bir dinamik yük çeşididir. Patlama olayı büyük miktarda enerjinin ani olarak serbest kalması sonucu ortaya çıkan bir olaydır. Yanıcı maddeler için enerji temel olarak kimyasal bir olay sonucu ortaya çıkar. Yanıcı maddelerde açığa çıkan enerji, yanma olayı sonrası meydana gelen ısı enerjisidir. Oysa patlayıcı maddelerde ısı ve gaz çıkışıyla çok miktarda enerji ortaya çıkar. Örneğin ANFO'nun yanması ile ortaya çıkan reaksiyon ısısı 950 Kcal/kg iken mazotun reaksiyon ısısı 10,000 Kcal/kg'dır. Mazotun yanması sonucu ortaya çıkan, reaksiyon ısısının çok yüksek, reaksiyon hızının düşük olmasına karşın ANFO'nun patlaması sonucu ortaya çıkan reaksiyon ısısı düşük, hızı çok yüksektir [2].

Örneğin 1 kg sıvı yakıtın (mazot) yanma ısısını 10,000 Kcal/kg olarak 10 dakika yandığını düşünürsek bunun sonucu ortaya çıkan enerji:

$$E = (10000 \times 9.351 \times 10^{-2}) / 10 = 93.51 \text{ HP}$$

Aynı şekilde 1 kg ANFO'nun yanma ısısı 950 Kcal/kg, patlama hızı 5000 m/sn alınarak, patlayıcı maddenin uzunluğu 1 dm olan silindir şeklinde olduğu kabulü ile yanma süresi yaklaşık 3.3×10^{-6} dakika olarak hesaplanır. Buradan ortaya çıkan enerji:

$$E = (950 \times 9.351 \times 10^{-2}) / (3.3 \times 10^{-6}) = 26,919,545.45 \text{ HP}$$

Görüldüğü gibi patlayıcı madde ile parlayıcı (yanıcı) madde arasındaki enerji açığa çıkışı çok farklıdır.

Patlayıcı maddelerde, örneğin TNT'de enerji oluşumu atomların tekrar düzenlenmesi ile olur. Patlayıcı maddelerin anlatıldığı önceki bölümlerde açıklandığı gibi patlama enerjisi en yüksek olan patlayıcılar katı haldekilerdir.

Delikteki patlayıcı madde ateşlendiği zaman saniyenin binde biri gibi kısa bir sürede gerçekleşen hidrodinamik reaksiyon sonucu patlayıcının enerjisi çok yüksek basınç ve sıcaklıktaki gaz şeklinde ortaya çıkmaktadır. Normal sıcaklık ve basınç altındaki patlayıcı maddenin çok kısa bir sürede büyük bir basınç veya sıcaklık ile uyarılması sonucu oluşan şok dalgası (patlama dalgası) patlayıcı madde boyunca kendi kendisini destekleyerek ilerler. Şok veya patlama dalgası, patlama sonucu patlayıcıdan oluşan sıcak gazlarla patlayıcıyı çevreleyen atmosferin geri itilmesiyle oluşur. Bu dalga, patlama oluşumundan sonra saniyenin bir bölümünde patlayıcı kolonunun ortasından dışarı doğru hareket eder. Patlama esnasında şok cephesi denilen bir bölge meydana gelir. Şok cephesi denilen bu bölge dalganın önü yüksek olarak sıkıştırılmış havanın bir duvarı gibidir ve arkasındaki bölgeden çok daha büyük basınca sahiptir. Bu basınç, şok dalgası dışarı doğru yayılırken hızla düşer.

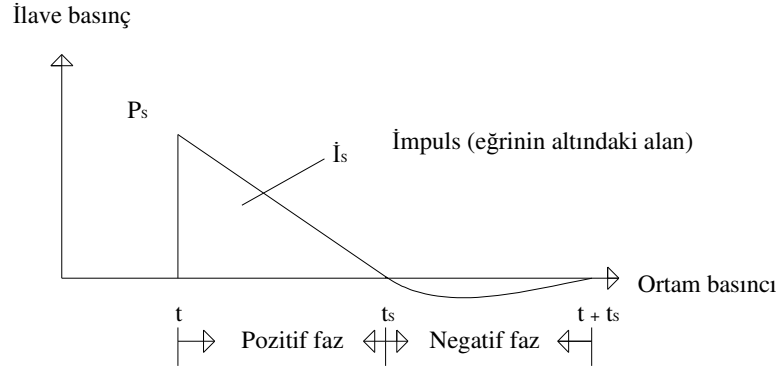
Kısa bir süre sonra şok cephesinin arkasındaki basınç atmosfer (çevre) basıncının altına düşer. Şok cephesinin arkasında kısmi bir boşluk yaratılır, oluşan negatif basınç sayesinde hava emilir.

Havadaki patlamada şok dalgası, patlama noktasından çıktıktan sonra daha yoğun bir ortamla karşılaşınca kadar gelen dalga olarak hareket eder. Daha yoğun bir ortamla karşılaşınca momentumun değişimine bağlı olarak yansıyan dalgalar oluşur ve bu dalgalar patlama noktasına doğru geri hareket ederler. Yansıyan dalgaların basıncı patlama sonrası oluşan şok dalgaların basıncından daha büyük olabilir [23].

Patlama dalgaları ortamda farklı yoğunluklu bir ortam ile karşılaşmazlar ve yayılmaya devam ederlerse patlama noktasından kabul edilebilir bir uzaklıkta bütün patlama dalgaları ortak bir konfigürasyonu paylaşırlar. Patlamanın merkezinden çıkarılan bir bölümde patlama dalgasının basınç zaman ilişkisi Şekil 5.1’de gösterilmiştir.

Patlamanın merkezinden çıkarılan bir bölgede, patlamadan sonra ki t anında basınç, ani olarak ortam basıncı P_0 ’ın üstünde bir değere ulaşır. Bu basınca sıçrama veya maksimum basınç adı verilir. Sıçrama basıncı zamanla (t_s) ortam basıncına doğru azalır, kısmi vakumla negatif değere düşer ve sonunda P_0 değerine geri döner. Bu geçen zaman diliminden (t_s) sonra basınç, başlangıç ortam basıncından (P_0) aşağıya düşmeye başlar; bu bölgeye negatif faz denilir. Başlangıç ortam basıncının üstündeki

basınç-zaman ilişkisinin pozitif bölümü altında kalan alan itmeyi verir. Hesaplarda çoğunlukla negatif alan ihmal edilip sadece pozitif alan göz önüne alınır [24].



Şekil 5.1 : Serbest Ortamdaki Basınç Zaman Değişimi

5.2. Patlayıcıların Yapı Elemanlarını Kırma Mekanizması

Patlama ile delik çevresinde meydana gelen parçalanmanın nasıl gerçekleştiğini bilmek yıkım patlatmalarındaki olayların gelişimi hakkında daha iyi bilgi sahibi olmamız açısından bize yardımcı olacaktır. Bu tür çalışmalar çoğunlukla ticari olarak kaya patlatmalarında yapılmaktadır. Askeri amaçlı yapılan çalışmalarda ise, çok sınırlı bilgiler dışarıya verilmekte, asıl veriler ise genellikle saklanmaktadır.

Yıkım patlatmalarında patlatılacak nesne çoğunlukla betonarmedir. Doğal olarak beton, tuğla, çelik ve kompozit elemanlar da patlatılmaktadır. Patlatılacak betonarme elemanın mukavemeti, donatı oranı, çatlak yapısı veya deprem sırasında kısmen hasar görmüş olması gibi etkenler patlama olayını çok farklı sonuçlara götürebilmektedir. Öncelikle patlama olayının çevresine verdiği tahribat ve bu tahribatın nasıl gerçekleştiği anlatılacaktır. Verilen bir yapı üzerinde patlatma etkilerini anlamak için patlatma dalgasının karakteristikleri bilinmelidir. Bu özellikler; yoğunluk, rüzgar hızı, şok cephesi hızı, maksimum basınç ve dinamik basınçtır [24].

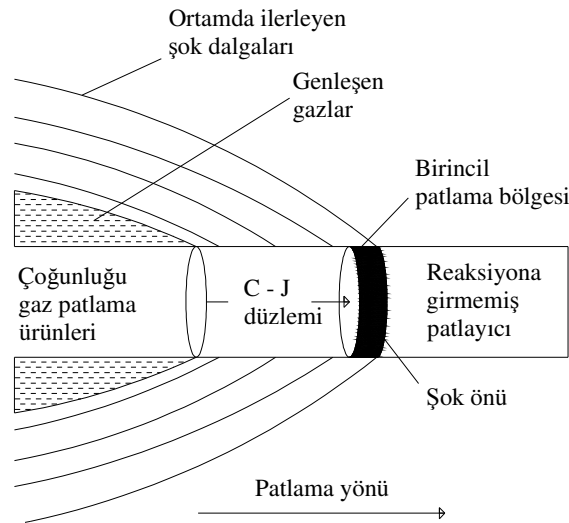
Patlatma ile yapı elemanlarının parçalanmasında başlıca iki farklı kırılma mekanizması vardır:

- Patlayıcı maddenin şok enerjisi ile yapı elemanında yarattığı basınç dalgaları. Bu dalgalar yansıma sonucu çekme basıncı şeklinde de olmaktadır.

- Patlama sonucu meydana çıkan gazların yarattığı delik içi basınç [9].

Patlayıcı ateşlendikten sonra kararlı kimyasal reaksiyon, şok önünün hemen gerisinde birincil reaksiyon bölgesinde oluşur. Reaksiyonun ilerleme yönünün zıt yönünde reaksiyon sonucu genişleyen gazların akışının yarattığı kararsız bölge bulunmaktadır. Kararlı ve kararsız bölgeleri birbirinden ayıran düzleme Chapman Jouget (C-J) düzlemi denir. İdeal patlama koşullarında kimyasal reaksiyonun bu bölgede tamamlandığı düşünülür ve bütün termodinamik özellikler; basınç (P), hız (V), sıcaklık (t), iç enerji (E) gibi değerler bu düzlemde hesaplanır. Bu düzlem patlayıcı kütlenin sonuna kadar çok büyük bir hızla patlama yönünde hareket eder.

Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te patlayıcı madde boyunca ilerleyen ideal patlama olayı; yapı elemanı içindeki patlama olayının nasıl gerçekleştiği ve bunun bölümleri gösterilmektedir.

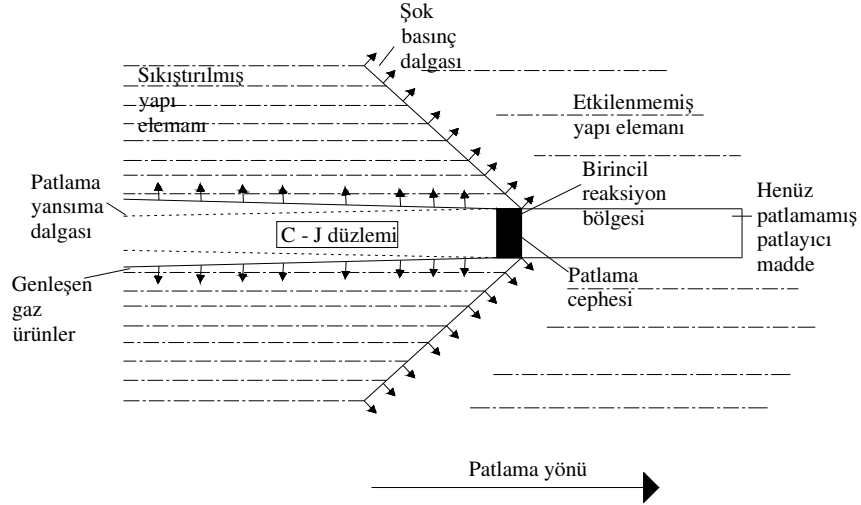


Şekil 5.2 : Patlayıcı Madde Boyunca İlerleyen İdeal Patlama Olayı

Patlayıcının kırma ve parçalama etkisini şok enerjisi ve gaz basıncı ile yaptığı söylenmişti. Patlayıcının sahip olduğu en yüksek basınç değeri patlayıcı maddenin şok enerjisi ile, şok dalgalarının etkin olduğu süre ise patlayıcının gaz basıncı ile doğru orantılıdır.

Yüksek patlama hızına sahip patlayıcılar, patlama olayının başlaması ile çok büyük bir kırma etkisi yaratırlar. Gaz ürünler çok hızlı olarak açığa çıktığı için şok önü ile C-J düzlemi arasındaki mesafe çok kısa olur. Bunun sonucunda çok kısa süreli fakat yüksek genlikli basınç oluşur. Bu, çok sert ve sağlam yapı elemanları için arzu edilen

bir husustur. Düşük patlama hızlı patlayıcılar ise düşük genlikli fakat daha uzun süreli basınç dalgası oluştururlar. Bunun sonucu oluşan gaz hacmi büyüktür ve öteleme özelliği parçalama özelliğinden fazladır. Yapı elemanları için genellikle jelatin dinamit, donarit, Gom dinamit gibi yüksek patlayıcı hızlarına sahip kuvvetli patlayıcılar kullanılır.

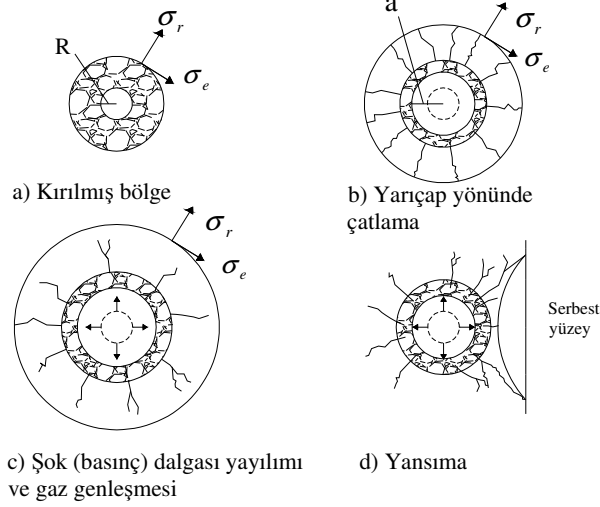


Şekil 5.3 : Yapı Elemanı İçindeki Patlama Olayı.

5.3. Yapı Elemanlarında Patlama Sonucu Oluşan Kırılma Bölgeleri

Patlama deliğinde patlama başlayınca bir şok dalgası oluşur ve yapı elemanı içinde yayılır. Bu şok dalgası delik etrafındaki yapı elemanına büyük bir basınç uygular. Yapı elemanı içinde yayılan basınç dalgasının biri yarıçap yönünde diğeri yarıçapın çizdiği daireye teğet yönünde iki bileşeni vardır. Şok dalgası patlama deliğinden uzaklaştıkça her iki bileşenin hem şiddeti hem de şekli değişir.

Şekil 5.4'te silindir şeklinde açılmış patlama deliğinin çevresinde meydana gelen olaylar görünmektedir. Bu şekiller kayalar için çizilmiş olup yapı elemanında da durumun benzer olacağı düşünülmektedir, meydana gelebilecek hasarları göstermek amacıyla anlatılmaktadır.



R: Patlayıcı madde (delik) yarıçapı

σ_r : Basıncın yarıçap yönündeki bileşeni

a: Genişlemiş delik yarıçapı

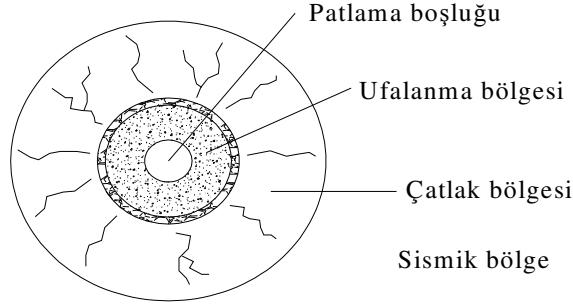
σ_e : Basıncın teğet bileşeni

Şekil 5.4 : Patlayıcının Yapı Elemanında Meydana Getirdiği Etkiler

Delğe yakın yarıçap yönündeki bileşen yapı elemanının dinamik basınç dayanımından çok yüksek olduğu için bu basınç gerilmesi delik çevresindeki yapı elemanını makaslar ve tümüyle kırar (Şekil 5.4a). Bu dinamik basınç gerilmesi delikten uzaklaştıkça enerjisini tüketir ve yapı elemanının dinamik basınç gerilmesinin altına düşünce kırma gücünü kaybeder. Şok dalgasının teğet yönündeki bileşeni ise yapı elemanına çekme gerilmesi şeklinde etkir. Bu gerilme değeri de yapı elemanının dinamik çekme gerilmesi değerinden büyüktür. Bu bileşen yarıçap yönünde çatlaklar oluşturur (Şekil 5.4b). Teğet yönündeki bileşenin enerjisi düşünce çatlak oluşumu durur. Enerjileri düşen her iki bileşen yakında serbest bir yüzey yoksa yapı elemanı içinde elastik ses dalgası olarak ilerler ve sarsıntı yaratır (Şekil 5.4c).

Yakında serbest yüzey var ise çatlak sistemi artarak gelişir. Bu durum düşük enerjili de olsa, serbest yüzeye ulaşan bir basınç gerilmesi dalgasının bu yüzeyden yansıyarak çekme gerilmesi dalgasına dönüşümü sonucu gerçekleşir (Şekil 5.4c ve d).

Patlayıcı maddenin kuvveti ve yapı elemanının özelliklerine bağlı olarak, yapı elemanı içinde silindirik bir hacimde patlayan patlayıcıyı dikkate aldığımızda; patlama deliği, uflanma bölgesi, çatlak bölgesi ve sismik bölge olmak üzere 4 bölge dikkatimizi çeker (Şekil 5.5) [12].



Şekil 5.5 : Patlama Deliği Çevresindeki Kırılma Bölgeleri

Patlama deliği: Bu hacim, patlayıcı maddenin patladığı hacimdir. Patlama, patlayıcının tam bir sıkılama ortamında ve radyal kayıpların önlendiği uygun çaplarda reaksiyona girmesi ile olabilmektedir. Patlatma boşluğu bu şartların sağlandığı ve patlama olayının olduğu hacimdir.

Ufalanma bölgesi: Patlama deliğini saran ve çok geniş olmayan bu bölge patlama sonucu oluşan şok ve basınçtan dolayı neredeyse pulverize olmuş parçalardan oluşur. Bu bölgenin oluşan çok büyük gerilmelerin neden olduğu plastik akmadan meydana geldiği sanılmaktadır.

Çatlama bölgesi: Ufalanma bölgesini çevreler. Radyal uzantılar şeklindeki bu çatlaklar, patlamada ortaya çıkan enerjinin yapı elemanının gerilme sınırını aşması ile oluşur. İlk başlarda birbirine çok yakın olan çatlaklar patlama deliğinden uzaklaştıkça seyrelir. Oluşan çatlakların içine patlama sonucu meydana gelen gazlar dolar, kama etkisi ile bu çatlaklar genişler ve uzar. Basınç düşünceye veya gazlar çıkacak serbest bir yüzey buluncaya kadar bu durum devam eder. Basıncı gaz karışımı eğer basıncını fazla yitirmeden serbest yüzeye karşılaşırlarsa ani boşalma etkisi ile çatlakları yırtar ve parçalar.

Sismik bölge: Eğer basınç dalgalarının ulaşacağı kadar yakında serbest bir yüzey yoksa sismik bölgede bir sınır yoktur ve gerilmelerden arta kalan enerji tamamen kaybolana kadar çevreleyen nesne tarafından sönümlenir. Fakat yapı elemanlarının patlatılmasında genellikle yakında bir serbest yüz vardır. Serbest yüze gelen gerilmeler düşük enerjili de olsalar yansıyarak bir çekme gerilmesi yaratırlar ve yapı elemanı üzerindeki kırıcı etkilerini bir süre daha devam ettirirler.

Atmosfere geçip yansıyan dalgalar; çatlaklardan ve boşluklardan atmosfere geçen çok dalgaları; gürültü, sarsıntı ve hava oku şeklinde çevrede hissedilir.

5.4. Yapı Patlatmalarından Kaynaklanan evresel Etkiler ve Kontrolüne Yönelik alışmalar

Bir yapının patlatılarak yıkılması çalışmasında risk taşıyan işlemlerin uygun yöntem ve sırada yürütölmesi gerekmektedir. Bu işlemler yıkım öncesi, sırası ve sonrasında titizlikle uygulanmalıdır. Ancak bu şekilde yapılan planlamalar ile yapının istenilen şekilde yıkılarak, patlatmanın çevreye olan etkileri en az düzeye indirilebilmektedir. Bu yüzden yapı patlatmalarının planlanmasında uygun patlatma tasarımının yapılmasına yönelik olarak sürdürölün çalışmalar yanında patlatma kaynaklı muhtemel çevresel etkileri en aza indirecek önlemlerin alınması içinde çalışmalar yürütölmemektedir. Patlatmalı yıkım çalışmaları sırasında ortaya çıkan çevresel etkiler dört grup altına incelenmektedir. Bunlar;

- 1 - Fırlayan Yapı Parçalarının Oluşumu
- 2- Gürültü ve Hava oku Oluşumu
- 3- Zemin Titreşimi Oluşumu
- 4- Toz Oluşumu

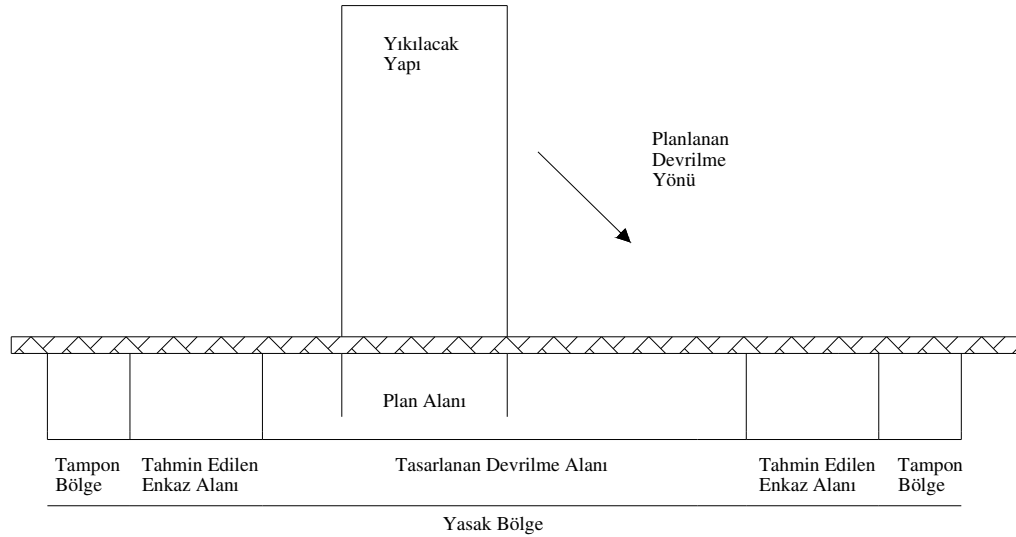
Yapı patlatması sırasında oluşması muhtemel çevresel etkilerin önlenmesi veya en aza indirilmesi yönünde yapılan çalışmaların başında patlatma öncesi ve sonrasında patlatma alanını da içine alan güvenli bölgelerinin oluşturulması işlemi gelmektedir. Güvenli (harici) bölgelerin oluşturulmasının temel amacı patlatma sırasında yıkım olayını izlemesi muhtemel seyirci kitesinin ve civarda ikamet eden insanların ve yapıların güvenliğini sağlamak ve patlatma kaynaklı muhtemel etkilerden izole etmektir [16].

5.4.1. Patlayıcıların Kullanıldığı Yıkımlarda Güvenli (Harici) Bölgelerin Belirlenmesi

Patlatmalı yıkım çalışmalarında harici bölge, patlayıcıyla yıkım çalışması başlatıldığında civardaki yapılardan belli bir uzaklıkta belirlenmektedir. Bu bölge, yıkım için geniş kapsamlı bir yaklaşımın bir parçası olarak yönetilme ve tasarlanma ihtiyacını duymaktadır. Bu işlemde harici bölgenin dışındaki insanların, yıkım çalışmasından güvenli bir mesafede olması sağlanır. Ayrıca bu işlemlerde patlatma

anında çalışanların ve ateşçinin mümkün olduğu kadar harici bölgenin dışında olması sağlanmakta, eğer ateşçi harici bölge içinde kalmak zorunda ise güvenli bir pozisyonda olması sağlanmaktadır [25]. Patlatmalı yıkım çalışması için oluşturulan bir harici bölge 4 alandan oluşmaktadır. Harici (yasak) bölgenin kapsadığı alanların detayları aşağıda maddeler halinde verilmiştir (Şekil 5.6).

1. Plan Alanı: Yıkılacak yapının plan alanı olarak tanımlanmaktadır.
2. Tasarlanan Devrilme Alanı: Yapının en büyük parçasının devrileceği alan (plan alanını kapsayan ana enkaz yığını tarafından örtülecek alan) olarak tanımlanmaktadır.
3. Tahmin Edilen Enkaz Alanı: Yıkımın tamamlanmasından sonra oluşan enkazın kaplaması beklenen alan (parçalanmanın beklendiği en büyük alan) olarak tanımlanmaktadır.
4. Tampon Bölge: Yasak bölge alanı ve tahmin edilen devrilme alanı arasındaki alan (yasak bölge sınırı ve tahmin edilen maksimum enkaz büyüklüğü arasındaki izin verilen bir alan) olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 5.6 : Patlatmalı Yıkım İşleminde Oluşturulan Güvenli Bölgenin Kısımları

Yasak Bölgenin Belirlenmesi

Kurulan yasak bölgenin dört alanının boyutu, ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Patlayıcıların kullanıldığı her yıkım çalışması için özel tehlikelerin ve risklerin tanımlanması yapılmalıdır. Yasak bölgenin boyutu, yapının yüksekliğiyle ilişkili olarak düşünülemez. Patlayıcının patlamasıyla oluşturulan enkazdan parçaların

fırlaması, patlama enerjisinin bir fonksiyonu ve her patlatma korumasının bir etkisidir. Risk değerlendirme sonuçları göstermiştir ki, yasak bölgenin boyutu tahmin edilen enkaz fırlamasıyla belirlenmez. Örneğin, hasar oluşturan yersarsıntısı olabilir. Bu nedenle yıkım planlama işinin her aşamasında, yasak bölge üzerinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi ihtiyacı doğar. Yasak bölge tasarımı üzerinde direk etkili olan ana faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir [26].

- Tasarlanan çökme mekanizması
- Yapı biçimi, yapımda kullanılan malzeme türü ve yapının durumu
- Planlanan ön zayıflatma
- Patlayıcı türleri
- Şarj miktarları, yerleri ve patlama sırası
- Patlama sisteminin doğruluğu
- Patlama korumasının doğruluğu ve derecesi

Ayrıca yukarıdaki faktörlerin yanında aşağıda maddeler halinde sıralanan ikincil faktörlerde yasak bölgenin belirlenmesinde etkindirler.

- Test patlatması sonuçları
- Patlayıcıların kullanımından elde edilen eski matematiksel bilgiler
- Önceki iş deneyimi ve bilgisi
- Saha topografyası
- Civardaki yapıların pozisyonu

Patlayıcı ile yapılan her yıkım çalışmasında yasak bölgenin oluşturulmasında, en önemli belirleyici nitelik yapılan patlatma tasarımıdır. Bu yüzden yasak bölge, planlanan ön zayıflatma, patlayıcı şarjlarının boyutu ve pozisyonu, patlatma korunması, planlanan çökme metodu ve ateşleme sisteminin gereği gibi olmamasından dolayı ortaya çıkabilecek olayların önlenmesi için her yıkım çalışmasında belirlenmelidir.

Yasak bölge sınırını belirlemek için, alanın topografyası kullanılmalıdır. Örneğin bu sınırın belirlenmesinde; patikalar, kanallar, nehirler, binalar ve köprüler uygun biçimli bariyerler olabilir. Eğer bu özellikler planlanan yasak bölge sınırının dışında ise bütün bunları içine alacak şekilde yasak bölge genişletilmelidir. Yasak bölgenin tasarımında birinci derecede sorumlu kişi patlatma mühendisidir. Yasak bölgedeki değişiklikler, bu kişi tarafından yapılan değerlendirmelerden sonra yapılmalıdır. Eğer

yasak bölge bazı nedenlerden dolayı değiştirilirse, değişikliğin detayları, ilgili kişi, kurum ve kuruluşlara iletilmelidir.

5.4.2. Patlatmalı Yapı Yıkım Çalışmalarında Fırlayan Parça Problemi ve Kontrolüne Yönelik Çalışmalar

Patlatmalı yıkım işleri genel olarak yerleşim bölgelerinde veya bu bölgelere yakın yerlerde yapılmaktadır. Bunun sonucu olarak patlatma çalışmasında çevreye zarar verilmemesi, en azından oluşacak zararın minimum düzeyde tutulması gerekmektedir. Yapı patlatmaları sırasında oluşan en önemli etkilerden birisi fırlayan parça problemidir. Bu yüzden çevre sakinlerine ve binalara zarar verebilecek parçaların dinamik hareketlerini kontrol altına almak gerekmektedir. Bu kontrol işlemi ise bölüm 2’de detaylı olarak açıklanan koruma malzemelerinin kullanılmasıyla sağlanmaktadır. Dinamik hareketlerin tanımlanması ve oluşum kriterlerinin belirlenmesi parça fırlamasının kontrol altına alınması için gerekli koşuldur. Son yıllarda özellikle Japonya da yapı patlatmaları sırasında oluşan parçaların dinamik hareketinin uçuş ve yayılma karakteristiklerini belirlemek amacıyla deneysel çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda oluşturulan betonarme kolon modelleri herhangi bir koruma malzemesi (örtü malzemesi) ile örtülmeden değişik patlatma tasarımları ile patlatılmakta ve fırlayan parçalar yüksek hızlı kamera ile kaydedilmektedir. Daha sonrasında yüksek hızlı kameradan sağlanan veriler bilgisayar ortamına aktararak fırlayan parçanın hızı, mesafesi ve ağırlığı belirlenebilmektedir. Böylece değişik patlatma koşullarında fırlayan parçaların dinamik hareketlerinin nasıl olabileceği tahmin edilebilmekte ve yıkım için en iyi patlatma modelinin hangi model olabileceği saptanabilmektedir [16].

Parça fırlamasının kontrolüne yönelik olarak yapılan araştırmalardan bir diğeri ise patlatma ile parçalanma mekanizması ve parça fırlaması olayı üzerinde örtü malzemelerinin etkisinin belirlenmesi çalışmasıdır. Bu tür çalışmalarda oluşturulan örnek model kolonlar üzerinde verev ve merkezlenmiş olarak delinen deliklerle yapılan deneysel tasarımlarda fırlayan parça olayının üzerine örtü malzemelerinin etkileri incelenmekte ve elde edilen sonuçlardan yola çıkarak en uygun örtü malzemesinin seçimi yapılabilmektedir. 1993 yılında Japonya da Sueyoshi ve Kasai tarafından yapılan deneysel çalışmalarda 80 x 80 kesit alanlı ortalama 351 kgf/cm²’lik ve SR-235 donatı türüne sahip olarak oluşturulan betonarme kolonlar

üzerinde bir takım deneyler yürütülmüştür. Yapılan bu deneylerde 200g x 2'lik şarjlar kolonun merkezine eşit uzunlukta açılan deliklere yerleştirilmiş ve değişik koruma malzemelerinin kullanıldığı 14 farklı deney yapılmıştır. Yapılan her deney sonrasında meydana gelen parçalanma ve parça fırlaması durumu değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda 30mm açıklığa sahip altıgen tel ağı ve 10mm saç telin birlikte kullanıldığı patlatmalarda parçalanmanın en iyi düzeyde olduğu ve fırlayan parça probleminin oluşmadığı görülmüştür. Parça fırlaması üzerine yapılan birçok araştırmada değinilen genel sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

Yıkımı gerçekleştirilecek binanın beton kalitesi önemlidir. Betonun fisürlü olması, iyi yapılmamış vibrasyon sonucu boşluklar oluşması ve beton standardının düşük olması saçılan parçaların miktarının artmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte parçalanma bu koşullarda daha iyi olmaktadır.

Patlayıcının türü önemlidir. Patlayıcının gaz çıkarma enerjisi fazla ise saçılan parça miktarında artış görülmektedir. Aynı zamanda kullanılan patlayıcı miktarı da saçılan parçaların miktarını doğru orantılı olarak etkilemektedir. Gecikmeli patlatmalar yıkım için gerekli patlayıcı miktarını belirli periyotlarda böldüğü için parça savrulmasını azaltıcı etkisi vardır.

5.4.3. Patlatmalı Yapı Yıkım Çalışmalarında Gürültü ve Hava Şoku Problemi ve Kontrolüne Yönelik Çalışmalar

Yapı patlatmaları çalışması sırasında ortaya çıkan bir diğer istenmeyen etki gürültü ve hava şoku oluşumudur. Gürültü etkisi genellikle deliklerin delinmesi ve ön hazırlık işlemleri sırasında açığa çıkmakta ve genellikle çalışanları etkileyen bir sorun olmaktadır. Ancak bu sorun çalışanların uygun güvenlik ve koruma ekipmanlarını çalışma sırasında kullanmasıyla ortadan kaldırılabilmektedir.

Yapı patlatmalarında ortaya çıkan bir diğer unsur ise hava şoku problemidir. Hava şoku, patlama sonucu ortaya çıkan basınç dalgaları olarak tanımlanabilir. Hava şoku özellikle büyük yıkım projelerinde çevre yapı ve araçların camlarının kırılmasına neden olmakta ve yüklenici firmaların çalışmalarını aksatmaktadır. Hava şoku genellikle patlayıcıların patlaması sırasında ve özellikle geniş yapıların patlatılmasında düşen yapının yarattığı hava deplasmanı ile ortaya çıkmaktadır. Genellikle patlatmalı yıkım çalışmaları sırasında hava şokunun önlenmesi için patlatılacak yapı elemanın üzerine dolanan tel korumanın üzerine mikro deliklere

sahip çok sağlam geotekstil malzemeler sarılmakta ve böylece şokun yayılması en aza indirilmektedir. Hava şokunun önlenmesi bakımından önemli olan bir diğer unsur ise patlatma günü hava şartlarının durumudur. Patlatma sonucu oluşan şok dalgalarının direk olarak atmosfere yayılması oluşan şokun çevre üzerindeki etkilerini azaltmaktadır. Bu yüzden hava şokunun tehlikeli olabileceği yıkım çalışmalarında bulutlu (kapalı) havalarda patlatma yapılması tavsiye edilmemektedir.

5.4.4. Patlatmalı Yapı Yıkım Çalışmalarında Zemin Titreşimi Problemi ve Kontrolüne Yönelik Çalışmalar

Zemin titreşimleri yapı patlatmaları sırasında oluşan çevresel etkilerden üzerinde durulması gereken en önemli unsurdur. Çünkü parça fırlaması, hava şoku ve toz oluşumu patlatma bölgesinin yakın çevresinde etkili olmaktadır. Zemin titreşimleri ise yapılara ciddi hasarlar verebilmekte ve patlatma bölgesinden çok daha uzaklarda etkili olabilmektedir.

Yapı patlatmaları sırasında bazı durumlarda yapıların devrilip büyük bir momentumla zemine çarpmaları önemli derecede titreşimlere neden olmakta ve patlatmalı yıkım projelerinin yürütülmesinde bazı kısıtlayıcı durumlara yol açmaktadır. 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. Bu nedenle çoğu zaman sıkıntı yaratan bu durumun nedeni yapının devrilme ve çökme sırasında zemine bir darbe etkisiyle çarpmasından kaynaklanmaktadır.

Matematiksel olarak, bir yapının devrilmesiyle açığa çıkan enerji $E = \Delta H_s mg$ bağıntısıyla bulunur. Burada m devrilen yapının kütlesi, ΔH_s yapının ağırlık merkezinin devrilirken kat ettiği 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, zemin ortamında titreşim dalgaları halinde yayılır ve meydana gelen titreşimin şiddeti, enerjinin zemine iletilmesinin zamana bağlı fonksiyonuna bağlıdır. Bu durum ise yapının devrilme davranışıyla ilişkilidir. Devrilirken parçalanan bir yapı, farklı zamanlarda yere çarpan parçalarıyla küçük şiddetli zemin titreşimleri oluşmasına neden olurken (ancak bu

durumda da toplam titreşim süresi uzar), bir bütün şeklinde devrilip yere çarpan bir yapı çok daha şiddetli zemin titreşimi oluşturmaktadır. Genellikle yapı patlatmaları sırasında titreşimlerin azaltılması için, yapının düşeceği alana önceden, moloz, kum, toprak, saman, oto lastiği vb. malzemelerden bir darbe emici yatak yapımı, sıkça başvurulan bir yöntemdir. Her yapı patlatması kendine has zemin titreşimi karakteristikleri ortaya çıkarmaktadır. Bu farklılığın nedeni ise zemin titreşimi ölçüm sistemlerindeki nitelik farklılığı, yapının devrileceği alan üzerine serilen ve oluşan darbe enerjisini emecek malzemelerin farklılığı, yapı geometrisi ve enkazın yayılacağı alanın zemin özellikleridir.

Tablo 5.1: Yapı Yıkımları Sırasında Kaydedilen Zemin Titreşimi Değerleri

YAPI TÜRÜ	Boyutlar			M (t)	ΔH_s (m)	E (MJ)	r (m)	Titreşim hızları (mm/s)				Frekans (Hz)			Darbe emici yatak özellikleri
	Y	U	G					V_X	V_Y	V_Z	V_R	f_X	f_Y	f_Z	
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 ---	Gevşek malzeme
Lavvar	37	50	25	10000	19	1900	40 60	5 5	2 3	12 10	14 12	10 7	13 7	6 8	Gevşek malzeme
Lavvar	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
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
Savaş Sığınağı	45	13	12	80000	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
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	İnşaat molozu + gevşek kayacık
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
Baca (örme)	76	Da = 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 yük. 50m (yatak yok)
Baca (örme)	55	4,4		553	27	146	25 35 65	3,5 2 2	13 6 2,7	1,5 5 2	13,5 8 3,5	7 10 10	11 8 10	8 11 13	Devrilme yük. 50m (yatak yok)
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 yük. 75m (yatak yok)
Baca (örme)	50						22 43	3 3	2 3	8 5,5	9 6	10 6,7	8 6,3	10 6,7	Devrilme yük. 40m (yatak yok)
Baca (örme)	80						50 90	1,5 0,5	1 1	1,6 0,5	2 1	16 17	10 12	10 17	Devrilme yük. 50m (ideal kum yatak)
Y: yapının zeminden itibaren toplam yüksekliği (m); U: yapının toplam uzunluğu; G: yapının toplam genişliği; Da: bacanın ortalama dış çapı; M: devrilen kütle; ΔH_s : 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 : üç ayrı eksenindeki titreşimlerin pik değerleri; f: frekans; V_R : bileşke değer															

Tablo 5.1’de farklı türdeki yapıların, farklı türdeki darbe emici yataklar üzerine patlatmayla yıkılması sırasında oluşan zemin titreşimi değerleri verilmektedir.

Tablodaki değerlerin incelenmesi sonucu, yaklaşık aynı devrilme kenarı uzunluğuna ve benzer darbe emici yatak koşullarına sahip yapılarda, V değerlerinin yıkım noktasından 150 m uzağa kadar lineer olarak değiştiği görülmektedir. Burada ayrıca darbe emici yatak kalitesinin titreşim enerjisi üzerindeki 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 tik değerlerini nasıl azalttığı görülmektedir. 8 ile 11 no’lu baca yıkımlarında ise herhangi bir yatak hazırlanmamıştır. 10, 11 ve 12 no’lu 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 değerinin önceden tahmin ederken, bacanın devrilme sırasında uç kısmının henüz havada kırılması ile devrilen uzunluğun baca uzunluğunun yaklaşık $2/3$ ’ü kadar olması bir güvensizlik faktörü oluşturmaktadır.

5.4.5. Patlatmalı Yapı Yıkım Çalışmalarında Toz Oluşumu ve Kontrolüne Yönelik Çalışmalar

Bir patlatmanın heyecanı bittiğinde, büyük dalgalanan bir toz bulutu, başarılı bir yıkım projesinin en iyi görülebilen özelliklerinden biridir. Ancak özellikle büyük yapı patlatmalarında toz oluşumunun kontrolü, üzerinde titizlikle çalışılması gereken bir problem haline gelmektedir. Patlatmalı yıkım çalışmaları sırasında alınan toz ölçümlerinde oluşan toz bulutunun yüksek konsantrasyonlarda akciğerleri etkileyebilen, hatta zarar verebilen çok küçük partiküller içerdiği tespit edilmiştir.

Patlatmalı yıkım çalışmaları sırasında ortaya çıkan tozun etkilerini azaltmak için patlatma öncesi ve sonrası bir takım çalışmalar yürütülmektedir. Patlatma öncesi yapılan çalışmalarda patlatma bölgesine yakın yapılardaki havalandırma birimleri ve pencereler uygun örtülerle dış ortamdan izole edilmek için kapatılmaktadır. Toz

oluşumunun önlenmesi için patlatma sonrası yapılan çalışmalarda ise iki farklı önlem alınmaktadır. Bunlardan birincisi patlatma öncesi uygun noktalara yerleştirilen su tankerlerinden fıskiye ile yıkım alanı sulanmakta, böylelikle toz bastırılmaktadır. Uygulanan ikinci yöntemde ise patlatılacak yapının belirli noktalarına 1 m³ lük su tankları yerleştirilmekte ve patlatmadan hemen sonra bunlarda patlatılmakta ve oluşan sis bulutu ile toz nemlendirilerek belirli bir alan içerisinde kalması sağlanmaktadır.

5.5. Titreşim ve Hava Basıncının İnsanlar Üzerine Etkisi

Patlamaların insanlar üzerindeki psikolojik etkisi oldukça fazladır. Bu sebeple tasarım aşamasında çevre binaların görebileceği hasarlardan önce çevre sakinlerinin göreceği hasarlar dikkate alınmaktadır, insanların değişik titreşimlere vereceği tepkiler göz önüne alınarak bir takım sınıflandırmalar yapılmıştır. Birçok ülkede bu konu ile ilgili düzenlemeler yapılmıştır [27].

Bu konu ile ilgili olarak yapılan deneysel ve analitik çalışmalar sonucu Steffens (1970) tarafından yapılmış analitik formülasyon ve K parametresine bağlı olarak belirlenen davranış seviyeleri verilmiştir (Tablo 5.2).

$$K = \frac{0,125.a}{\sqrt{100 + f^2}} \frac{0,8.v.f}{\sqrt{100 + f^2}} = \frac{0,005.A.p^2}{\sqrt{100 + f^2}} \quad (5.1)$$

Burada f frekansı(Hz), A genlik(μ m), v yayılma hızı(mm/s), a ivmeyi(mm²/s) göstermektedir.

Tablo 5.2: İnsanların Davranış Seviyeleri

K Değeri	Hissedilme Seviyesi
< 0,1	Hissedilemez
0.1	Az çok hissedilebilir
0.25	Ancak hissedilebilir
0.63	Hissedilebilir
1.6	Kolaylıkla hissedilebilir
4	Kolaylıkla tespit edilebilir
10	Şiddetle tespit edilebilir

6. YAPISAL ELEMANLARIN PATLATILMASI

Yapıların tamamen veya kısmi olarak yıkılmasında yapısal elemanların patlatılması, çalışmaların en önemli aşamasıdır. Yapının planlanan şekilde devrilmesi ve çökmesi ancak bu elemanların uygun bir şekilde patlatılması ile mümkün olmaktadır. İstenilen patlatma ise tasarımının uygun bir şekilde yapılması ile sağlanmaktadır. Çoğu zaman yapısal elemanların patlatılmasında literatürde önerilen yaklaşımlardan yararlanılır. Yapısal elemanların patlatılması için en çok başvurulan kaynak, ünlü patlatma uzmanı Gustafsson tarafından önerilen tasarımlardır. Yapısal elemanların patlatılmasıyla ilgili bu tasarımların hepsinde patlayıcı madde olarak 1.4 gr/cm^3 özgül ağırlığa ve 5200 m/s patlama hızına sahip jelatinit dinamitler kullanılmıştır [1]. Aşağıda 6 yapısal eleman için Gustafsson tarafından önerilen patlatma tasarımları verilmiştir.

- Temeller
- Beton ve Taş duvarlar
- Kolonlar
- Döşemeler
- Çatılar
- Kirişler

6.1. Temeller

Temeller genellikle yapı yıkımına bağlı olarak, üst yapı ile birlikte yıkılır. Özellikle sanayi yapılarında yeni makinelere yer açmak, alanları temizlemek için de temeller yıkılır. Temellerin yıkımı dendiğinde aklımıza patlatılacak beton veya betonarme kütleler gelmektedir. Beton ve betonarme yapı elemanlarının patlatılması için uyulması gereken kuralların yanında temellerin patlatılması için bir takım teknikler vardır.

Temeller düşey patlatma delikleri ile patlatılırlar. Bu deliklerin boyları temelin derinliğine ve delik geometrisine bağlıdır. Burada delik geometrisi anlatılırken

delikler arası mesafe a_B ile delik sıraları arası mesafe a_R ile gösterilecektir. Patlayıcı şarjları belirlenen gecikme aralıklı elektrikli kapsüllerle genellikle 50 gr'lık şarjlar halinde hesaplanan şarjın yoğunluğuna bağlı olarak delik içine yerleştirilir. Tablo 6.1'de temelin özelliklerine bağlı spesifik şarj miktarları ve delik geometrileri verilmiştir. Deliklerin şaşırtmalı açılması parçalanmanın daha iyi olmasına yardımcı olur.

Tablo 6.1: Temellerin Patlatılması ile İlgili Bilgiler

Malzeme	$c \text{ (kg/m}^3\text{)}$	Delik geometrisi $a_R = a_B$
Düşük dayanımlı beton	0.25 – 0.30	0.70 – 0.80
Yüksek dayanımlı beton	0.30 – 0.40	0.60 – 0.70
Yüzeyssel donatılı betonarme	0.60 – 0.75	0.50 – 0.60
Yoğun donatılı betonarme	0.80 – 1.00	0.50 – 0.55
Ekstra güçlü askeri tip betonarme	1.50 – 2.00	0.40 – 0.50

Patlama deliklerinin boyları temellerin derinliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Açılan deliklerin çapları temelin boyutlarına ve çevre şartlarına bağlı olarak değişebilir. Geniş temellerde etrafında etkilenebilecek bir nesne yoksa 50 ile 65 mm çaplı geniş delikler açılabilir. Bunun yanında patlatma 38 mm çaplı delikler ile de yapılabilir. Böylece parça fırlama riski azalır ve oluşan sarsıntılar kontrol altına alınmış olur. Ayrıca yıkım sonrası yüklemeyi kolaylaştıran uygun bir parçalanma elde etmek ve parça fırlamasını kontrol altında tutmak için mili saniye gecikmeli kapsüllerin kullanıldığı bir ateşleme sistemi tavsiye edilmektedir.

Temellerde sıkılama, delikler düşey açıldığı için delik üstüne konulan kum torbaları ile yapılabilir.

6.2. Duvarlar

Yapılarda bulunan duvarlar yapıldıkları malzemeye göre tuğla duvarlar, taş duvarlar, beton ve betonarme duvarlar olarak dört gruba ayrılabilir. Benzer özellikler göstermelerinden dolayı; tuğla-taş duvarların yıkımı ve beton-betonarme duvarların yıkımı olarak iki ayrı başlıkta incelenecektir.

Duvarların yıkılmasında iki ayrı yöntem kullanılabilir. Bunlardan ilki çok ince duvarlarda kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde delik açmak için yeterli kalınlıkta

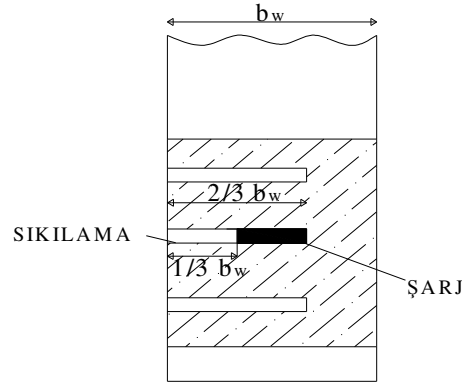
olmayan duvarlar zemin seviyesinin biraz üstünde boydan, yüzeylerine yerleştirilen yapıştırma patlayıcılar yardımıyla kırılırlar. Diğer yöntemde ise duvarlar içlerinde açılan yatay ve düşey delikler yardımıyla patlatılır. Bunun detayları aşağıdaki bölümlerde anlatılmaktadır.

Özellikle patlayıcı katsayısına karar vermek ve uygun patlayıcı geometrisini belirlemek için deneme patlatmaları yapılmalıdır. Duvarlar patlatılmadan önce tamamen veya kısmen kesilerek diğer yapı elemanlarından ayrılmalıdır. Böylece serbest hale gelirler ve patlama sonrası rahatça yıkılırlar.

6.2.1. Tuğla ve Taş Duvarların Yıkımı

Tuğla ve taş duvarlar yapılarda çok değişik yerlerde görülebilir. Taş duvarlar genellikle yapılarda; temel duvarlarında, bahçe duvarlarında, eski köprülerde ve bazı eski yapılarda karşımıza çıkmaktadır. Tuğla duvarlar ise yığma yapılarda taşıyıcı eleman olarak, günümüz yapılarında bölme duvar olarak, sanayi yapılarında, bacalarda, eski kulelerde ve köprülerde karşımıza çıkmaktadır. Taş duvarların yıkımı tuğla duvar yıkımına göre daha az olduğu için burada tuğla duvarların patlatılarak yıkılması ile ilgili bilgiler verilecek, tuğla duvarlarda yapılması gerekenlerden kısaca bahsedilecektir. Tuğla duvarlar yıkılırken, delme (sondaj) süresini kısaltmak, daha büyük parçalanma sağlamak ve daha az patlayıcı kullanmak için kapı, pencere gibi var olan boşluklar hizasında delik açmak uygun olur. Yine de iyi bir kayma durumu elde etmek ve duvarın zeminden ayrılmasını tamamen sağlamak için patlayıcı sıralarından birisi zemin seviyesinde açılabilir [1,7].

Malzemenin dayanımına, yoğunluğuna ve uçuşan parçacık riskine bağlı olarak patlayıcı oranları 0.5 ile 1.0 kg/m³ arasında değişebilir. Sondaj uzunlukları, duvarın kalınlığı b_w 'ya bağlıdır. Normal koşullar altında delikler $L=2/3 b_w$ uzunluğunda delinirler. Açılan bu deliklerin $1/3 b_w$ kadarı patlayıcı ile doldurulur, kalan $1/3 b_w$ sıkışmaya ayrılır (Şekil 6.1). Duvar kalınlığının yeterli olmadığı durumlarda gerekli deliciler varsa yatay delikler 45° eğimli açılarak delik boylarını arttırmak mümkündür.



Şekil 6.1 : Duvar Kesitinde Patlayıcı Deliği ve Bölümlerinin Gösterilmesi

İyi bir tuğla duvar birbirinden çok zor ayrılır ve duvarı yıkmak için en az iki sıra yatay delik kullanılmalıdır. Kullanılacak sıra sayısı duvarın kalınlığı ile artar. Açılan delik sıraları patlama etkisinin duvara iyi yayılmasını sağlamak üzere şaşırtmalı olarak açılmalıdır. Tablo 6.2’de delik sıra sayısı, delik geometrisi ve patlayıcı miktarı ile ilgili bilgiler görülmektedir. Aşağıdaki tabloda delik boylan $2/3 b_w$ ’dan farklı alınmıştır. Dolayısıyla şarj bölgesi ve sıkılama bölgesi uzunlukları da $1/3 b_w$ ’dan farklıdır. Bu tablo tuğla duvarların patlatılmasında farklı bir yaklaşımın gösterilmesi amacıyla verilmiştir. Buradan da görülmektedir ki patlatmada kesin kurallar koymak ve bunları uygulamak mümkün değildir.

Tablo 6.2: Farklı Kalınlıktaki Tuğla Duvarlar ile İlgili Veriler

Duvar kalınlığı (mm)	300	460	600	900	1220	1830	2440	3050
Delik sıra sayısı	2	2	2	2	3	3	3	3
Sıralar arası mesafe (mm)	230	300	460	600	760	900	900	900
Delikler arası mesafe (mm)	230	300	460	600	760	900	900	900
Delik derinliği (mm)	280	430	480	740	1070	1420	1525	1830
Delik başına şarj (gr)	40	85	115	230	455	910	910	1360
Patlayıcı çapı (mm)	22	22	32	32	32	36	36	36

Tuğla duvarın kalınlığı açılacak delik sırasında ve delik geometrisinde etken olsa da bir diğer faktör de duvarın yük altında olup olmamasıdır. 3 m yüksekliğinde 60 cm kalınlığında bir tuğla bina duvarı ile 60 m yüksekliğinde 60 cm kalınlığında bir baca duvarının patlatılmasında delik geometrisinin sıklaştırılması ve patlayıcı miktarının arttırılması kaçınılmazdır. Tuğla duvarların yıkılmasında kalınlığa göre açılması gereken delik sıra sayısı ve delik geometrisi Tablo 6.3’te gösterilmiştir.

Tablo 6.3: Farklı Kalınlıktaki Tuğla Duvarlar ile İlgili Veriler

Duvar kalınlığı b_w (cm)	35	45	60	70	>100
$a_R \times a_B$ (cm)	30 x 30	35 x 35	45 x 45	55 x 55	55 x 55
Delik sıra sayısı	2	2	2	3	3

Taş duvarları delme işi oldukça zordur. İyi yapılmış taş duvarlarda patlayıcı sıraları, ayrıca Tablo 6.2’de verilen patlayıcı miktarları %10 artırılmalıdır.

6.2.2. Beton ve Betonarme Duvarların Yıkımı

Beton ve betonarme duvarlar yapılar da; taşıyıcı duvarlar, bölme duvarları ve istinat duvarları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bölümde incelenen beton ve betonarme duvarlar benzer özellikler gösterirler. Bu duvarların patlatılmasında duvarın yapıldığı betonun dayanımı, betonun yapısı; içindeki boşluk oranı, çatlak durumu, donatı miktarı ve yerleştirilme biçimi çok önemlidir.

Bu duvarların da tuğla ve taş duvarlar gibi kapı ve pencere hizalarında açılan delikler yardımıyla patlatılması patlatma işlemini kolaylaştırır. Duvarların patlatılmasında açılan yatay deliklerde delik boyları duvar kalınlığının $2/3$ ’ü olmalıdır. Açılan delikteki $1/3 b_w$ ’lik kısım patlayıcı ile doldurulur, kalan kısım ise sıkılamaya ayrılır. Bu duvarlarda da en az 2 sıra patlayıcı deliği açılmalıdır. Bu sayı artan genişlik ile çoğaltılabilir. Delik sıraları ve delik geometrileri Tablo 6.4’te gösterilmiştir. İstinat duvarları veya kalın duvarlarda açılan delik sayılarının artırılması ayrıca delik geometrilerinin sıkılaştırılması gerekebilir.

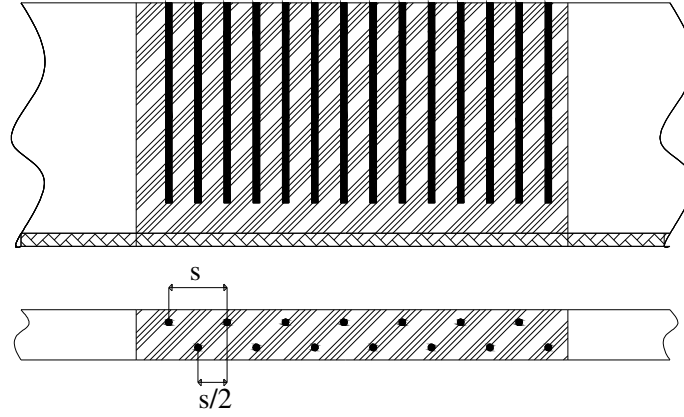
Tablo 6.4: Farklı Kalınlıktaki Beton Duvarlar ile İlgili Veriler

Duvar kalınlığı b_w (cm)	35	45	60	70
$a_R \times a_B$ (cm)	25 x 25	30 x 30	45 x 45	50 x 50
Delik sıra sayısı	2	2	3	3

Bu duvarlarda patlayıcı miktarını belirlemek için kullanılan patlayıcı katsayıları 0.9-1.5 kg/m³ arasında alınabilir. Bir fikir vermesi açısından açılan deliklere koyulan patlayıcı miktarı, Tablo 6.2’de verilen değerler, beton için %10 ve donatılı beton için %50 oranında, artırılarak kullanılabilir.

Zemine dökülen beton duvarlarda olduğu gibi yüksek ve dar duvarlarda patlayıcı delikleri, betonun parçalara ayrılmasını sağlayabilmek ve taşınmasını kolaylaştırmak

için düşey olarak açılır (Şekil 6.2). Yüksek patlayıcı miktarlarından dolayı oluşacak parça fırlaması problemlerini önlemek için delik uzunluklarının 1.5 m'den fazla olmaması önerilir [1].



Şekil 6.2 : Yüksek ve Dar Bir Beton Duvardaki Patlatma Delikleri

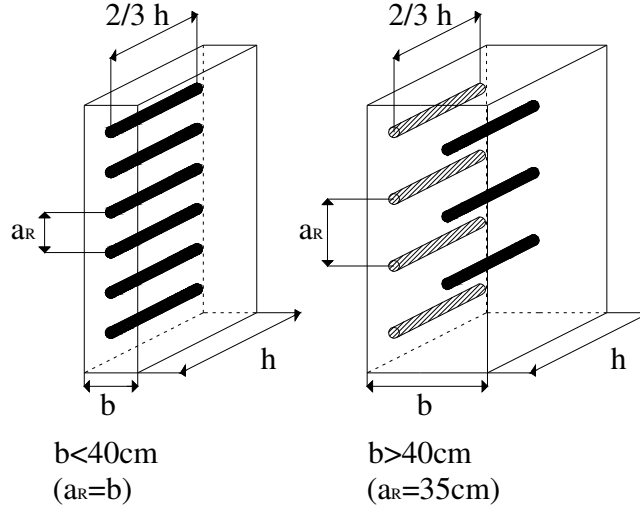
Tablo 6.5’de beton duvarların boyutlarına ve yapı malzemelerine bağlı olarak patlatma için dizayn parametreleri vermiştir. Bu tür duvarların patlatılması işleminde, ateşleme milisaniye gecikmeli kapsüllerle yapılmalı ve patlatılacak yüzeyler dikkatlice kaplanmalıdır. Bu tür patlatmalarda, küçük deneysel testlerin uygun geometri ve şarjları belirlemek için duvarın bir bölümü üzerinde yapılması tavsiye edilmektedir.

Tablo 6.5: Farklı Kalınlıktaki Beton ve Betonarme Duvarlardaki Delik Özellikleri

Duvar tipi	Duvar kalınlığı b_w (cm)	Delikler arası mesafe a_B (cm)	Delik sıra sayısı	c (kg/m^3)
Beton	20	30	1	0.2 – 0.3
	30	30	1	0.2 – 0.3
	40	30	1	0.2 – 0.3
	50	40	1	0.2 – 0.3
Betonarme	20	30	1	0.3 – 0.5
	30	30	1	0.3 – 0.5
	40	30	1	0.3 – 0.5
	50	40	1	0.3 – 0.5
	60	40	2	0.3 – 0.5
	70	40	2	0.3 – 0.5

6.3. Kolonlar

Kolonlar kare, dikdörtgen veya dairesel kesitli betonarme elemanlardır. Kolonlar yapıların önemli taşıyıcı elemanlarından birisi olduğu için beton dayanımları yüksektir ve büyük oranda donatı içerirler.



Şekil 6.3 : Kolonlarda Açılan Delikler

Patlayıcı delikleri kolonun geniş yüzeyine paralel açılır. 40 cm'nin altındaki genişlikte olan kolonlarda delikler bir sıra halinde açılır ve delikler arası düşey mesafe kolon genişliğine eşittir (Şekil 6.3). Daha geniş kolonlarda patlayıcı delikleri iki sıra halinde açılmalıdır. Deliklerin iki sıra olarak açılması durumunda şaşırtmalı açılan delikler daha etkili olur. Delik uzunluğu uzun kenar h 'nin $2/3$ 'ü olmalı, sıkılama ve patlayıcı uzunlukları $1/3 h$ olmalıdır. Kolonların kesme yükseklikleri küçük kesitlerde ($< 40 \text{ cm}$) 1.5 m, büyük kesitlerde ($> 40 \text{ cm}$) ise 2.5 m'dir. Hazırlanan bu esas kırma bölgelerinin yukarısına diğer yardımcı patlatma delikleri 2 metrede bir çift patlayıcı deliği içermek üzere yerleştirilebilir.

Patlayıcı katsayıları kolonlarda beton dayanımına, malzeme yapısına ve donatı oranına bağlı olarak 0.7 ile 1.5 kg/m^3 arasında kullanılır.

Kolon boyutlarına göre yapılacak patlatma işleminde önerilen uygulanacak atım geometrisi Tablo 6.6'da verilmiştir.

Tablo 6.6: Betonarme Kolonların Patlatılmasında Önerilen Delik Özellikleri

Genişlik (en geniş) (m)	Deklik uzunluğu (m)	Delik aralığı (m)	Delik sıra sayısı	Şarj (her delik) (kg)
0.30	0.20	0.30	1	0.050
0.40	0.30	0.30	1	0.100
0.50	0.40	0.35	2	0.085
0.60	0.45	0.35	2	0.125
0.70	0.55	0.35	2	0.170

6.4. Döşemeler

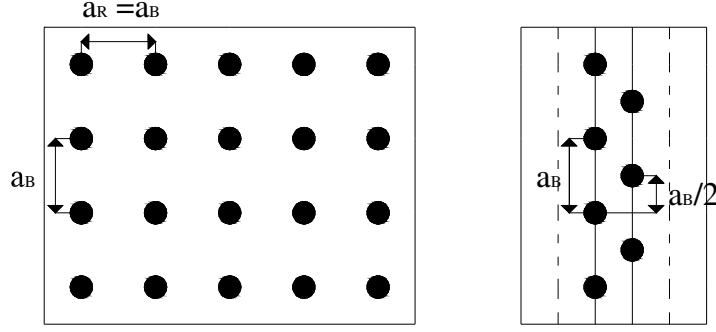
Döşemeler betonarme yapı elemanlarıdır. Zemine veya köprü kirişleri üzerine dökülen döşemeler beton olabilir. Döşemeleri patlatmak için iki yöntem vardır.

- Tamamen kırılmayı sağlamak için yapılan patlatma.
- Döşemede yarık açmak için yapılan patlatma

İlk durum hem donatılı hem de donatısız beton döşemelerde uygulandığı gibi ikinci durum daha çok donatılı betonlarda kullanılır. Bu yöntemle yarık açıldıktan sonra donatılar kesilir. Tablo 6.7’de tavsiye edilen delik geometrisi, delik uzunlukları ve patlayıcı miktarları gösterilmiştir. Şekil 6.4’te döşemelerin patlatılmasında önerilen patlatma paterni verilmiştir.

Tablo 6.7: Farklı Kalınlıklardaki Döşemelerde Delik Özellikleri

Malzeme	Kalınlık (cm)	Delik uzunluğu (cm)	Delik geometrisi $a_R \times a_B$	c (kg/m ³)
Donatısız beton döşeme	30	20	30 x 30	0.3 – 0.5
	40	25	40 x 40	0.3 – 0.5
	50	35	50 x 50	0.3 – 0.5
Donatılı beton döşeme	30	20	20 x 20	0.5 – 0.7
	40	30	30 x 30	0.5 – 0.7
	50	40	35 x 35	0.5 – 0.7



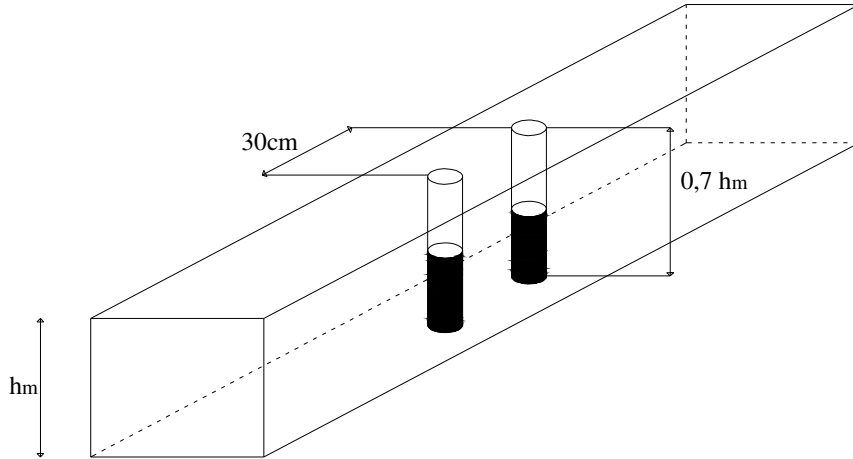
Şekil 6.4 : Döşemelerin Patlatılmasında Önerilen Patlatma Paterni

6.5. Kirişler

Kirişler yapılarda betonarme veya çelik elemanlardır. Yapılardaki kirişlerin patlatılarak yıkılmasında iki hedef vardır.

- Kesilme noktasını mafsallık haline dönüştürmek.
- Patlamanın sonraki aşamaları için malzemedeki kırılmayı sağlamak

Kirişlerin patlatılmasında kesim bölgesinde delikler arası mesafe 30 cm olacak şekilde iki patlayıcı deliği düşey olarak açılır. Kiriş genişliği az ise tek sıra olarak açılan deliklerin boyu kiriş genişliğinin 0.7 katıdır. Burada delik boyunun yarısı patlayıcı ile doldurulurken kalan uzunluk sıkılama için kullanılır (Şekil 6.5). Patlayıcı katsayıları beton dayanımına, malzeme yapısına ve donatı oranına bağlı olarak 0.6 ile 0.8 kg/m³ arasında değişebilir.



Şekil 6.5 : Kirişlerde Açılan Delikler

6.6. Çatılar

Burada söz edilen çatılar betonarme döşeme ve kabuklardır. Bu tür yapılar yüksek dayanımlı ve sık donatılı olurlar. Yapıların patlatılmasında yardımcı olmak amacıyla aşağıda bir tablo verilmiştir.

Tablo 6.8: Betonarme Döşeme ve Kabuklara Ait Patlatma Değerleri

Kalınlık (cm)	20	30	40	50
Delik uzunluğu Hm (cm)	15	20	30	2/3 Hm
Delik geometrisi (cm)	30 x 30	30 x 30	30 x 30	50 x 50
c (kg/m ³)	0.5 – 0.7	0.5 – 0.7	0.5 – 0.7	0.5 – 0.7

Tablo 6.8’de verilen değerler malzeme kalitesine ve donatı oranına bağılı olarak değıştirilebilir.

7. PATLATILAN YAPILARIN YIKILMA ŞEKİLLERİ

Patlatıcı ile yıkım işinde yıkılacak yapının patlatma sırasındaki davranışı çok önemlidir. Yapının rijit olduğu kabulüyle, patlatma sırasında nasıl hareket edeceği, ne yöne yıkılacağı gibi cevap bulması gereken önemli sorular vardır. Patlatılacak binanın yıkılmasında üç farklı yöntem vardır. Bunlar:

- Yapının kendi içinde çökerek oturduğu alan üzerine yıkılması.
- Yapının belli bir yöne doğru devrilerek yıkılması. Bununda iki ayrı biçimi olmaktadır.
 - Yapının belli bir yöne devrilmesini sağlayarak yıkma
 - Yapının devrilme mesafesini kısa tutmak amacıyla belli bir yöne devrilirken kendi içinde de çökmesini sağlamak.
- Yapının parçalı olarak patlatılarak yıkılması

Bu yıkım yöntemlerinden birisine karar verirken incelenmesi gereken bazı özellikler vardır [2]. Bunları aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- İlk olarak yıkılacak yapının çevresinin durumu incelenmelidir. Yapının yıkılabileceği kadar büyük boş bir alan olup olmadığı, yakın çevrede yapı bulunup bulunmadığı, varsa yıkılacak yapıya uzaklığı belirlenmelidir.
- Çevrede bulunan, patlatmadan etkilenebilecek yapılar varsa bunlar hakkında geniş bilgi toplanmalıdır.
- Çevrede bulunan yollar, bu yolların trafik durumu, enkazın nereden nasıl kaldırılacağı, patlatma sırasında kapatılması gereken yollar tespit edilmelidir.
- Patlatılacak yapının altında veya çevresinde bulunan bütün altyapı tesisleri; su ve kanalizasyon şebekesi, gaz dağıtım hattı, yer altı elektrik ve haberleşme hatları, metro veya karayolu tünelleri belirlenmelidir.
- Patlatma sırasında yaya ve araç trafiğinin nasıl kesileceği belirlenmeli, gerekiyorsa alternatif yol güzergahları araştırılmalıdır.

Bütün bu incelemeler yapıldıktan sonra, yapı özellikleri ve boyutları da dikkate alınarak yapının yıkılması için yukarıda belirtilen yöntemlerden birisi seçilebilir.

7.1. Yapının Kendi İçinde Çökmesi

Patlayıcıyla yapı yıkımında en masraflı ve karışık yöntem yapının patlatılması sonucu kendi içinde çökmesidir. Yapının kendi içinde çökmesi oldukça karışık ve zahmetli hesaplamalar sonucu planlanmaktadır. Yapıların kendi içlerinde çökerek yıkılmaları diğer yöntemlere göre çok pahalıdır, ancak özellikle şehir merkezlerindeki binalarda olduğu gibi, yapıya komşu ve gerekli büyüklükte boş bir alan bulunamadığında yapının kendi içinde çökmesinden başka çözüm yoktur. Çevrede bulunan yapıların taş savrulması risklerine karşı korunması için de yapı yıkımı kendi içinde çökme şeklinde yapılabilir.

Yapının kendi içinde yıkılması söz edildiği gibi zor koşullarda yapılıyorsa elbette patlatma ile yıkım büyük riskler taşımaktadır. Bu risklerin başında yapının gerçekten planlandığı gibi kendi alanı içinde çöküp çökmeyeceği gelmektedir. Bunun için önceden planlamalar yapılmalı yapının yıkım sırasındaki davranışı adım adım incelenmelidir. Yapılan hassas planlamalar sonucunda yapının alanı dışına devrilmeden, kendi içinde çökeceğine karar verilirse, bu planlar doğrultusunda patlatma hazırlıklarına başlanır.

Çerçeve sistemlerden oluşan bir yapının planlanan patlatma sonrasında nasıl davranacağı, hangi şekilde deplasman yapacağı bazı statik hesaplamalar sonucu öngörülebilir. Bu konuda bir fikir vermesi amacıyla bu statik hesaplama yönteminde izlenen yol hakkında aşağıda bilgi verilecektir [24]:

- İlk olarak yıkılması planlanan yapının planları temin edilir, eğer planlara ulaşılamıyorsa; yapının planları çıkartılmalı, malzeme durumu ve donatı miktarı tespit edilmeye çalışılmalıdır.
- Yapı kendi ağırlığı altında çözülmeli bütün taşıyıcı elemanlara gelen iç kuvvetler bulunmalıdır.
- Yapıyı oluşturan bütün kolon, kiriş ve perdelerin plastikleşme momentleri hesaplanır.
- Yapının kendi yükleri altındaki deplasmanı bilgisayar yardımıyla görülür.
- Yapının kendi içinde yıkılması için aşağıdan yukarıya doğru kolonlardan başlayarak taşıyıcı elemanlar, tespit edilen milisaniye gecikme elemanları yardımıyla patlatılır. Yapının kendi içinde göçmesi için zemin katta yapının merkezine yakın

bulunan ve en büyük iç tesirleri bulunan kolonların patlatılması ile işleme başlanabilir.

- Yapının kendi içinde çökmesi için yapıdaki kolon, kiriş, perde ve döşeme gibi taşıyıcı elemanların hangilerinin patlatılacağına karar verilir. Daha sonra her aşamada yani her gecikmede, birlikte patlatılacak yapı elemanları belirlenir. Genellikle bir kattaki benzer yapı elemanları aynı gecikme zamanında patlatılır.

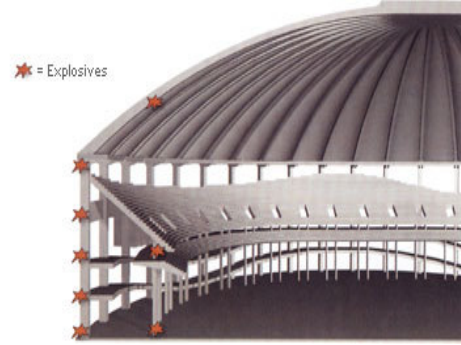
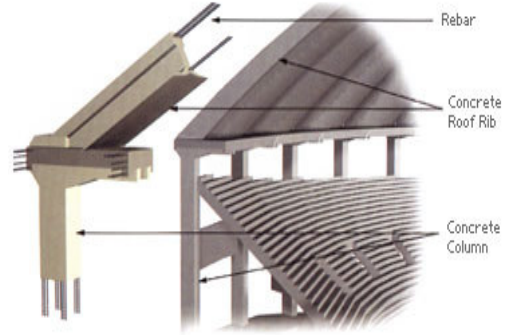
Yapıların kendi içlerinde çökmeleri istendiğinde yapılan hesaplar ile çökmenin evreleri adım adım izlenmelidir. Bunun için olacak çökmeler önceden modellenmelidir. Böylece yıkımın ne şekilde gerçekleşeceği öngörülebilir. Bunun için kullanılabilecek bir yöntemin adımları aşağıda görülmektedir:

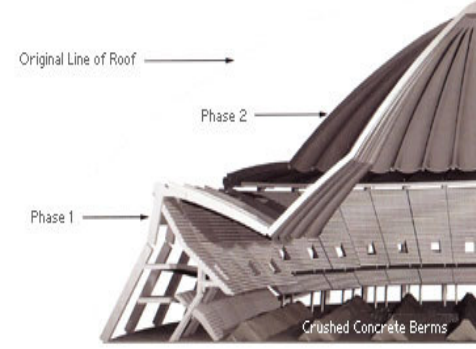
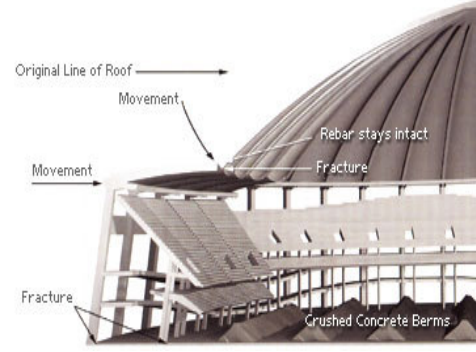
- Birinci aşamada patlatılan yapı elemanlarının yıkılması, bunların elastisite modülü değerlerinin sıfıra eşitlenmesi ile modellenir.
- İlk aşamada patlatılan yapı elemanlarının elastisite modülleri sıfır alınarak, yapı tekrar çözülür ve yapıdaki iç kuvvetler incelenir.
- Oluşan durumlar sonucu yapının deplasmanı incelenir.
- Yapı elemanlarının hesaplanan plastikleşme momentleri ile patlatma sonrası çözülen sistemdeki momentler karşılaştırılır. Plastikleşme momentini aşan değerlerin daha fazla yük taşıyamayacağı düşünülür.
- Plastikleşme momentini aşan kesitler, bu noktada mafsallar tanımlanıp o kesitlere ait plastikleşme momentleri dış yük olarak verilerek modellenir.
- Mafsalların tanımlanması ve ikinci aşamada patlatılacak yapı elemanlarının elastisite modüllerinin sıfıra eşitlenmesi ile işlemler tekrar edilir.
- Oluşan son durumdaki deplasman incelenir.

Bu işlem son patlatma aşaması bitinceye kadar sürdürülür. Bunun sonucunda yapının deplasmanı incelenir. Eğer yapı istenilen şekilde mekanizma durumuna geçerse, yani artık yapının yıkılması için hiçbir engel kalmamışsa ve yapı kendiliğinden yıkılmaya başlamışsa işlem başarılı olarak tamamlanmıştır (Şekil 7.1).

Yapılan bu hesaplamalar sonucunda yapının patlatılması düşünülen yapı elemanları yardımıyla, mekanizma durumuna geçip geçemeyeceği ve çökmenin hangi şekilde olacağı önceden modellenmiş olur. Böylece patlatma sırasında meydana gelebilecek istenmeyen sonuçlar kontrol altına alınabilir.

Bu işlemlerin yapılması özellikle çok katlı ve karmaşık yapılarda oldukça zordur. Hesapların yapılmasında bilgisayar kullanılması ve kullanılan programların gün geçtikçe gelişmesi bu aşamada hesapları yapan mühendisin en büyük yardımcısıdır.





Şekil 7.1 : Yapının Kendi İçinde Çökmesi

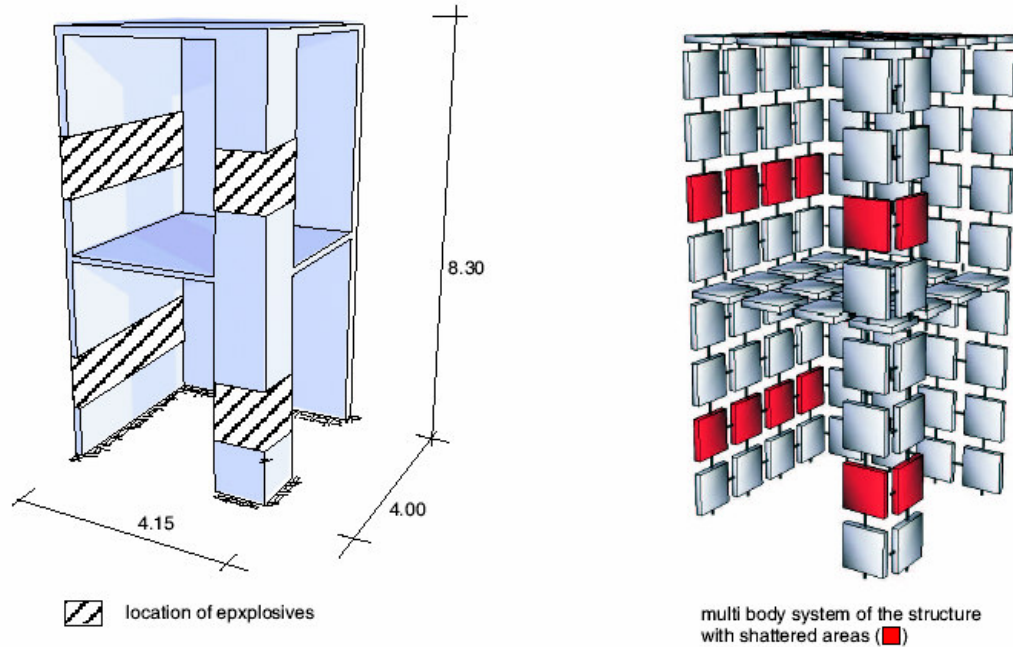
Bu yöntemle, yıkımın önceden modellenmesi yapının belli bir yöne devrilerek yapılan yıkım problemlerinde de oluşturulmalıdır. Böylece her ne kadar risk daha az olsa da patlatma ile yıkımın istenilen şekilde yapılıp yapılamayacağı önceden belirlenir. Patlatma ile yıkımda emniyet çok önemlidir. Dolayısıyla önceden yapılan çalışmalar ile riskler olabildiği kadar azaltılmalıdır.

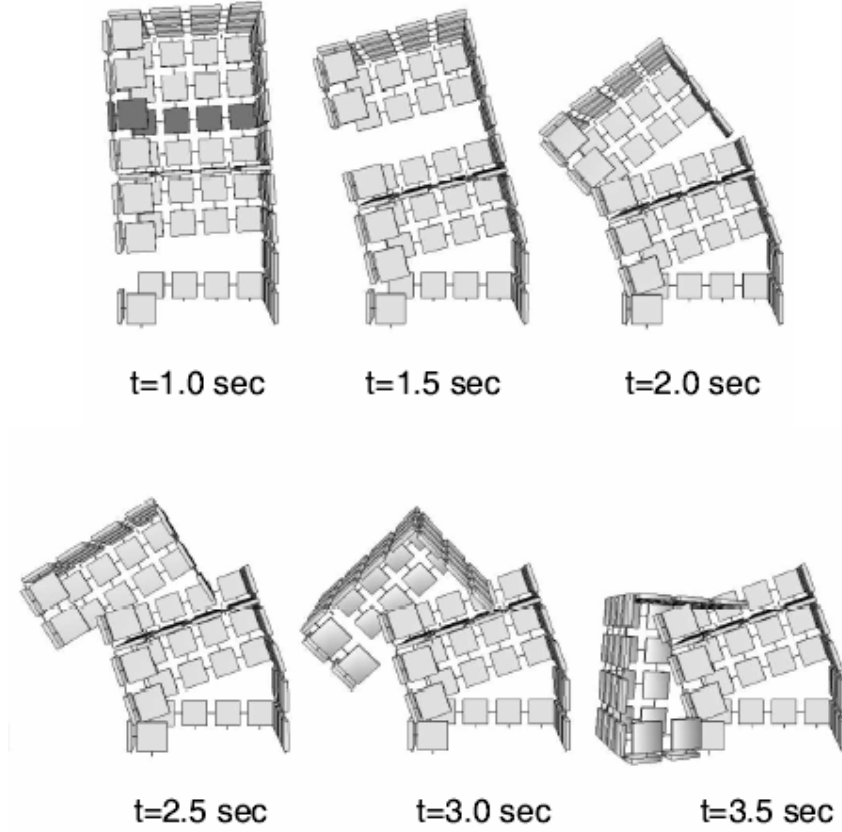
7.2. Yapının Belli Bir Yöne Devrilmesi

Bu yöntem de kendi içinde iki ayrı biçimde yapılabilmektedir. Yukarıda da söz edildiği gibi yapı sadece yana devrilerek yıkılabileceği gibi yana devrilirken kendi içinde de çökmesi sağlanabilir.

7.2.1 Yapının Yana Devrilmesi

Yapı yıkımında uygulanan en ekonomik ve basit yöntem yapının yana yatarak devrilmesidir (Şekil 7.2). Yıkılacak yapının çevresinde yapının devrilmesi için yeterli büyüklükte boş bir alan varsa bu yöntemi tercih etmek akıllıca olacaktır. Yapının yanında bulunan boş alan yapının devrilmesi sonucu oluşacak enkazın üzerine yayılabileceği kadar büyük olmalıdır. Bu alan üzerinde ve altında zarar görebilecek bir nesne olmamalıdır. Çevredeki binaların yıkılacak binaya göre konumları ve uzaklıkları saptanmalıdır. Oluşacak taş savrulmaları, titreşimler, hava şoku ve tozun çevredeki yapılara etkileri hesaplanmalı gerekiyorsa, ayrıca özel koruma önlemleri alınmalıdır.





Şekil 7.2 : Yapının Yana Devrilmesi

Bütün şartlar uygun olduktan sonra sıra yapının yana yatarak devrilmesini sağlamaya gelir. Bunun için bir dizi hesaplama yapılması gerekir. Yapının belli bir yöne devrilmesi büyük önem taşımaktadır. Rijit bir yapının devrilmesi, yapı ağırlık merkezinin izdüşümünün yapı alanının dışına çıkması ile mümkün olmaktadır. Patlatma sonrası yapı ağırlık merkezi izdüşümü yapı alanı dışına çıkmazsa, yapı yan yatabilir fakat devrilmez. Burada en önemli nokta yapı ağırlık merkezinin yerinin ve yapının temel özelliklerinin belirlenmesidir [28].

Yapı birçok elemandan oluşur. Bunların başında döşemeleri, kirişleri, kolonları, duvarları ve iç mimari ile ilgili birçok yapı elemanını sayabiliriz. Yapının asıl ağırlığını oluşturan döşemeler, kirişler, kolonlar ve duvarlar düzgün geometrik şekillere sahip oldukları için, bunların hacimlerinin ve özgül ağırlıkları ile çarpımları sonucu, ağırlıklarının bulunması kolaydır. Burada dikkat edilmesi gereken yapı elemanlarının özgül ağırlıklarını doğru tespit edebilmektir. Yapının patlatma düzlemi üstünde kalan, devrilecek bölümünün ağırlık merkezi doğru olarak belirlenmelidir.

Ağırlık merkezinin koordinatları, yapılacak hesaplamalarda kullanılacağı için hassas hesaplamalar sonucu bulunmalıdır.

Yapının devrilmesi, ağırlık merkezi izdüşümünün yapı alanı dışına çıkması, bu da patlatma düzleminin altında veya üstünde planlanan kama ile bir patlatma boşluğu yaratılması sonucu mümkün olur. Doğru kama geometrisinin seçilmesi binanın devrilmesi için çok önemlidir. Devrilen yapı elemanı rijit bir kütle olarak kabul edilir. Tuğla yapılar patlatıldığında, patlatmadan hemen sonra yerçekiminin etkisiyle bina parçalanır. Günümüzde betonarme binalar eğilme ve çekme gerilmeleri de taşıdıkları için kimi zaman yan yatmalarına rağmen şekillerini korumaktadırlar. Bu tür yapılarda parçalanma, yapı elemanları birbirlerine veya yere çarptıklarında olmaktadır. Özellikle bu tür betonarme yapılarda tamamen devrilme çok önemlidir.

Örme duvarlardan oluşan yapılar, patlatmadan hemen sonra yerçekimi nedeniyle devrilip zemine çarparak parçalanmaktadır. Betonarme yapılar ise devrilirken dahi rijitliğini korumakta ve ancak yere çarptıklarında parçalanmaktadır. Özellikle bu tür yapılarda patlatmanın başarısı açısından kama geometrisinin çok iyi hesaplanması gerekmektedir. Yapının belli bir yöne devrilmesi için yapılan patlatma işleminde kullanılan 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 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.

Yapılan kama geometrisi hesaplarında aşağıdaki kısaltmalar kullanılmaktadır.

G: Patlatma düzlemi üzerinde olan ve dönme eksenini oluşturan mafsallar.

S: Patlatma düzlemi üzerinde kalan yapının ağırlık merkezi.

x: Yapının ağırlık merkezi izdüşümünün devrileceği köşeye yatay uzaklığı.

y: Yapının ağırlık merkezinin patlama düzlemine düşey uzaklığı.

e: Eksantriklik oranı, devrilme ekseninin ağırlık merkezi izdüşümüne olan yatay uzaklığı.

M: Patlatılacak kama yüksekliği.

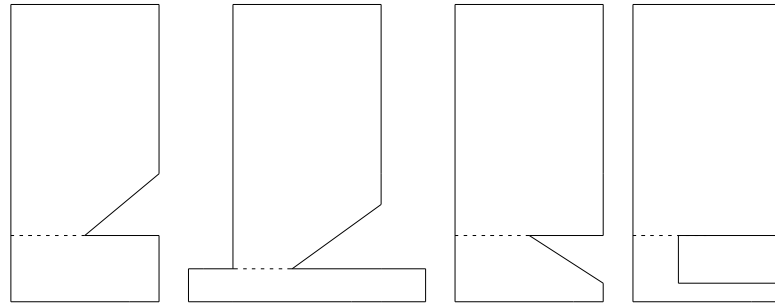
m: Patlatılacak kama yüksekliğinin x'e oranı (M/x)

δ : G mafsallından geçen, patlatma düzlemine dik olan doğru ile G mafsalı ve S ağırlık merkezi arasında çizilen doğru arasındaki açı

ϕ : Yapının ağırlık merkezinin devrilme sırasında kat ettiği açı.

Rijit bir yapının patlatmayla devrilerek yıkılması için 4 temel kama tipi mevcuttur (Şekil 7.3). Bunlar aşağıda sıralanmıştır.

- 1. Tip kama: Kama patlatma düzleminin üstünde üçgen şeklinde açılır. Devrilen yapı engelsiz biçimde yapının temelini dışında hareket edebilir.
- 2. Tip kama: Kama patlatma düzleminin üstünde üçgen şeklinde açılır. Devrilen yapı patlatma düzleminde (temel, beton, zemin vs.) desteklenir.
- 3. Tip kama: Kama patlatma düzleminin altında üçgen şeklinde açılır.
- 4. Tip kama: Kama patlatma düzleminin altında dörtgen şeklinde açılır.

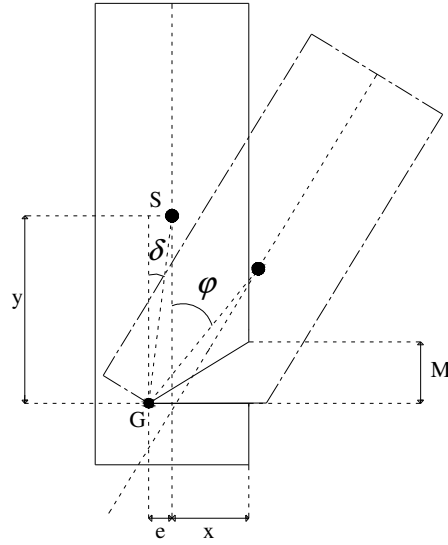


Şekil 7.3 : Kama Şekilleri

7.2.1.1. Birinci Tip Kama

Bu genelde en sık kullanılan kama tipidir. Patlatılacak kama patlatma düzleminden yukarı doğru üçgen şeklinde açılmaktadır. Devrilen yapı, temelin dış kısmına doğru herhangi bir engel olmadan yatar. Bu kama şeklinde, zemin seviyesinden veya bir çalışma platformundan belli yükseklikte devrilme yarıkları açılır. Oluşturulması düşünülen kama alanı içindeki taşıyıcı elemanlarda patlatma delikleri açılır ve

doldurulur. Yapı devrilirken kamanın üst kenarı, patlatma düzlemine ve patlatma düzlemi altındaki yapının dış kenarına çarpar. Bu sırada yapının ağırlık merkezinin izdüşümü yapı alanının dışına taşmış ise devrilme koşulu gerçekleşir ve yapı hareketine devam ederek yıkılır. Bunun gerçekleşebilmesi için kama açısının en az devrilen yapının dönme açısı (φ) kadar olması gerekir. Bu şekilde φ açısının belirlenmesi ile problem çözülmüş olur (Şekil 7.4).



Şekil 7.4 : Birinci Tip Kama

Patlatılacak yapıda kama geometrisi belirlenmeden yapının ağırlık merkezinin (S) ve devrilme mafsallarının (G) koordinatlarının belirlenmesi gerekir. S ve G noktalarının yapı üzerindeki koordinatları belirlendikten sonra δ açısı ve G-S arası mesafe bulunur. G-S arasındaki mesafe devrilme sırasında S ağırlık merkezinin üzerinde hareket ettiği yayın yarıçapıdır.

$$\delta = \arctan (e/y), R = \sqrt{e^2 + y^2}$$

Geometrik devrilme koşulunun denklemsel ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$\sin(\delta + \varphi).R = e + x$$

Bu denklem aranılan φ sayısına göre çözülürse, aşağıdaki şekli alır.

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

Burada bulunan φ açısı yardımıyla aşağıdaki formül kullanılarak aranılan kama yüksekliği (M) kolayca bulunabilir.

$$M = (e + x) \tan \varphi \quad (7.1)$$

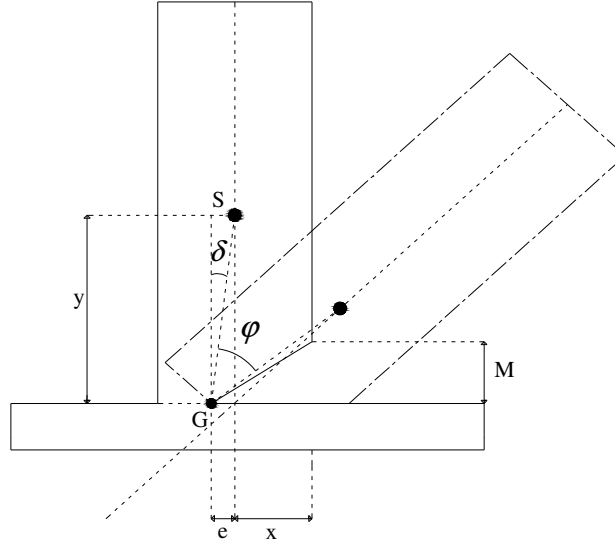
7.2.1.2. İkinci Tip Kama

Bu kama şeklinde de patlatma düzleminden yukarı doğru üçgen şeklinde bir kama açılır. Buradaki farklılık üst yapının oturduğu alanın altında, daha geniş bir alana yayılan alt yapının (yapıdan geniş bir bodrum, otopark, kalın beton zemin vs.) olmasıdır (Şekil 7.5). Bu alt yapı devrilecek üst yapıya destek olur. Şekil 7.4 ve 7.5 karşılaştırıldığında birinci ve ikinci tip kamalar arasındaki fark görülür. Her iki şekilde de patlama düzlemi üzerinde kalan üst yapılar aynıdır. Şekil 7.4'te yapı yan yattığında, ağırlık merkezinin yapı alanının dışına çıkması ile yapı devrilir. Oysa Şekil 7.5'te yapı kama açısı kadar döndüğünde ağırlık merkezinin izdüşümü, geniş alt yapıya temas eden kama üst yüzeyinin sınırları içinde kalır ve devrilme gerçekleşmez. Bu durumda yapı tam olarak devrilmeyip yan yatar. Devrilmenin tam olarak gerçekleşebilmesi için kama yüksekliğinin artırılması gerekir. Burada kama yüksekliği aşağıdaki şekilde bulunan φ devrilme açısının Formül 7.1'de yerine koyulması ile hesaplanır.

$$\sin(\delta + \varphi).R = (e + x) / \cos \delta / \varphi \quad (7.2)$$

$$\tan(\delta + \varphi) = \frac{y - \sqrt{y^2 - 4x - 4.e.x}}{2(e + x)}$$

$$M = (e + x) \tan \varphi$$



Şekil 7.5 : İkinci Tip Kama

7.2.1.3. Üçüncü Tip Kama

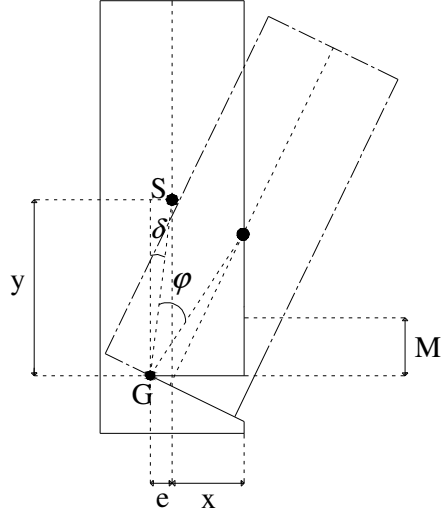
Bu tip kamalar patlatma düzleminin altında üçgen şeklinde açılırlar. İkinci tip kamada görüldüğü gibi kamanın üst yüzeyinin, destek yüzeyini oluşturmasından dolayı yapının devrilmesinde önemli rolü vardır. Kamanın patlatma yüzeyinin altında üçgen şeklinde açılması ile kama üst yüzeyi, oluşan dik üçgende yatay dik kenar olduğu için daha az bir yüzey alanına sahip olacaktır (Şekil 7.6). Destek yüzeyinin azalması ile kama yüksekliği de küçülecektir.

Yapının φ açısı kadar dönmesinden sonra destekleme kamanın üst kenarı tarafından sınırlanır. Kamanın üst kenarı dönme merkezinin konumu nedeniyle dönme sırasında gittikçe daha çok yapı içine doğru hareket eder. Böylece devrilme koşulu, ağırlık merkezinin izdüşümü henüz yapı alanında iken gerçekleşmiş olur. Burada gerekli kama yüksekliği aşağıdaki şekilde bulunur.

$$R.\sin(\delta + \varphi) = (e + x).\cos \varphi \quad (7.3)$$

Formül 7.3'ü φ' ye göre çözersek ve bulunan $\tan \varphi = x/y$ değerini $M = (e + x) \tan \varphi$ formülünde yerine koyarsak aşağıdaki eşitlik bulunur.

$$M = \frac{e.x + x^2}{y}$$

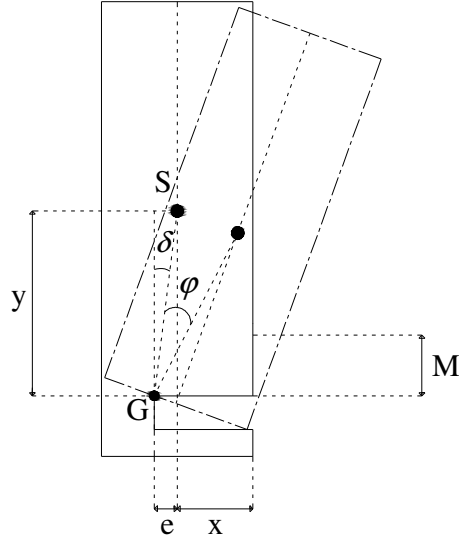


Şekil 7.6 : Üçüncü Tip Kama

7.2.1.4. Dördüncü Tip Kama

Bu tipte kama patlatma düzleminin altında dörtgen şeklinde açılır. Üçüncü tip kamada olduğu gibi, kamanın üst kenarı dönme merkezinin konumu nedeniyle dönme sırasında gittikçe daha çok yapı içine doğru hareket eder. Bu nedenle yapı ağırlık merkezi izdüşümü henüz yapı alanı dışına çıkmadan yapı devrilir ve kama yüksekliği daha az olur. Dördüncü tip kamada devrilme sırasında alt yapıya temas eden kama yüzeyi üçüncü tipten çok daha az olduğu için yapının devrilmesi daha kolay olur (Şekil 7.7). Burada kat edilmesi gereken φ açısı üçüncü tip kama ile aynıdır. Dolayısıyla kama yüksekliği de daha az olur. Kama yüksekliği dördüncü tip kamada aşağıdaki şekilde bulunur.

$$M = \frac{e \cdot x + x^2}{y \sqrt{1 + \left(\frac{x}{y}\right)^2}} \quad (7.4)$$

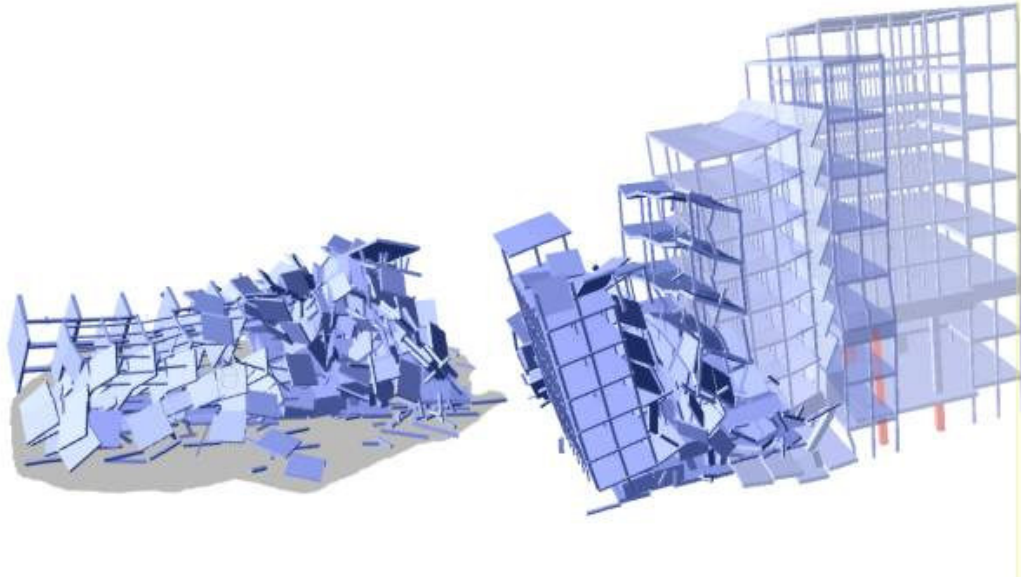


Şekil 7.7 : Dördüncü Tip Kama

7.2.2. Yapıların Devrilirken Kendi İçlerinde Çöktürülmesi

Yapıların patlatılarak yıkılmalarında, devrilerek yıkılmanın kendi içlerinde çökerek yıkılmalarından daha az masraflı ve karışık olduğundan söz etmiştik. Bu nedenle mümkünse yapı devrilerek yıkılmak istenir. Yapının çevresinde devrilmenin gerçekleşebileceği bir alan olduğunda, yapının bu alana devrilmesi düşünülür, fakat yapı eğer çok yüksekse devrileceği alan yapı enkazı için yeterli olmayabilir. İşte böyle durumlarda yapı devrilirken planlanan diğer patlatmalarla bazı üst katların da çökmesi sağlanabilir. Böylece devrilen yapının yüksekliği azalır.

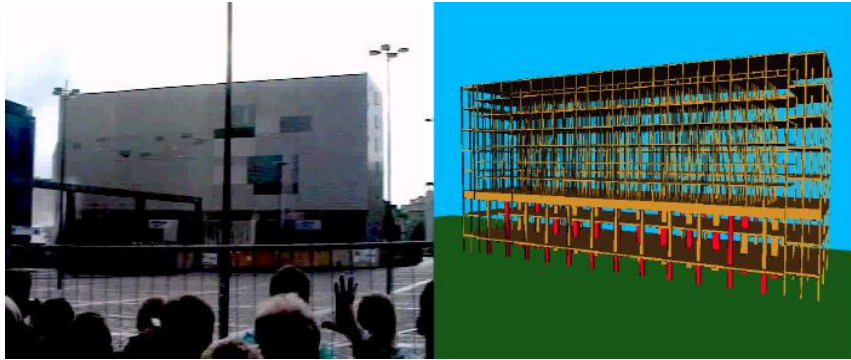
Yapının yüksekliğinin azaltılarak devrilmesi bu iş için gerekli alanın küçülmesini sağlarken aynı zamanda savrulan taşların kontrol altına alınmasını kolaylaştırır. Yapının daha az bir yükseklikle devrilmesi zemin sarsıntılarını azaltabileceği gibi toz oluşumunu da bir ölçüde azaltır. Yapının devrilirken kendi içinde yıkılmasında, kendi içinde çökme ve yana devrilme başlıkları altında söz edilen hesaplama yöntemleri birleştirilerek kullanılmalı ve hesaplar titiz bir şekilde kontrol edilmelidir.

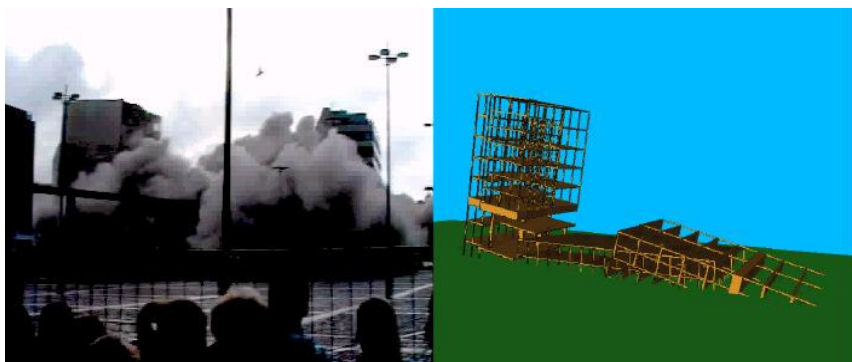
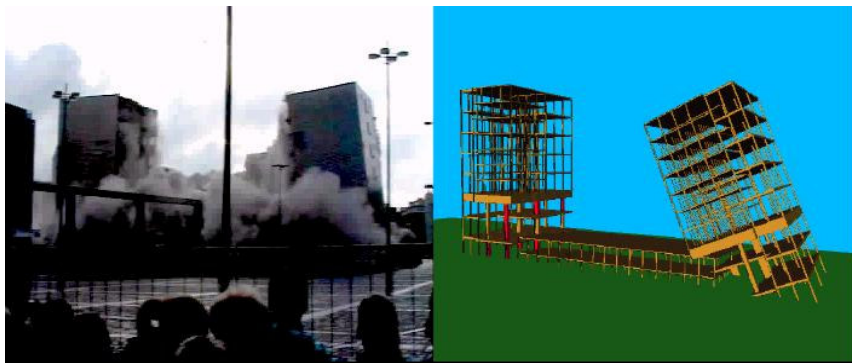
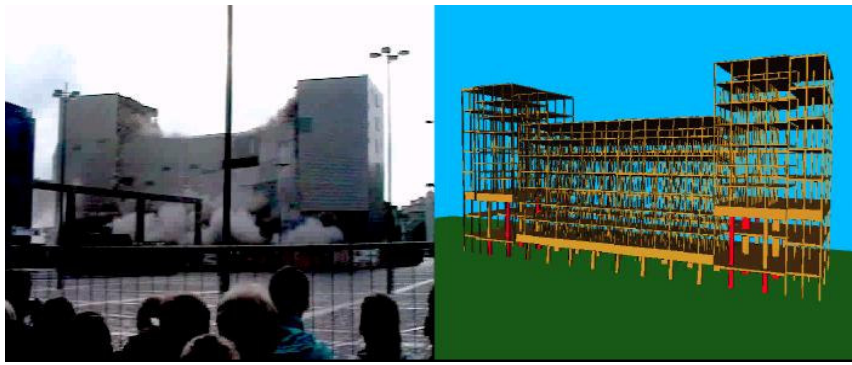


Şekil 7.8 : Yapının Devrilirken Kendi İçinde Çöktürülmesi

7.3. Yapıların Parçalı Olarak Patlatılarak Yıkılması

Bu yapı patlatma metodu, sık yapılar arasındaki orta yükseklikte ve geniş olan yapıların yıkılmasında tercih edilmektedir. Bu metot da patlatma küçük bölümler haline indirgenmiş patlayıcı madde miktarları ile yapılır. Şekilde şematik olarak ifade edilen yıkım çalışmasında görüldüğü gibi çevresel sınırlandırmalar nedeniyle bina parçalı halde yıkılmaktadır. Burada öncelikle orta kısım patlatma ile çökertilmekte sonrasında sağda kalan blok yıkılan orta bloğun üzerine devrilmekte en son olarak da soldaki blok diğerlerinin üzerine devrilmektedir.







Şekil 7.9 : Yapıların Parçalı Olarak Yıkılması

Parçalı yapı patlatmaları ile sağlanan avantajlar şöyle sıralanabilir;

- a) Titreşimler ve gürültü azaltılır,
- b) Toz emisyonu azaltılır
- c) Tek parçalı patlatmaya göre daha ekonomik bir sonuç alınmaktadır.

8. PATLAYICI İLE YAPI YIKIMI

Patlayıcı ile yapı yıkımda yapıların parçalanması patlamalardan daha çok yapı parçalarının birbirleri ve zeminle olan çarpışmasına dayanır. Patlayıcılar yalnızca yapıya düşme ivmesini vermek ve çöküşün tasarlanan mekanizmasını gerçekleştirmek için kullanılır. Yalnız yerçekiminden kaynaklanan bu potansiyel enerji, üst yapının çökme sırasında tamamen parçalanmasına yetmeyebilir ve üst yapının bir kısmı, parçalanmadan alt taraftaki parçalanmış kısmın üstüne yıkılabilir. Yıkım mekanizması oluşturulurken, bu olasılık ta göz ardı edilmemeli, gerekli önlemler alınmalıdır.

Bir yapının patlatmalı yıkım projesinin hazırlanması, titizlik, tecrübe ve bilgi birikimi gerektiren ön hazırlık evresi yoğun bir iştir. Yapının konumu, bulunduğu yerin özellikleri dikkate alınarak, delici, patlayıcı, ateşleyici, çeşitli elektronik aksamlar ve gerekli olan diğer aletlerin seçilerek, optimum bir şekilde, çevre üzerinde minimum etki yaratarak kullanılması gereklidir.

8.1. Güvenlik Önlemleri

Yapılar patlatılarak yıkılırken genel olarak yapının şekli ve boyutları ne olursa olsun alınması gereken bazı güvenlik önlemleri vardır. Bu önlemler, yapının bulunduğu yere göre değişebilir. Şehrin merkezindeki bir binanın patlatılmasında alınacak önlemler en üst seviyelere çıkarken boş bir arazideki endüstri yapısının yıkılmasında standart güvenlik önlemleri yeterli olabilir [2]. Yapı yıkımı sırasında alınması gereken genel güvenlik önlemleri şunlardır:

- Gerekli merkezlerden izin alınmalıdır.
- Kullanılacak patlayıcılar, kanun ve yönetmeliklerde belirtilen özel güvenlik önlemleri alınmış depolarda saklanmalıdır.
- Patlayıcıların yerleştirilmesi uzman ve sertifikalı ateşleme ustaları tarafından yapılmalıdır.
- Patlayıcıların taşınmasına gereken özen gösterilmelidir.

- Savrulan parçaları önlemek için patlayıcı yerleştirilen yapı elemanları özel malzemelerle kaplanmalıdır.
- Çevrede zarar görebilecek alt yapı tesisleri varsa, gerekirse üstleri çelik levhalarla, toprakla veya kumla kaplanarak önlem alınmalıdır.
- Yakındaki yapılarda oluşabilecek zararlara karşı titreşim ölçümleri yapılmalı ve önceden önlem alınmalıdır.
- Yakında bulunan zarar görebilecek yapılar çelik levhalar, kontrplaklar ve özel örtüler yardımıyla kaplanarak patlamadan zarar görmeleri önlenmelidir.
- Özellikle yüzey patlayıcılarının kullanıldığı patlamalarda savrulan parçacıklar ve hava şoku ile ilgili önlemler alınmalıdır.
- Patlama öncesinde ve patlama sırasında tozu engellemek için yapı ve çevresi sulanmalıdır.
- Patlama sırasında yıkımdan etkilenebilecek yollar varsa, trafik polis yardımıyla geçici bir süre (en azından patlama süresince) durdurulmalıdır. Gerekirse trafik alternatif güzergahlara yönlendirilmelidir.
- Çalışmalar sırasında uygun bir uyarı sistemi belirlenmeli ve tüm personel bu konuda bilgilendirilmelidir.
- Çevrenin güvenliği için polis ile birlikte çalışılarak güvenlik şeridi oluşturulmalı ve bu şerit içine görevliler dışında kimsenin girmemesi sağlanmalıdır. Yıkılacak yapı çevresinde ayrıca güvenlik bölgesi oluşturulmalı ve özellikle patlayıcılar yerleştirildikten sonra yapıya giriş çıkışlar sıkı denetim altında tutulmalıdır.
- Oluşabilecek yangın tehlikesine karşı itfaiyeye haber verilmeli ve patlatma sırasında bir itfaiye aracının bölgede beklemesi sağlanmalıdır.
- İstenmeyen bir yangın olduğunda uygulanacak planlar önceden yapılmalı ve itfaiye ile koordine kurulmalıdır.
- Patlatmadan önce sesli anons yapılarak çevrenin boşaltıldığından emin olunmalıdır.
- Herhangi bir problem durumunda kullanılacak kaçış yolu önceden belirlenmelidir.
- Tüm operasyonun önceden planlandığından ve tüm personelin uygulanacak prosedürleri bildiğinden emin olunmalıdır.

Yukarıda da söz edildiği gibi yapının konumuna göre bu önlemler artırılabilir. Özel yıkımlarda, örneğin bir nükleer santralin veya kimyasal tesisin patlatılarak yıkılmasında bunlara ilaveten çok daha özel güvenlik ve koruma tedbirlerinin alınması gerekebilir.

8.2. Farklı Yapı Türlerinin Patlatma ile Yıkılması

8.2.1. Binaların Yıkılması

Deprem sonrası kullanılamayacak durumda yüzlerce hatta binlerce bina ortaya çıktığı düşünüldüğünde, bunların ortadan kaldırılması için en uygun yöntem patlayıcı kullanmaktır. Patlayıcı yardımıyla yıkımlar hızlı bir şekilde yapıp şehirlerin yeniden yapılandırılması hız kazanır. Yapılan çalışmadan da görüldüğü gibi bu konu birçok uzmanlık alanında bilgi sahibi olmayı gerektiren bir ekip çalışmasıdır. Dolayısıyla şu ana kadar, yapıların patlayıcılarla yıkılması için bilinmesi gereken konular hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.

Binaların patlatılarak yıkımında temel amaç, yapının belirli yerlerindeki taşıyıcıları patlayıcılarla kırarak yapının kendi ağırlığı ile devrilmesini veya çökmesini sağlamaktır. Yapı patlayıcıların ve birbirine çarpmanın etkisi ile parçalanacaktır [1,7,11].

Binaların patlatılmasında kesin yıkım yöntemlerinden söz etmek zordur. Çünkü her bina; planları, boyutları, malzeme cinsi kalitesi ve çevre koşulları açısından birbirinden farklılıklar gösterir. Yıkılacak binaları üç ana grupta incelemek mümkündür.

- Yığma binalar
- Betonarme binalar
- Çelik binalar

Ülkemizde bulunan binalar genellikle yığma ve betonarme binalardır. Çelik bina yok denecek kadar azdır. Çelik yapılar ancak sanayi yapılarında görülmektedir. Bunlar da genellikle tek katlı basit yapılardır.

Yığma yapılar ise bazı örnekleri dışında ülkemizde genellikle 1–2 katlı inşa edilmiş yapılardır. Böyle küçük yapılar patlatma yerine geleneksel metotlarla daha kolay yıkılabilir. Tüm bu nedenlerden dolayı burada ağırlıklı olarak betonarme binaların yıkımı anlatılacak, bunun yanında yığma yapılar ve çelik yapıların yıkılmasında kullanılan ana yöntemlerden söz edilecektir.

8.2.1.1. Betonarme Binaların Yıkılması

Betonarme binalar taşıyıcı sistemi oluşturan kolon, perde, kiriş ve döşemelerin yanı sıra farklı özelliklerde bölme duvarlardan oluşurlar. Bu tür yapılarda patlatma ile yıkımın esası zemin kattaki taşıyıcı elemanların yıkılması ve böylece yapıya devrilme ivmesinin verilmesidir.

Yapı yıkımına karar verildiğinde yapılacak ilk iş, yapının bulunduğu alanın gezilerek yapının yıkım şekline karar vermektir. Daha önceden anlatıldığı gibi yapının kendi alanına mı yoksa yanındaki boş bir alana mı yıkılacağına karar verilir. Bu kararda yapının boyutları, çevresindeki yapıların uzaklıkları ve özellikleri, trafik durumu gibi etkenler dikkate alınmalıdır.

Binanın yıkım şekline ve yönüne karar verdikten sonra binanın projeleri incelenmelidir. Projeler mutlaka binada birebir kontrol edilmeli sonradan yapılan değişiklikler proje üzerinde düzeltilmelidir. Özellikle binanın kendi içinde göçerek yıkılması planlanmışsa projeler çok önemlidir. Projeler bulunamazsa zahmetli bir çalışma sonucu ölçüler alınarak proje oluşturulmaya çalışılmalıdır.

Projelerin temin edilmesinin ardından binanın, özellikle patlatılması düşünülen yapı elemanlarındaki beton dayanımları, beton testleri yapılarak belirlenmelidir (Şekil 8.1).



Şekil 8.1 : Kolonda Yapılan Test Patlatması

Bir sonraki aşamada yapının istenilen şekilde yıkılması için hangi taşıyıcı elemanların yıkılacağına karar verilmelidir. Yıkım sırasında genellikle en büyük iç tesirlerin etki ettiği taşıyıcı elemanlar seçilir. Seçilen elemanların yapının dış cephelerine komşu olmamaları istenir. Böylece parça savrulması ve ses daha iyi

kontrol altına alınabilir. Taşıyıcı elemanların patlatılması en alt katta yapılır. Fakat bunun sonucu üst yapıdaki katların bir bölümü birbirlerine ve yere çarpma anında tam olarak parçalanmadan kalabilirler. Bu da patlatma sonucu ekstra çaba ve maliyete yol açar, bunun olmaması için özellikle yüksek yapılarda belirlenen üst katlardaki taşıyıcı elemanlar da patlatılmalıdır.

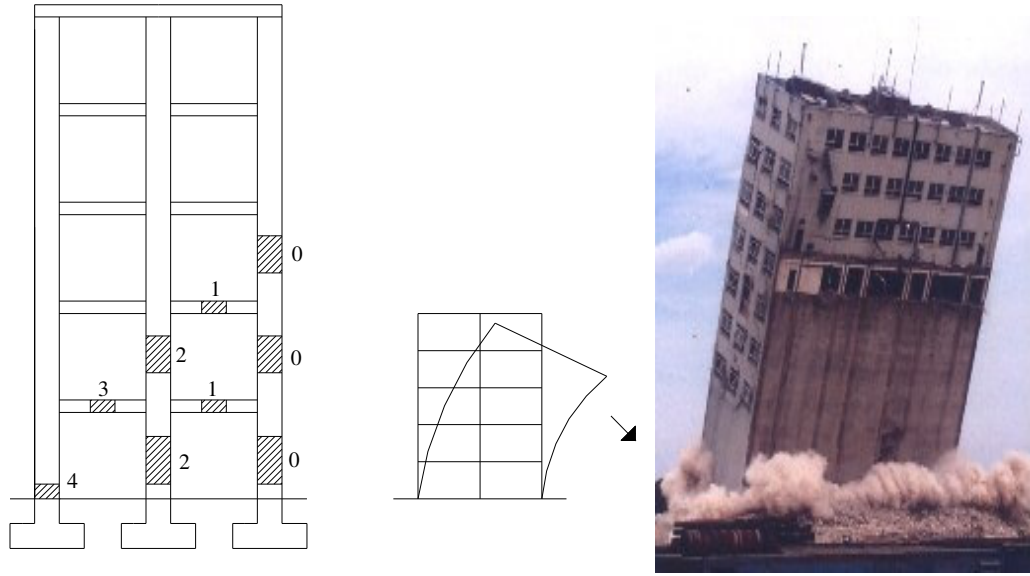
Döşemelerin de patlatma sonucu iyi parçalanmaları için bazı önlemler alınmalıdır. Kendi içine çökmede patlatmalar merkezden dışa doğru oluşacak şekilde zamanlanır. Böylece katların yıkıcı bir şekilde kesilmesi ve döşemelerin parçalanması sağlanır. Gerekğinde döşemeler, patlatma öncesi beton testereleri ile kesilerek veya patlatma sırasında ortalarına bir miktar patlayıcı koyularak rijitlikleri azaltılabilir (Şekil 8.2).



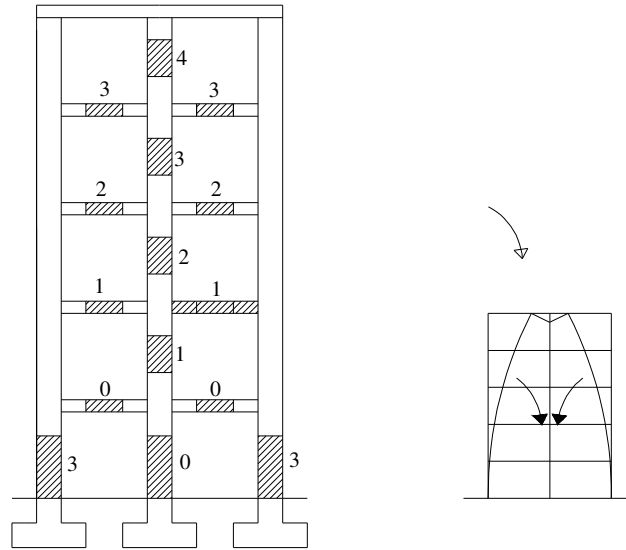
Şekil 8.2 : Döşemelerin Açılan Deliklerle Zayıflatılması

Hangi yapı elemanlarının patlatılacağına karar verildikten sonra binanın kaç aşamada ve hangi gecikme zamanları ile patlatılacağı belirlenmelidir. Burada en büyük etken binanın devrilme şeklidir. Bunu sağlayacak şekilde ve diğer patlama adımlarını etkilemeyecek biçimde gecikme aralıkları ve hangi elemanların aynı gecikmede patlatılacağına karar verilir. Genellikle 0.25–0.50–0.75 milisaniye gecikmeler kullanılmaktadır. Bu zamanların belirlenmesinde deneyimin büyük etkisi vardır. Gecikme zamanlarının iyi ayarlanması parça yayılmasını, zemin titreşimlerini ve hava şokunu azalttığı için özellikle şehir merkezlerindeki yıkımlarda daha fazla önem kazanmaktadır. Bu tür yapıların patlatılmasında toplam gecikme zamanı yapının büyüklüğüne bağlı olarak dört saniyeden on beş saniyeye kadar değişebilmektedir. Ancak bunun için, kullanılan her tekniğe göre uygun ateşleme sisteminin planlanması gerekmektedir. Aşağıda iki farklı tipte yıkılması istenen bir

bina modeli için uygulanabilecek örnek gecikme sistemlerinin tasarımı verilmiştir (Şekil 8.3, Şekil 8.4, Şekil 8.5).



Şekil 8.3 : Yana Yıkılması İstenen Bir Binadaki Gecikme Sisteminin Yerleşimi



Şekil 8.4 : Kendi İçine Çökmesi İstenen Bir Binadaki Gecikme Sisteminin Yerleşimi

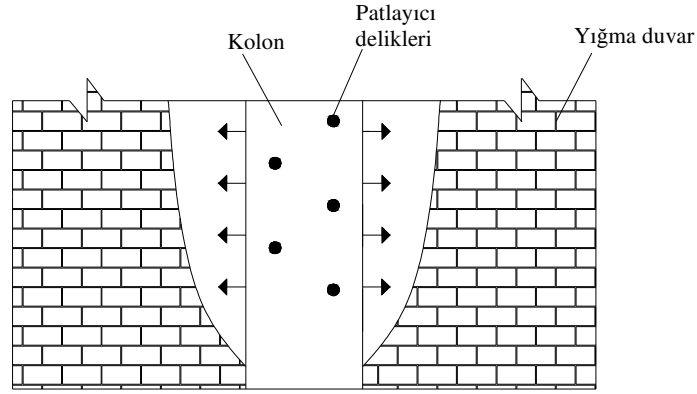


Şekil 8.5 : Kendi İçine Çökerek Yıkılan Bir Bina Örneği

Patlatılacak elemanlar ve gecikme süreleri belirlendikten sonra sıra her eleman için gerekli patlayıcı miktarının belirlenmesine gelmektedir. Önceki bölümlerde anlatılan formüller ve tablolar kullanılarak patlayıcı miktarları hakkında bilgi sahibi olunabilir. Daha sonra yapı üzerinde zararsız bölgelerde bire bir veya küçük testler yapılarak seçilen şarj miktarlarının gerekli kırılmayı sağlayıp sağlamayacağı kontrol edilmelidir.

Eğer çevrede yer sarsıntılarının ve hava şokundan çok fazla etkilenecek yapılar yoksa gerekli önlemler alınarak şarj oranlarının bir miktar artırılmasında yarar vardır. Böylece yapıda parçalanma daha iyi gerçekleşir.

Bütün bu hesaplamalar yapıp kontrol edildikten sonra sıra şantiyede çalışmaya gelir. Öncelikle binada bulunan ve ekonomik değeri olan lavabo, küvet, batarya, kapı, çerçeve, asansör gibi parçalar sökülür.



Şekil 8.6 : Kolonların Kesilerek Duvarlardan Ayrılması

Patlayıcılar yerleştirilmeden önce yapı elemanları çevresindeki duvarlar kesilerek birleşim yerleri açılmalıdır (Şekil 8.6). Böylece yapı elemanlarının rijitlikleri azalır ve kırılmalar daha kolay olur. İç duvarlar kaldırılır, dış duvarlara ise parça yayılmasını ve sesi engelledikleri için dokunulmaz, gerekiyorsa ince kesilir. Yıkıma yardımcı olması için planlanan şekilde beton duvarlar, kolonlar ve döşemeler kesilir. Kolonlar içindeki donatılar kesilerek veya çıkartılarak patlama sonrası yıkımın tam gerçekleşmesi kolaylaştırılır. Döşemeler ve duvarlar bina rijitliğinin bozulması ve yapıya istenilen yönde hareket verilmesi için kesilirler.

Yapı elemanları gerekiyorsa yıkım yönünü ayarlamak için çelik halatlarla bir birlerine bağlanabilir. Gerekli yerlere payandalar ve destekler koyulabilir. Böylece istenmeyen yanal deplasmanların önüne geçilmeye çalışılır.

Planlandığı şekilde ve planlanan yerlerde patlayıcı delikleri açılır. Bu aşamadan sonra yapılan işlerin daha büyük özen gösterilerek yapılması gerekir. Patlayıcılar planlandığı şekilde deliklere yerleştirilirler, ateşleme elemanları özel aletlerle kontrol edilerek patlayıcılara bağlanır (Şekil 8.7).



Şekil 8.7 : Patlayıcı Deliklerinin Açılması ve Patlayıcıların Yerleştirilmesi

Patlayıcı yerleştirildikten ve ateşleme sistemi, yani kapsüller ve fitiller bağlandıktan sonra iyice kontrol edilmelidir. Bu aşamada yapılacak bir hata çok tehlikeli sonuçlara neden olabilir.

Kontrol edilen patlayıcıların sıkılamaları yapılır. Bu sırada patlayıcının, özellikle ateşleme elemanının zarar görmemesine özen gösterilmelidir (Şekil 8.8).



Şekil 8.8 : Patlayıcıların Yerleştirilmesi ve Sıkılama İşleme

Yapı elemanları, patlayıcı yerleştirildikten ve sıkılamaları yapıldıktan sonra patlayıcının yapı elemanına daha iyi etki etmesi, diğer yapı elemanlarının patlamadan etkilenmemesi ve savrulmayı engellemek için kaplanmalıdır. Yapı elemanlarının kaplanması birçok değişik malzemeyle yapılabilir. Bunların başında kum torbaları gelir. Ayrıca yapı elemanları, epoksi emdirilerek daha sonra üzerleri özel sentetik kumaşlarla kaplanarak yalıtılabilirler. Kullanılan bir diğer yöntem ise yapı elemanlarının kontrplak, küçük delikli çelik hasırlar veya katranlı kumaşlarla

kaplanmasıdır. Bu iş için gün geçtikçe yeni teknoloji ürünü yüksek dayanımlı kumaşlar ve muşambalar kullanılmaktadır (Şekil 8.9).



Şekil 8.9 : Yapı Elemanlarının Kaplanması

Dış cepheye açılan boşluklar kontrplaklar, kafes teller ve muşambalar ile kapatılmalıdır. Özellikle dış cephede patlatılan yapı elemanlarının üzeri dayanıklı kumaşlarla ve muşambalar ile örtülmelidir (Şekil 8.10). Binada, patlamanın büyük bölümü zemin katta olduğu için zemin katın çevresini kalın saç levhalar ile kaplamak güvenlik ve toz açısından çok faydalı olur.



Şekil 8.10 : Dış Cepheye Açılan Boşlukların Kapatılması

Gerekli görülen yerlerde yıkıma yardımcı olmak için duvarlarda veya perdelerde boşluklar açılabilir (Şekil 8.11). Bu işlem yapılırken binanın taşıyıcılığını tamamen kaybetmemesine dikkat edilmelidir.



Şekil 8.11 : Duvarlarda Boşlukların Açılması

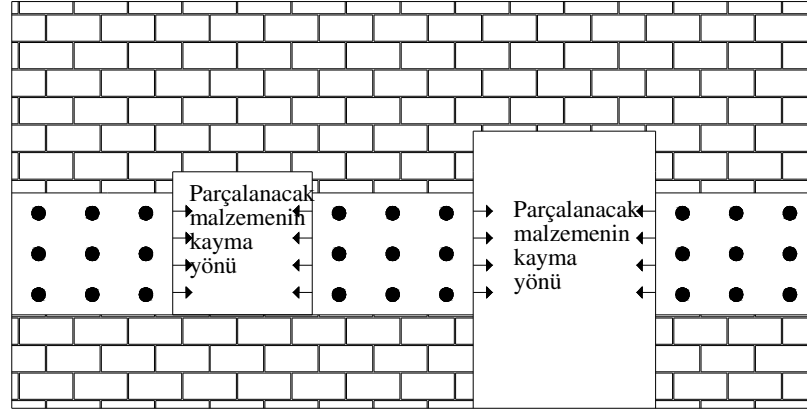
Bütün bu işlemler yapıldıktan sonra patlayıcı devreleri tekrar kontrol edilerek ana devreye bağlanır ve yıkım işi gerçekleştirilir.

Yana devrilme şeklindeki yıkımlarda, binanın devrileceği alana moloz veya eski lastiklerle bir yastık oluşturulması sarsıntıları önlemek için oldukça yararlıdır. Patlatma işlemi su sıkılarak yapılır. Daha sonra çevrede hasar gören yapı olup olmadığı kontrol edilir. Güvenlik önlemleri kaldırılır ve enkazın taşınması ile yıkım işi sona erer.

8.2.1.2. Yığma Yapıların Yıkılması

Yığma yapılarda taşıyıcı elemanlar, taş veya tuğladır. Sadece döşemeler betonarme olabilir. Bu tür yapıların patlayıcılarla yıkılması sırasında patlatmanın tamamına yakını duvarlarda yapılır. Gerekirse bir miktar patlatma da döşemelerde yapılır.

Betonarme binaların yıkımında olduğu gibi çevre koşulları ve binanın boyutları dikkate alınarak yıkım şekline karar verilir. Daha sonra, yapının varsa projesi incelenir yoksa ölçülerek projesi çıkartılır, duvarlarda kullanılan taş veya tuğlanın özellikleri ve kalitesi tespit edilmeye çalışılır. Daha önce tuğla ve taş duvarların yıkımında anlatılan kriterler dikkate alınarak yapının devrileceği yöne göre yıkım planı yapılır. Şarj miktarı hesaplandıktan sonra yapılan patlatma deneyleri ile bunların yeterli olup olmadığı tespit edilir. Taş veya tuğla duvarlarda patlayıcı delikleri kapı ve pencere gibi boşlukların hizasında açılarak patlatılacak yüzeyler en aza indirilir (Şekil 8.12).



Şekil 8.12 : Patlatmada Boşlukların Kullanılması

Yapıların patlatma planı doğrultusunda istenen yöne yıkılmasını sağlamak için duvarlar belirlenen yerlerden düşey veya yatay olarak kesilir. Betonarme döşemelerin kesilerek veya ortalarına yerleştirilen patlayıcılarla zayıflatılması yıkıma yardımcı olur.

Patlayıcı planı ve gecikme süreleri belirlendikten sonra patlayıcı delikleri delinir. Patlayıcılar ve ateşleme sistemleri kontrol edilerek yerleştirilir. Daha sonra sistem ana devreye bağlanır.

Bu tür yıkımda da çatı üstündeki çıkıntılar kesilmeli, patlatılmayan dış duvarlardaki boşluklar kapatılmalıdır. Betonarme binalarda olduğu gibi özellikle patlatılacak dış duvarlar bina dışından sarkıtılan müşambalar, kontrplaklar yardımıyla kaplanmalıdır. Bina dışına saç levhalarla engelleme yapmak patlama etkilerini ve toz yayılmasını azaltır.

İyi bir patlatma sonrası yığma yapılardaki parçalanma, betonarme yapılara göre daha iyi olur. Yığma yapıların yıkılacağı alanda tuğla parçalarının zemine gömülebileceği düşünülerek zemin altındaki kablo, boru hattı gibi alt yapı tesisleri korumaya alınmalıdır.

8.2.1.3. Çelik Yapıların Yıkılması

Çelik yapıların yıkılması betonarme ve yığma yapıların yıkılmasından daha zordur. Çünkü büyük miktarda yüzeysel patlayıcı kullanılması gerekebilir ve binanın yıkımına yardımcı olan büyük yapı ağırlıkları yoktur. Ayrıca kullanılan yüzey patlayıcılarından dolayı parça savrulması ve hava şoku riskleri çok fazladır.

Diğer bina yıkımlarında olduğu gibi binanın çevresi ve kendisi hakkında bilgi sahibi olunduktan sonra patlatma planı yapılır. Buradaki en büyük sorun çeliğin yüzeysel patlayıcılar yardımıyla kesilmesidir (Şekil 8.13). Bunun sonucu oluşan parça savrulmasını ve hava şokunu önlemek için şarj miktarının sınırlanması gerekir. Aynı zamanda seçilen şarjlar çelik kesitlerin kesilmesi için yeterli olmalıdır.



Şekil 8.13 : Çelik Yapılara Patlayıcıların Yerleştirilmesi

Çeliğin patlatılması için kesilecek kesit alanına bağlı olarak aşağıdaki bağıntı kullanılabilir [1].

$$Q = 34.A_{ug} \quad (8.1a)$$

Burada: Q: Patlayıcı miktarı (gr)

A_{ug} : Kesit alanı (cm^2)

Karbonca zengin çeliklerde, zincirlerde, kablolarda, donatı çubuklarında 34 katsayısı 88 ile değiştirilmelidir. Böylece formül aşağıdaki şekli alır.

$$Q = 88.A_{ug} \quad (8.1b)$$

Patlama öncesi mutlaka deneme patlatması yapılmalı ve şarj miktarının kesilme için yeterli olup olmadığına bakılmalıdır.



Şekil 8.14 : Patlayıcıların Çelik Elemanı Kesmesi

Patlatılacak kesitin iki tarafına da patlayıcı yerleştirmek etkiyi artırır. Ayrıca patlayıcı yerleştirilmeden çelik yüzeyinin çizilmesi kesilmeye yardımcı olur. İki tarafa patlayıcı yerleştirildiğinde patlayıcıların 3–5 cm aralıklı olmaları kayma etkisi yarattığı için patlayıcı etkisinin artmasını sağlar (Şekil 8.14).

Patlayıcı ile kesit arasındaki sıkı temas önemlidir ayrıca iyi bir sıkılamada patlamanın gücünü artırır. Gerekli görülen yerlerde çelik taşıyıcılar ince kesilerek, bulon veya perçinleri zayıflatılarak yıkıma yardımcı olacak çalışmalar yapılır.

Parça savrulmasını ve hava şokunu olabildiği kadar azaltmak için patlayıcıların çevresi kum torbaları, kontrplaklar ve yüksek dayanımlı kumaşlarla sarılmalıdır.

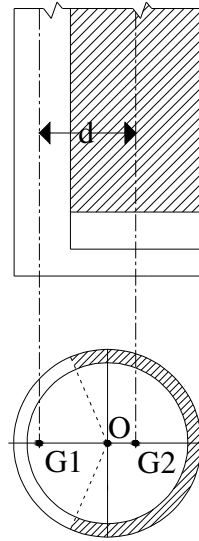
Çelik yapıların yıkımında da planlanan yıkımın gerçekleşmesi için uygun görülen yerlerde döşemeler patlatılmalı, çelik taşıyıcı elemanlarla bölme duvarlar kesilerek ayrılmalıdır. Ayrıca burada da istenmeyen deplasmanların engellenmesi için çelik taşıyıcı elemanlar, çelik kablolarla bağlanabilir.

Şarjlar yerleştirilip diğer yıkımlarda olduğu gibi kontrol edildikten sonra patlatılır. Bu tür yıkımların sonucunda bazı çelik elemanların özel kesiciler veya kaynaklarla kesilerek ayrılması gerekebilir.

8.2.2. Bacaların Yıkılması

Bacalar narinlikleri nedeni ile patlayıcılarla yıkılacak ideal yapılardır. Bacalar genellikle endüstri yapılarında bulunur. Fabrika binalarına ek olarak yapılan dairesel, kare veya poligonal kesitli tuğla veya betonarme olarak inşa edilen yapılardır.

Bacalar hızlı ve güvenli bir şekilde patlayıcılarla yıkılabilir. Bacalar tabandaki taşıyıcı kısımlarının bir bölümünün patlatılması sonucu ağırlık merkezlerinin yer değiştirmesi ile yıkılırlar (Şekil 8.15). Baca yıkımında düşüş için belli bir yön seçmek mümkündür. Fakat baca tam düşey değilse eğik olduğu yöne doğru yıkılmalıdır. Dairesel bacalar istenilen yönde yıkılabilirler, fakat kare kesitli bacalar köşeler yerine kenarları üzerine yıkılmalıdır. Düşme yönünü seçerken tabandaki açıklıklar değerlendirilmelidir. Yere çarpan tuğlaların dağılması için 10°'lik bir düşüş toleransına izin verilmelidir ve düşme çizgisi boyunca yüksekliğin en az %25'i açılmalıdır. Bu oran betonarme bacalarda %25'in de üstündedir [7].



Şekil 8.15 : Bacanın Ağırlık Merkezinin Yer Değiştirilmesi

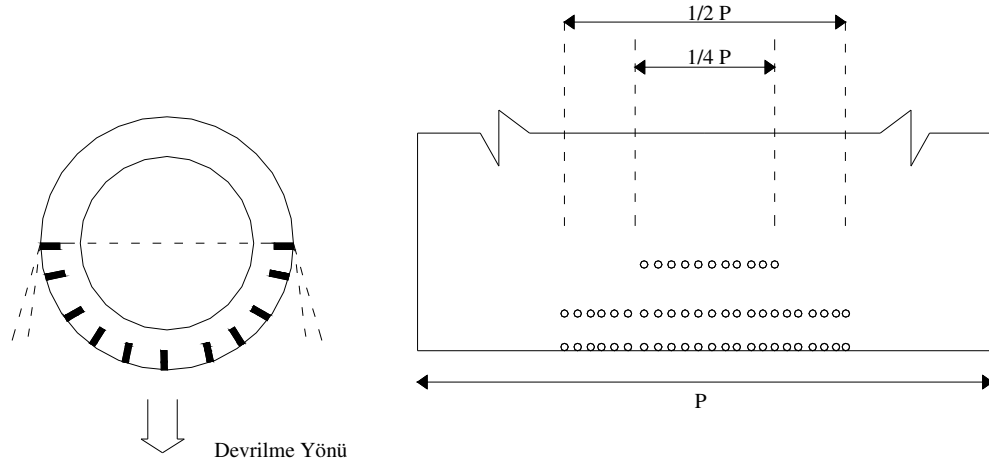
Baca yıkım teknikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Bacanın yana devrilmesi.
- Bacanın yüksekliğinin azaltılarak yana devrilmesi.
- Bacanın kendi içinde çökmesi.

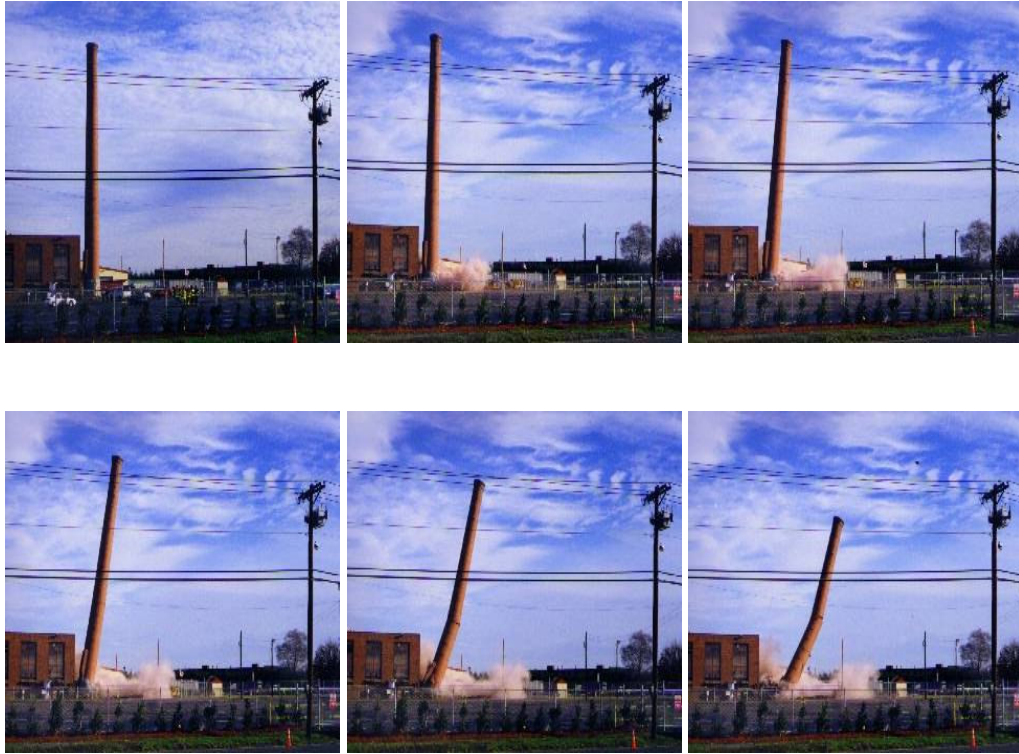
Bacanın yana devrilmesi

Bu yöntem diğer yöntemlere göre en güvenli yöntemdir. Ayrıca diğerlerine nazaran daha az patlayıcı deliği ve patlayıcı kullanılır.

Optimum sonuçları elde etmek için kullanılacak yöntemde bacanın özellikleri önemlidir. Tuğla bacalarda patlayıcı delikleri bacanın tabanı seviyesinde açılır. Delikler düşme yönünde baca çevresinin yarısında yani 180°'lik yayda açılır.



Şekil 8.16 : Tuğla Bacalarda Patlatma Şablonu

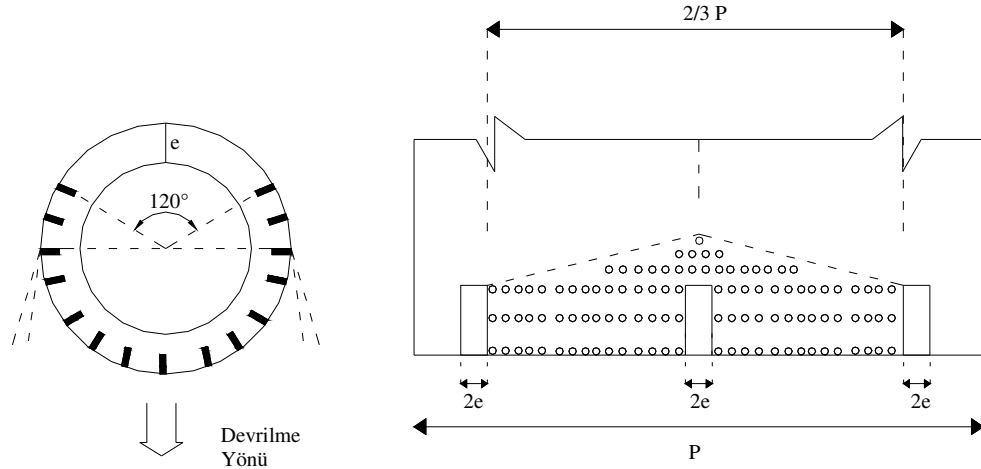




Şekil 8.17 : Tuğla Baca Yıkım Örneği

Patlayıcı deliklerinin sırası, bacanın çevre uzunluğunun dörtte birindeki (90° 'lik yayda) orta bölgede üç sıra, kalan dörtte birlik bölümde iki sıra olarak açılır (Şekil 8.16). Patlayıcı oranı ve delik şekilleri tuğla duvarlarda anlatılan yöntemler kullanılarak hesaplanır. Şekil 8.17'de bir tuğla baca yıkım örneği verilmiştir.

Betonarme bacalarda taban seviyesinde, patlatılacak yönde 240° 'lik yayda patlayıcı delikleri açılmalıdır. Patlayıcı deliklerinin sırası ortada baca çapının $1/3$ 'üne kadar gelmeli ve diğer kısımlarda üç sıra olmalıdır (Şekil 8.18). Daha iyi bir kırılma elde etmek için genişliği baca kalınlığının iki katı ve yüksekliği üçüncü sıradaki patlayıcı delikleri hizasına gelen pencere gibi boşluklar açmak yararlı olur (Şekil 8.19). Patlayıcı delikleri ve miktarı betonarme duvarlardaki kriterler dikkate alınarak hesaplanır [1].

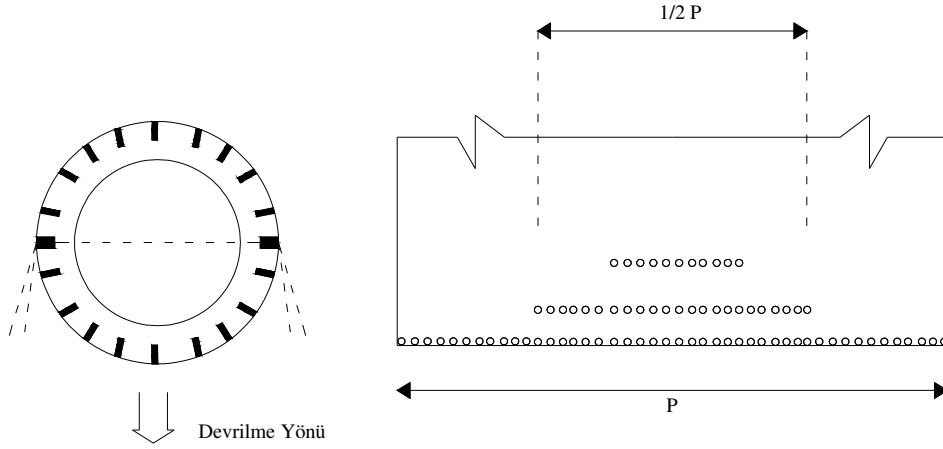


Şekil 8.18 : Betonarme Bacalarda Patlatma Şablonu



Şekil 8.19 : Bacalara Açılan Pencere

Baca yüksekliğinin azaltılarak yana devrilmesi



Şekil 8.20 : Baca Yüksekliğinin Azaltılarak Devrilmesinde Kullanılan Şablon

Bu tür yıkımda baca bir yöne eğilir ve taşıyıcı taban patlatılır. İlk patlatmadan sonra 0.25 saniye gecikme ile devrilmenin karşı yönündeki sıraların ateşlenmesi ile yıkım tamamlanır (Şekil 8.20, Şekil 8.21).

Bu yöntem sadece tuğladan yapılmış bacalarda uygulanabilir. Şarj miktarı ve patlayıcı delikleri tuğla duvarlardaki gibi hesaplanır.

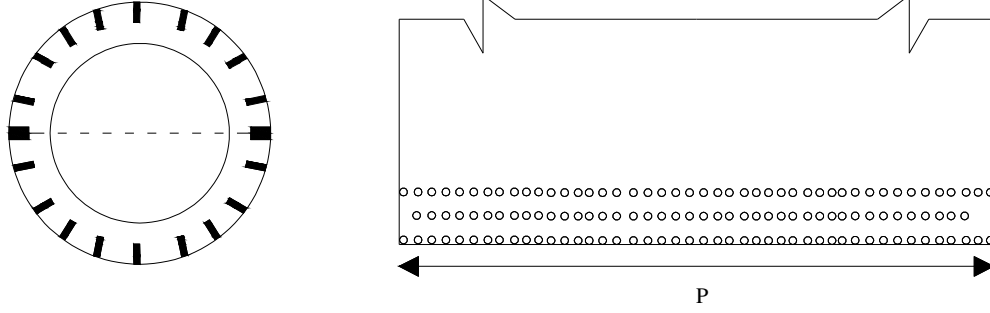


Şekil 8.21 : Bir Bacanın Yüksekliğinin Azaltılarak Devrilmesi

Bacanın kendi içine çökmesi

Bu tür patlatma diğerlerine göre en riskli patlatmadır. Sadece tuğla bacalarda uygulanabilir. Bacanın farklı yönlerde yıkılmaması için yapı iyi incelenmeli, varsa çatlakları ve hasarları değerlendirilmelidir.

Patlayıcı delikleri bacanın tabanı seviyesinde duvar kalınlığı dikkate alınarak en az iki veya üç sıra açılmalıdır. Delikler tüm baca çevresinde eşit sıra sayısında açılır (Şekil 8.22, Şekil 8.23). Patlayıcı hesabı tuğla duvarlardaki gibi yapılır. Açılan tüm delikler aynı anda ateşlenmelidir.



Şekil 8.22 : Bacanın Kendi İçine Çökmesinde Kullanılan Şablon

Bütün bu yıkım yöntemlerinde dikkate alınması gereken bazı noktalar aşağıdaki gibidir:

- Baca demir bantlarla güçlendirildiğinde zemin seviyesine yakın özellikle patlatılacak bölgede bulunan bantlar patlatmadan önce kaldırılmalıdır. Böylece tuğlaların ayrılması ve kırılması kolaylaşır.
- Ağır donatılı tabanı olan geniş bacalarda önce bacanın yıkılması tabanın sonradan patlatılması uygun olur.
- Bacada özellikle patlayıcı yerleştirilen bölgelerin karşısına saç levhalar yerleştirmek parça savrulmasını önler.
- İçteki tuğla astarların yıkılması için ayrıca 400-500 gr'lık sıva patlayıcılar iç yüzeye uygulanarak astar duvarların rijitliği bozulabilir.



Şekil 8.23 : Açılan Baca Deliklerine Patlayıcı Yerleştirilmesi

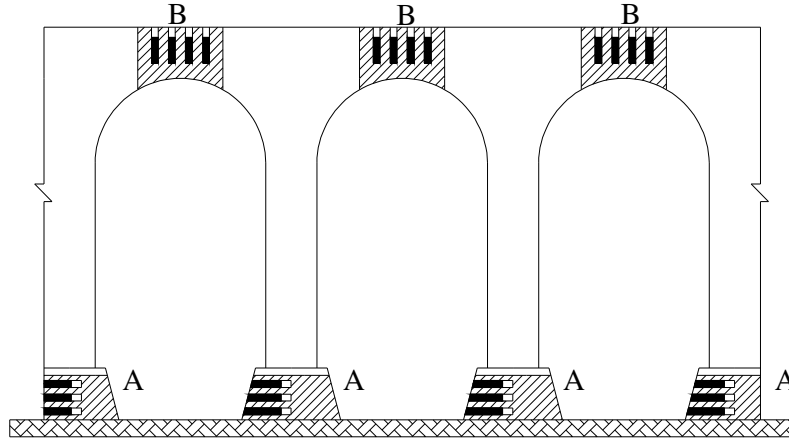
8.2.3. Köprülerin Yıkılması

Patlayıcılarla köprü yıkımı birçok avantaj sağlamaktadır. Yoğun trafik akışı olan bölgelerde hızlı ve güvenli çalışma ihtiyacı patlayıcı ile yıkımı öne çıkarmaktadır.

Ayrıca nehirlerin üstünde de yıkımın en kısa sürede yapılması ve enkazın kaldırılması istenir. Patlayıcı ile yıkım bu şartları sağlamaktadır.

Birçok değişik tipte köprü vardır: Taş köprüler, taş ayaklar üzerine inşa edilen çelik köprüler, betonarme köprüler ve tamamen çelikten yapılmış köprüler.

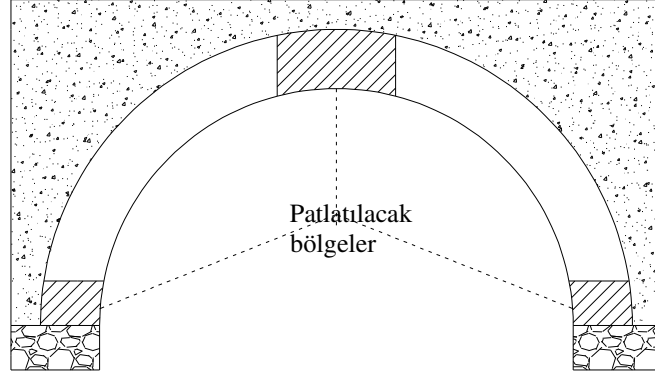
Taş köprüler genellikle eski tip yapılardır. Bu yapılar taş ayaklar ve bunlar üzerine oturtulmuş kemerlerden oluşurlar (Şekil 8.24). Taşıyıcı elemanların sağlam yapılarından dolayı gerekli patlayıcı deliği miktarı artırılmalıdır. Delik çapları 50 mm olarak açılabilir. Yıkımın kritik bölgeleri ayaklar ve kemerlerdir. Patlatılacak bölgede en az üç sıra patlayıcı deliği açılmalıdır. Köprü birden fazla kemerden inşa edilmişse tüm kemerlerin aynı anda patlatılması tavsiye edilir. Böylece bütün kemerler aynı şekilde zarar görüp çatlarlar ve daha kolay yıkılırlar. Aksi halde tek tek yıkılırlarsa geriye kalan kısımların itme kuvvetinin rahatlamasıyla istenmeyen yönlerde yıkılma olasılığı doğar.



Şekil 8.24 : Taş Köprülerdeki Patlatma Bölgeleri

Taş köprülerde yük taşıyan kısımlar genellikle köprü hacminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle bu köprülerin yıkımı zordur.

Taş köprülerde parapet duvarlar ve dolgular geleneksel metotlarla temizlenmelidir. Kemer kilitlemesini engellemek için her bir kemer üç bölgeye ayrılır. Bu bölümlerden birisi kemerin üstünden geçer ve diğer ikisi de ayakların üzerindedir (Şekil 8.25). Her bölümde sıra aralığı 40–50 cm olan iki sıra patlatma deliği kemer boyunca açılır. Taş patlatılması için uygun delik geometrisi ve şarj miktarı hesaplanarak tüm delikler aynı anda patlatılır.



Şekil 8.25 : Kemerde Patlatma Bölgeleri

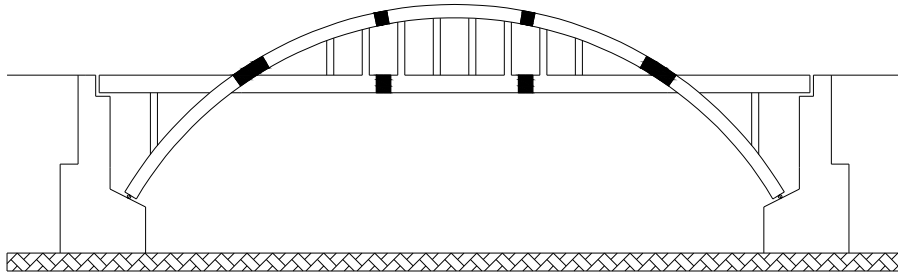
Taş ayaklar üzerine oturan çelik köprülere, özellikle demiryollarında sıkça rastlanır. Bu köprüler çelik kısımları sökülerek veya yapıştırma patlayıcılarla çelik yapılarda anlatıldığı gibi patlatılırlar (Şekil 8.26). Daha sonra kalan taş ayaklar düşey veya yatay patlayıcı delikleri ile patlatılır.



Şekil 8.26 : Çelik Köprülerin Patlatılması

Betonarme köprüler günümüz karayollarında sıkça kullanılan köprü türüdür. Bu köprüler, kemer kirişli veya prefabrike kirişli olmak üzere iki türde olabilir. Betonarme kemerler, taş kemerlerdekine benzer yöntemle yıkılırlar fakat burada delik sıra aralıklarının ve delik sayılarının artırılması gerekir (Şekil 8.27). Bu tür köprülerde kemer ve ayaklar birlikte yıkılabilir. Köprünün önemli taşıyıcı ayakları

iyi hesaplanmış şarj miktarları ile tamamen parçalanmalıdır. Şekil 8.28’de kemer kirişli bir betonarme köprünün patlatılması gösterilmiştir.

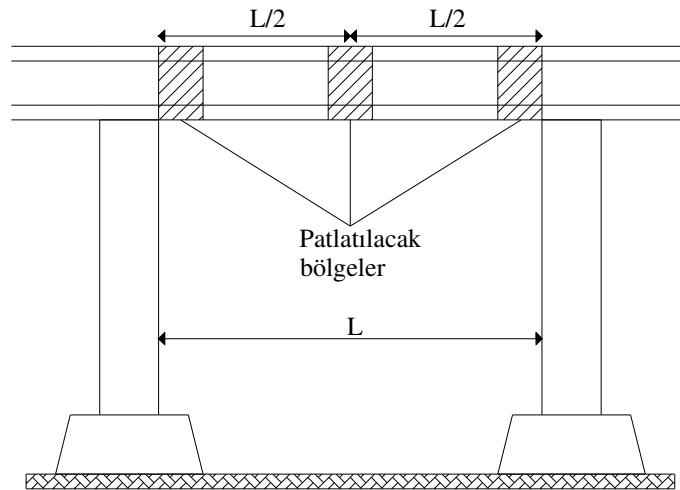


Şekil 8.27 : Kemer Kirişli Betonarme Köprülerdeki Patlatma Bölgeleri



Şekil 8.28 : Kemer Kirişli Bir Betonarme Köprünün Patlatılması

Prefabrike kirişli köprülerde prefabrike elemanlar açıklığın üç bölgesi kullanılarak patlatılır. Daha sonra ayaklar patlatılarak veya geleneksel yöntemler kullanılarak köprü yıkılır (Şekil 8.29, Şekil 8.30).



Şekil 8.29 : Prefabrike Kirişli Köprülerdeki Patlatma Bölgeleri

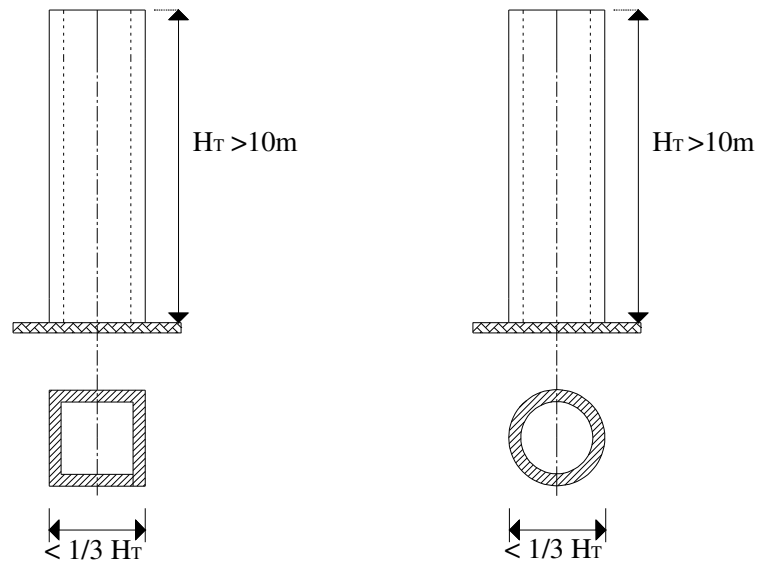
Köprü yıkımlarında da diğer tüm yıkımlarda olduğu gibi gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır. Özellikle trafik, geçici bir süre durdurulmalı ve patlama sonu gerekli kontroller yapıldıktan sonra açılmalıdır.



Şekil 8.30 : Prefabrike Kirişli Bir Betonarme Köprünün Patlatılması

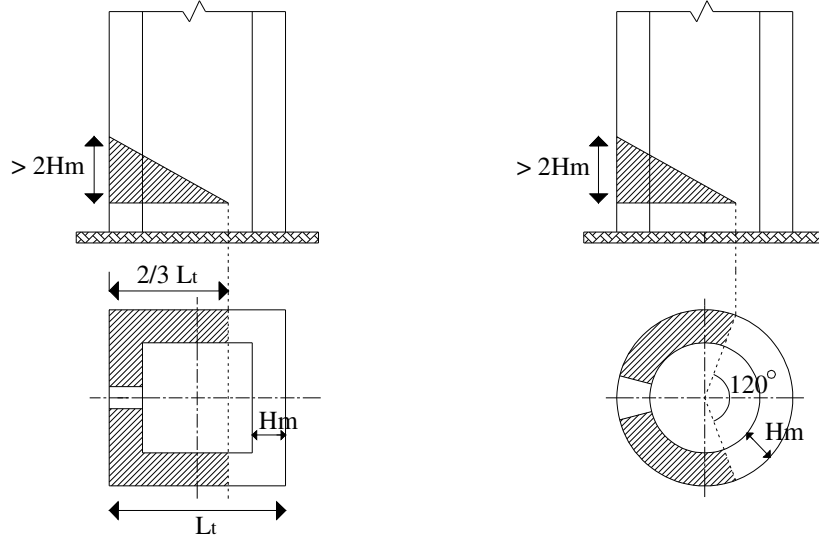
8.2.4. Kulelerin Yıkılması

Kuleler 10m den daha fazla bir yüksekliğe sahip ve boyunun 1/3'ünden daha az bir tabana sahip yapılardır (Şekil8.31).



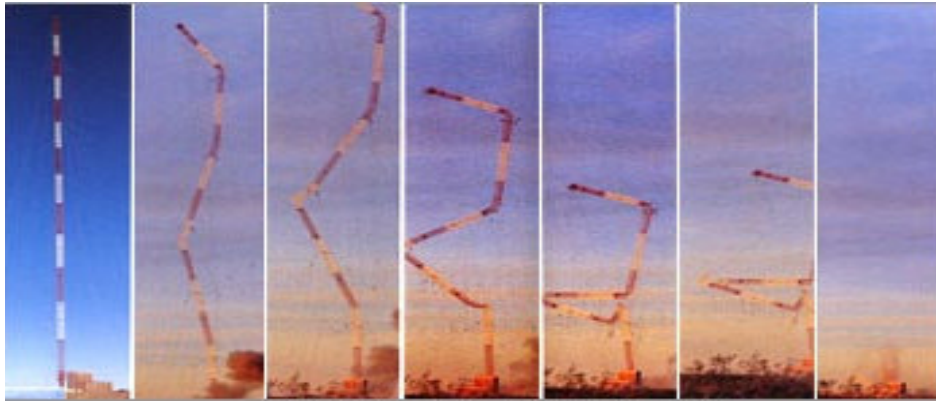
Şekil 8.31 : Tipik Kule Türleri

Bu yapıların yıkılması işinde, bacalar da uygulanan metotlar kullanılır. Bu tür yapıların tam devrilmeyle yönelim patlatmalarında, kama yarığının yüksekliği kulenin duvar kalınlığına ve taban genişliğine bağlı olarak belirlenir (Şekil 8.32).



Şekil 8.32 : Kare ve Dairesel Kesitli Kuleler İçin Oluşturulan Kama Boyutları

Kule patlatmaları, bacalarda olduğu gibi mili saniye gecikmeli kapsüllerden oluşan bir ateşleme sistemi ve benzer yıkım prosedürü izlenerek yapılır. Şekil 8.33'te bir kule yıkım örneği verilmiştir.



Şekil 8.33 : Bir Kule Yıkımı Örneği

8.2.5. Siloların Yıkılması

Bu yapıların yıkılmasında genellikle devrilme ile yıkım metodu tercih edilmektedir. Silolar genellikle hafif çelik donatılarla birlikte ince bir beton duvardan inşa edilmektedir. Çoğu zaman akıtma ile malzemeler silolara şarj edildiğinden dolayı

siloların iç ve dış duvarların da aşınmayla şekil bozuklukları meydana gelmektedir. Bu nedenden dolayı, bu tür yapılar yıkım işini kolaylaştıracak genişleyen eklemlere ya da yıkım işlemine yardımcı olarak kullanılan diğer yapısal zayıflıklara sahip değildirler.

Silo yıkımları için yapılan planlamalarda genellikle hesaplamalar, bir moloz yığını şeklinde yapının merkezi üzerine devrilmesini sağlamak için yürütülmektedir. Bu hesaplamalarda, yapı içindeki ağırlık dağılımı, yapının ağırlık merkezinin belirlenmesi için hesaba katılmaktadır.

Bu yapıların yıkımında, duvarların ince, genişleyen eklemlerin ve diğer zayıf bölgelerinin olmamasından dolayı özel bir çalışma yapılmaktadır. Duvarlarının kalınlığı 150mm den daha az olan siloların yıkım işlemlerinin diğer geleneksel yıkım teknikleri ile yapılması gerek maliyet, gerekse teknik nedenlerden dolayı patlatmalı yıkıma göre daha avantajlıdır [16].

Silo yıkımlarında, yapının düşmesinin hedeflendiği hat için 90° de saptanan bir mafsalsal hattı gereklidir. Bu mafsalsal hattı, yapının ağırlık merkezi boyunca çizilen düşey bir hat arkasına yerleştirilmektedir. Bu tür yıkımlarda, yapının düşmesi sırasında biraz geri tepme olacağı için yapının arkasında yeterli bir boşluğa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda çoğu kez, yapının geri hattı boyunca, yer alan donatıya ön kesim işlemi uygulanır ya da yapı çelik ayaklar üstünde desteklenmişse bunlar ön zayıflatma amacıyla kesilir.

Bu tür yapı patlatmalarında delik boyutları genellikle 35-45mm arasında değişmektedir. Çoğu zaman delik uzunluğu kabuk kalınlığının %75'i oranında delinir. Bu tür yapı patlatmalarında uygulanan delik geometrisi ise kabuğun kalınlığına bağlıdır. Örneğin 180mm bir kabuk kalınlığı içeren bir silo patlatma projesinde, oluşturulan geometri 300mm x 300mm'dir. Daha kalın kabuklar için, delik delme geometrisi 450 mm x 450 mm ya da daha geniş olabilmektedir. Silo patlatmalarında genellikle patlayıcı madde olarak dinamit, ateşleme sistemi olarak da gecikmeli elektrikli kapsüller kullanılmaktadır. Ayrıca bu tür yapıların patlatmasında patlatılacak olan silo duvarlarının (kabuklarının) ince olması durumunda, parça fırlamasını önlemek veya en azından kontrol altında tutmak için ek önlemler alınma zorunluluğu vardır.

8.3. Onarım ve Yenileme Çalışmaları için Yapı Elemanlarının Patlayıcı İle Kısmi Yıkımı (Mini Patlatma)

Günümüzde mevcut yapı ve alt yapı sistemlerinin sürekli büyüme ihtiyacı göstermesi ve çeşitli nedenlerden dolayı hasar görmüş ya da bozulmuş beton veya betonarme yapıların onarılma zorunluluğunun olması, kısmi yıkımını gündeme getirmiştir. Kısmi yıkım çalışmalarında ana hedef çevredeki betonun hasar görmemesi ve var olan donatıların onarım için deforme olmayarak olduğu gibi kalmasıdır. Son yıllarda kısmi yıkım çalışmalarında patlayıcı maddelerin kullanımı diğer tekniklere göre avantajlı olmasından dolayı özellikle Danimarka ve İsveç gibi ülkelerde daha çok tercih edilmeye başlanmış ve mini patlatma olarak adlandırılan patlatma tekniği geliştirilmiştir.

Günümüzde mini patlatma tekniği özellikle Danimarka da DEMEX firması tarafından aşağıda verilen kısmi yıkım işlerinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

- Otoyol köprüsü kenar kirişlerinin ve kolonlarının onarılması çalışmaları.
- Temel kazıklarının kesilmesi çalışmaları.
- Beton duvarlardaki sınırlandırılmış boşlukların kesilmesi çalışmaları.
- Yetersiz kaliteden dolayı ıskartaya çıkartılan beton yapıların kaldırılması çalışmaları (Dalgakıran, rıhtım, iskele v.b. yapılar).
- Güçlendirme çalışmaları için mevcut kolon ve kirişlerin kısmi yıkımı

Yukarıda verilen kısmi yıkım faaliyetlerinde kullanılan mini patlatma tekniğinde üzerinde durulması gerekli olan en önemli nokta patlayıcı enerjisinin sınırlandırılan bölge üzerinde diğer bölgelere zarar vermeden etkin bir şekilde kullanımının sağlanmasıdır. Bu yüzden yıkım alanına çok yakın olan beton kütle üzerindeki patlatma etkisi sürekli olarak incelenmelidir.

Mini patlatma uygulamaları sırasında yıkım alanına çok yakın olan beton ve betonarme yapılardaki çatlak yayılımını kontrol edebilmek için, ultrasonik ölçümler gerçekleştirilmektedir. Bu ölçümler PUNDIT (Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicating Tester) olarak tanımlanan ultrasonik ölçüm cihazı kullanılarak yapılmaktadır [29].

Bu işlemde, mini patlatma öncesi patlatmadan etkilenmesi istenmeyen patlatma bölgesinin yakınında veya bitişiğinde olan beton kütlesi üzerinde PUNDIT cihazı ile çatlak kontrolü yapılarak veriler kaydedilir. Aynı işlem mini patlatma

uygulamasından hemen sonrada yapılarak kayıt edilen ilk ve son veriler karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda istenmeyen çatlak yayılımı tespit edildiğinde çalışma için uygulanan patlatma modeli tekrar gözden geçirilerek, bazı iterasyonlar sonrasında en uygun model ortaya konulur. Bu işlemler ile patlatma sırasında istenmeyen çatlak yayılımı sürekli kontrol altında tutularak çevre beton veya betonarme yapılara olan etki en aza indirilmiş olur.

Mini patlatma uygulamalarında en önemli unsur, minimum düzeyde patlayıcı kullanarak maksimum düzeyde çatlak kontrolünün sağlanarak kısmi yıkımın gerçekleştirilmesidir. Şekil 8.34'te bir mini patlatma örneği verilmiştir.



Şekil 8.34 : Mini Patlatma Uygulaması

Bu tekniğin üzerine yapılan araştırmalar göstermiştir ki, mini patlatma uygulamalarında boy, çap, gibi delik parametrelerinin belirlenmesi beton yapının boyutları ve geometrisiyle doğrudan ilişkilidir.

hazırlık evresinde yürütülmüştür. Bu çalışmaların birinci aşamasında, her apartman dairesindeki alçı tavanlar, klozetler ve lavabolar gibi iç ekipmanların ve aksesuarların kaldırılması işlemleri yapılmıştır. İkinci aşamada ise duvarların kaldırılması ya da izole edilmesi işlemleri (kirişlerin altında, döşemelerin üstünde ve kolonların yanında izolasyonun yapılması) yürütülmüştür. Yapılan bu iki aşamalı hazırlık çalışmasının detayları ve kapsamı maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

1. İç ekipmanların ve aksesuarların bütün katlardan taşınması
2. Aşağıdaki durumları sağlamak için duvarların izole edilmesi ya da kaldırılması işlemleri yürütülmüş,
 - Bina üç bölüme bölünmüştür.
 - Duvarlar ve döşemeler hidrolik kırıcılar kullanılarak kırılmıştır.
 - Birinci ve üçüncü katlar arasındaki tüm dış duvarların bütün çevresi kesilmiştir.
 - Dördüncü ve altıncı katlar arasındaki betonarme duvarlar kısmen kesilmiştir.
3. Doğu yönündeki duvarlar 1, 3 ve 5. katlarda yaklaşık 10 cm genişliğinde kesilerek izole edilmiştir. Buna ilaveten 6 ve 7 no'lu akslar arasında gerilme uygulanarak yıkımın güneybatı doğrultusunda meydana gelebilmesi için planlar yapılmıştır.
- d) Binanın üzerindeki çıkıntı yapılar çatı üstünden 20 cm genişliğinde kesilerek izole edilmiştir.

Patlayıcıların Yerleştirilmesi

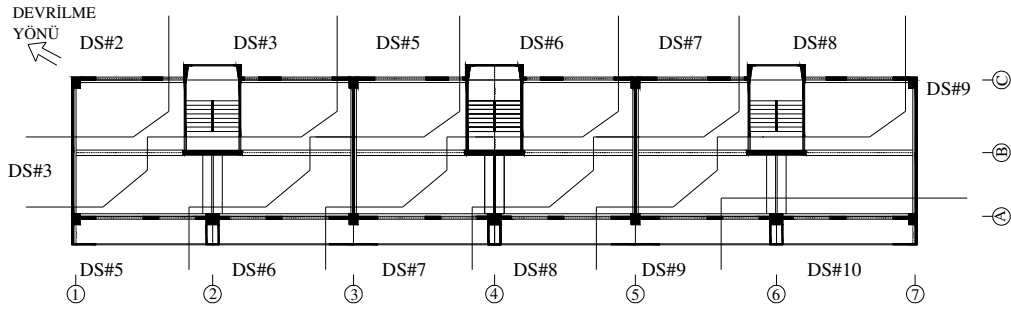
Betonarme bina, rijit kutu kesitli, sol ve sağ yönde simetriktir. Yapıda kolan duvarlarına ek olarak birçok ayırıcı duvar ve merdiven duvarları vardır. Binanın rijitliği altı katlı bir binaya oranla yüksektir ve bu da yıkımı güçleştirmektedir.

Bina Japon standartlarına göre asismik olarak, yıkılmasının zor olması düşünülerek dizayn edilmiştir. Bu yüzden binanın patlatmayla yıkımını sağlamak sorun oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak büyük miktarda patlayıcı kullanımı olan bir plan yapılmıştır. Şekil 9.2 ve 9.3'de patlayıcı yerleşim planı verilmiştir.

TABLO 9.1: Patlayıcı Miktarları(kg) ve Erteleme Zamanları

Evre	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Kapsül no	DS#2	DS#3	DS#5	DS#6	DA#7	DS#8	DS#9	DS#10
Erteleme(sn)	0,00	0,25	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,05
Patlayıcı miktarı(kg)	6,70	19,80	22,35	28,00	22,35	28,45	17,45	8,70

Yıkımda 153,8 kg patlayıcı ve toplam 1194 adet elektrikli kapsül kullanılmıştır.

**Şekil 9.4 : Elektrikli Kapsüllerin Zaman Yayılımı**

Koruma Önlemleri

Her patlatmalı yıkım çalışmasında olduğu gibi bu çalışmada da çevrede yaşayan insanların büyük bir kısmının yıkımı seyretmek için toplanacağı düşünülmüştür. Bu nedenle yeterli güvenliğe sahip gözlem noktasının seçilmesi gerekli olmuştur. Ancak yıkım sahasındaki topografik şartlardan dolayı güvenli bir bölgenin oluşturulması işlemi oldukça zor olmuş ve fırlayan parçaların önlenmesi için ek önlemler geliştirilmiştir. Geliştirilen bu çalışmalar hem çevrenin korunması hem de yapı içi korumanın sağlanması için yürütülmüştür. Yürütülen bu koruma çalışmasının detayları aşağıda verilmiştir. Çevreye zarar verebilecek fırlayan parçaların önlenmesi için yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

- Güney kenarı üzerinde, 6 tane koruyucu örtü apartmanın her verandası üzerine boydan boya düşey olarak yerleştirilmiş ve bu yerlerde sabitlenmiştir.

- Güney ve kuzey kenarların her ikisi üzerindeki patlama oluşacak dış duvarlar koruyucu örtülerle örtülmüştür. Ayrıca patlayıcıların yerleştirildiği kirişlere bağlanan dış duvarlar da koruyucu örtülerle örtülmüştür.
- Kuzey yönünde merdiven kolonlarına komşu olan kirişlerin böldüğü bölümler koruyucu örtülerle kaplanmıştır.
- Doğu ve batı tarafta patlayıcıların ulunduğu dış bölümler koruyucu örtüler kullanılarak örtülmüştür.

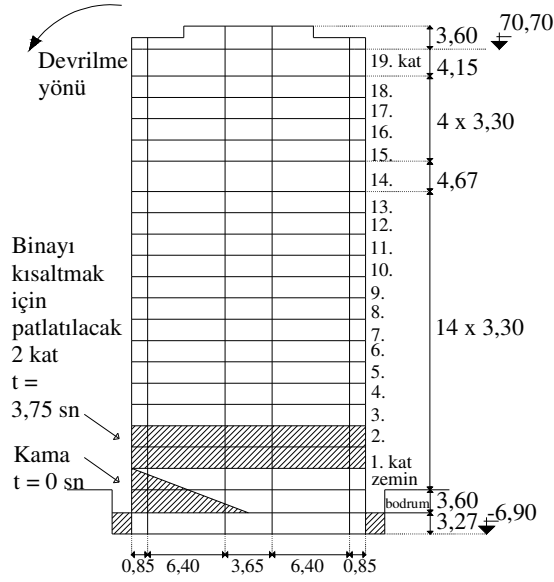
Sonuç

Bina planlandığı şekilde istenilen yöne başarılı bir şekilde patlatılarak yıkılmıştır. Ancak bina istenilen küçüklükteki parçalara bölünmemiştir.

9.2. On Dokuz Katlı Betonarme Binanın Patlatmayla Yıkımı

Bu çalışma, Almanya'nın Frankfurt kentinde bulunan 45 ve 75 m yüksekliklerindeki eski idare binalarının yıkılması için yürütülmüştür. 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 aksamaması, yavaş yıkım, sürekli gürültü, toz ve sarsıntı oluşumu vb.), belediye yetkililerinin detaylı patlatma planları ile ikna olmalarını kolaylaştırmıştır [19]. Alçak bina patlatmayla devrilerek nispeten kolay yıkılmış olup, ana binanın devrilme yönünde 75 m'lik boş arazi bulunmadığından devrilme sırasında binanın 2 katının patlatılarak boyunun yaklaşık 60 m'ye düşürülmesi planlanmıştır (Şekil 9.5).

Yıkım yerine en yakın binanın 30 m ve Alman Demiryollarının 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 9.5 : Patlatılacak Binada Açılan Kamanın ve Katların Konumu

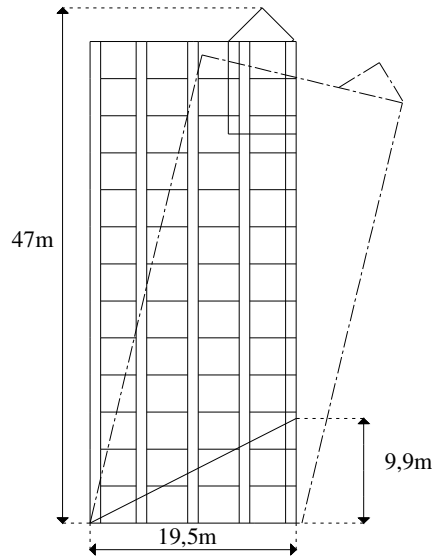
Yapının yük taşıyıcı sistemi esas olarak enlemesine ve boylamasına duvarlardan oluşan merkezi bir çekirdektir. Tüm duvarlar betonarme olup, dış duvarlar, bodrum ve zemin katlarda kare kesitli betonarme destekler üzerinde duran masif, yuvarlak çelik sütunlar içermektedir. Patlatma kaması bodrum ve zemin 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 delikler açılmıştır.

1. ve 2. katlarda sadece devrilme yönüne paralel duvarlar zayıflatılmış olup, bu yöne dik duvarlarda hiçbir işlem yapılmamıştır. Ayrıca devrilme ekseninin hemen arkasındaki 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), kısa delikler ise jelatinit 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 patlatmanın 3,75 saniye gecikmeli olması sağlanmıştır. Kapsüllerin ateşlenmesi ile patlatmanın seyri tamamen planlandığı gibi gelişerek, bina önce istenen yöne doğru yatmış, daha sonra

2 kat kısalarak tamamen devrilmiştir. Yıkım sırasında meydana gelen sarsıntılar ise kabul edilebilir sınırlar içinde kalmış ve çevrede hiçbir zarar kaydedilmemiştir.

9.3. Betonarme Bir Silonun Patlatmayla Yıkım Örneği

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, patlatma ile yıkılması söz konusu olmuştur.



Şekil 9.6 : Patlatılacak Silo ve Uygulanan Kama Boyutları

Yapı yaklaşık 3000 m³ betonarmeden oluşmakta olup, yapı iskeletini oluşturan betonarme kolonlar 0.8 x 0.8 m boyutlarındadır. Yıkılacak silo yakınında zarar görmemesi gereken yapı ve tesisler bulunduğundan, yıkım yönünün ve kullanılacak patlayıcı miktarının oldukça hassas olarak hesaplanması gerekmektedir. 47 m yüksekliğindeki ve yaklaşık 6000 ton ağırlığındaki yapıyı istenilen yöne devirmek amacıyla, oldukça büyük bir kama oluşturmak gerekmiştir. Bunun için birinci sıra kolonlar 9.90 m yüksekliğe kadar, bunun arkasındaki sıralar da giderek azalan yüksekliklerde delinmiştir (Şekil 9.6). Son sıra kolonlara sadece birer delik delinmiş olup, bunların amacı arka duvarı ayırmaktır. Bu son sıra kolonlar göz önüne alınmazsa, 3.5 m yüksekliğindeki toplam 42 kolon parçasına 7’şerden toplam 294 delik delinmiştir [5].

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. Delikler arası mesafe 0.55 – 0.6 m civarında alınmıştır. Delik başına düşen patlayıcı madde miktarı bu koşullarda geçerli olan Hauser bağıntısı kullanılarak,

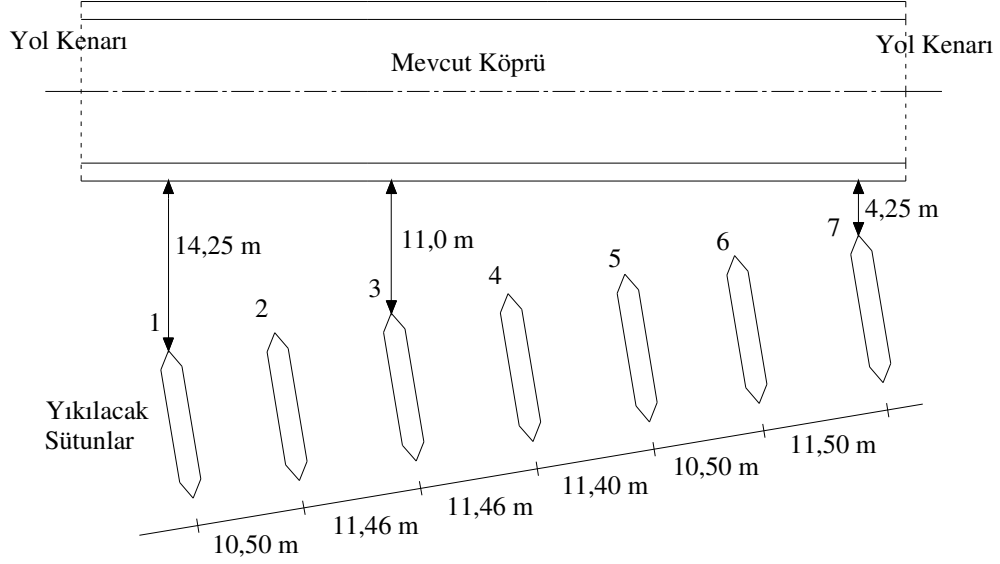
$$L = w^3 \cdot c \cdot d / 1,5 = 0,4^3 \cdot 6,5 \cdot 1/1,5 = 0.277 \text{ kg}$$

Ammon - Gelit 2 olarak bulunmuştur. Bu şekilde toplam yaklaşık 82 kg'lık bir patlayıcı tüketimi olmuştur. Şekilde, 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. Yıkım sonrasında yapılan gözlemler sonrasında yapının uygun parça boyutlarında belirlenen enkaz alanı üzerine yığıldığı belirlenmiş ve çevre yapılar üzerinde patlatma kaynaklı her hangi bir olumsuz etkinin oluşmadığı saptanmıştır.

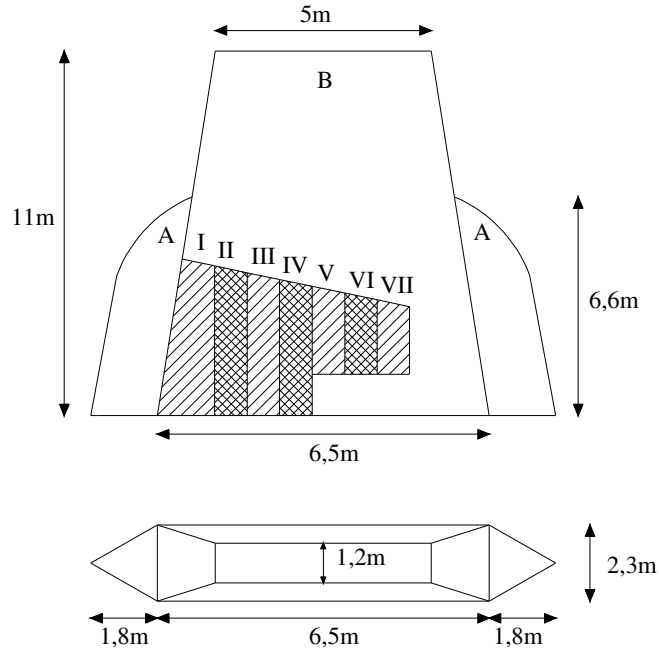
9.4. Beton ve Taş Köprü Sütunlarının Patlatmayla Yıkım Çalışması

Bu bölümde; Hindistan da gerçekleştirilen bir köprü sütunu yıkım çalışması anlatılmaktadır. Bu yıkım çalışmasında eski bir köprüye ait olan toplam yedi adet betonarme ve taş sütunun patlatmayla yıkımı gerçekleştirilmiştir. Patlatmayla yıkımı gerçekleştirilen eski köprü sütunlarının uzunluğu 11 metredir. Patlatılacak sütunlara 4.25 ve 14.25 m arasında değişen uzaklıklarda yeni bir köprünün ve 40 m ötede bir fabrikanın bulunması nedeniyle patlatma çalışmalarının sürekli kontrol altında tutulması gerekli olmuştur [26].



Şekil 9.7 : Yıkılan Köprü Sütunlarının Yerleşim Planı

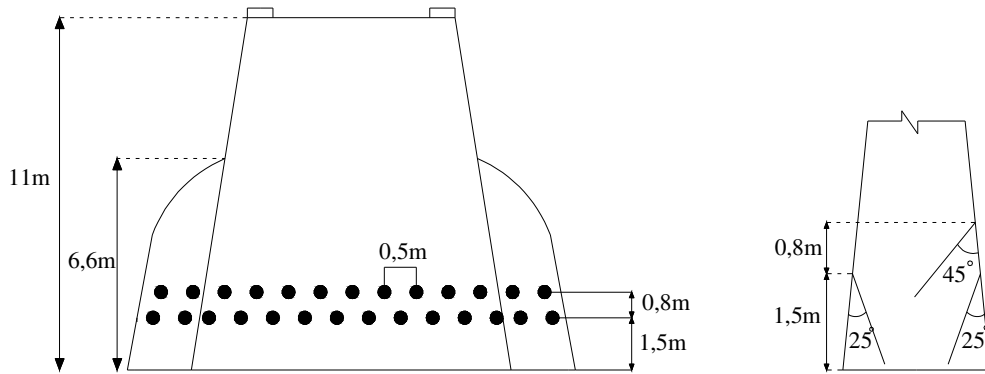
Yıkılan sütunlardan yedi numaralı sütun yeni köprüye en yakında (4.25 m), bir numaralı sütun ise yeni köprüye en uzakta (14.25 m) yer almaktadır (Şekil 9.7). 2 ve 6 numaralı sütunlar harçla sıvanmış taş bloklardan, diğer 5 sütun ise betondan imal edilmişlerdir. Betonarme sütunlar 2.3 m kalınlıkta 10 m genişlikte ve 11 m yükseklikte. Sütunları desteklemek amacıyla her bir sütunun her iki yanında 6.6 m yüksekliğinde üçgen şeklinde parçalar yer almaktadır (Şekil 9.8).



Şekil 9.8 : Sütunun Patlatma Aşamalarının Planı ve Kenar Görünüşü

Çalışmada öncelikle 1, 5 ve 7 numaralı beton sütunlar patlatılmıştır. Bu üç sütun için üç ayrı patlatma testi yapılmıştır. İlk teste yapının ve yakınındaki köprüyü korumak için patlatma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada yanlardaki iki üçgen biçimli parça (A), ikinci aşamada ise sütunun geriye kalan ana parçası (B) patlatılmıştır.

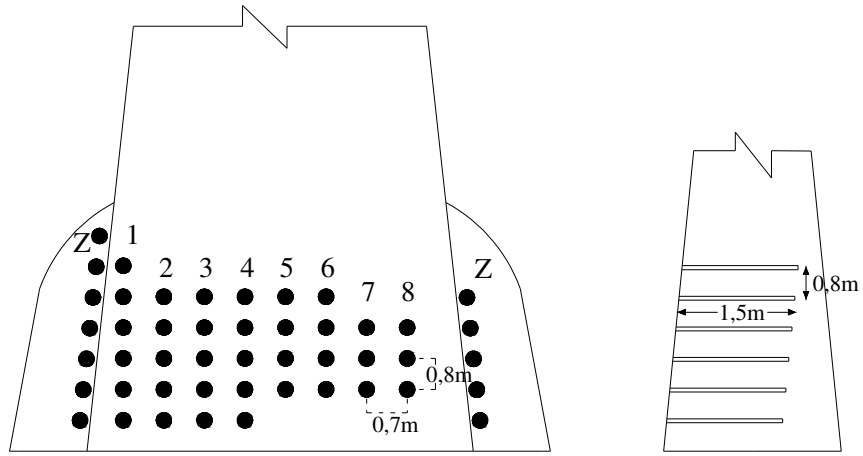
İlk aşamada delikler iki sıra halinde delinmiştir. Birinci sıradaki delikler 0.6 m aralıklı olarak 0.7 m uzunlukta yatay olarak delinmiştir. İkinci sıradaki delikler, ana sütun ile ek parça arasındaki birleşime yakın bölgede 1 m aralıklarla 1.5 m derinlikte yatay olarak delinmiştir. İkinci aşamada ise yine delikler yatay olarak açılmıştır. Ancak 0.6 m yükseklik, 0.7 m yatay aralık bırakılarak 1.5 m derinlik de delikler delinmiştir. İkinci testte sütun köprüye en uzak mesafede (14.25 m) olduğundan dolayı patlatma denemesi sütunu dikey bir yönde yıkmak için yapılmıştır. Bunun için sütun genişliği boyunca 3 sıra delik delinmiştir. İlk iki sıradaki delikler sütunun her iki yanından yerden 1.5 m yükseklikten dikeyle 25° lik açı yapacak şekilde 0.5 m aralıklarla 1.5 m derinlikte açılmıştır. Üçüncü sıradaki delikler ise diğer sıraların birinden 0.8 m yükseklikten yatayla 45° lik açı yapacak şekilde 0.5 m aralıklarla 1.5 m derinlikte açılmıştır (Şekil 9.9).



Şekil 9.9 : Bir Nolu Sütunun Yıkımı İçin Oluşturulan Patlatma Şablonu

Üçüncü testte ilk testteki sütunun doğal düşme yönü göz önüne alınarak, bütün sütun bir yöne yıkılmıştır. Bu teste düşme yönü göz önünde bulundurularak uzayan üçgen parça üzerine iki sıra delik delinmiş diğer üçgen parça üzerine ise tek sıra delik delinmiştir. Devrilme yönü ve patlatılmış malzemenin taşınma zorunluluğu göz önünde bulundurularak ilk üçgen parçadaki iki sıra deliğe yeterli miktarda patlayıcı şarj edilmiştir. Arkadaki üçgen parçaya ise ana ayağın bitişme yeri boyunca

ayrılmasını sağlamak ve patlatmadan sonra ayağın çökmesine karşı koymasını engellemek için daha az patlayıcı şarj edilmiştir. Bu denemede, birinci denemede patlatma denemesinde göz önünde bulundurulan, üçgen biçimli parçanın önündeki patlatma geometrisi birinci denemedekine benzer tutulmuştur. Bununla beraber ana ayaktaki patlatma geometrisinde önemsiz bir değişiklik ile dilim kalınlığı 0,7 m, delikler arası mesafe ise 0,8 m alınmıştır. Arkadaki üçgen biçimli parçada ise delikler 0,8 m bir aralıkta ana ayak ve uzun parçanın birleşme yerinde delinmiştir. Bütün patlatma delikleri, üçgen biçimli parçanın önündeki ilk sırada düşünülerek 1,5 m derinliğinde delinmişlerdir. Üçgen parçanın önündeki ilk sıra 0,8 m derinliğindeki deliklere sahip olmuştur. Bu denemede maksimum şarj, her gecikmedeki delik, toplam şarj ve toplam delik sayısının detayları Tablo 9.2’de verilmiştir. Şekil 9.10’da delik düzeni ve ateşleme sistemi gösterilmiştir.



Şekil 9.10 : Beş Nolu Sütunun Yıkımı İçin Oluşturulan Patlatma Şablonu

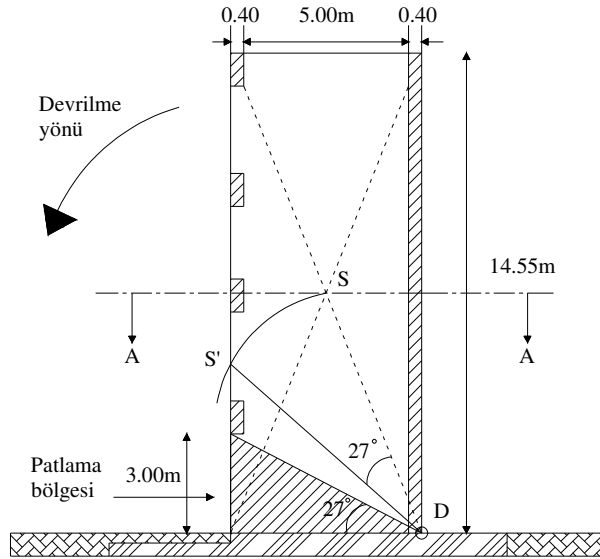
Tablo 9.2: 5 Nolu Sütunun Yıkımında Uygulanan Patlatma Tasarım Parametreleri

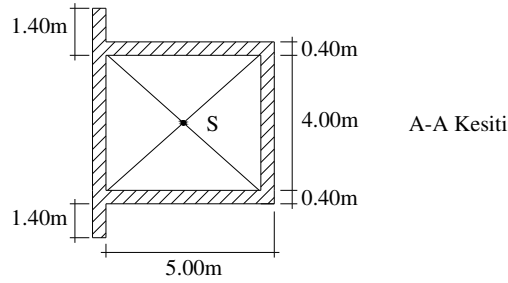
Gecikme no	Delik sayısı	Gecikme başına şarj (kg)
0	12	3,9
1	6	2,34
2	5	1,95
3	5	1,95
4	5	1,95
5	4	1,56
6	4	1,56
1	3	1,17
2	3	1,17
Toplam	47	17,55

Ayrıca bu çalışmada patlatma bölgesinden sırasıyla 4,5 m ve 40 metre ötede patlatmadan etkilenmesi muhtemel yapılar bulunmasından dolayı, patlatma sürekli kontrol altında tutulmuş ve kontrollü olarak yapılan kademeli patlama işlemleri ile sütunların yıkımı başarıyla tamamlanmıştır. Buna rağmen çalışma boyunca sürekli olarak alınan titreşim ölçümleri sonucunda oluşan yersarsıntısından dolayı çevre yapılar üzerinde herhangi bir hasar oluşturacak titreşimlerin ortaya çıkmadığı belirlenmiştir.

9.5. Betonarme Bir Kulenin Patlatma ile Yıkım Örneği

Bir yerleşim merkezi ile yakındaki sanayi tesisleri arasına bir ses yalıtım duvarı inşa etmek üzere, söz konusu duvarın planlanan hattı üzerinde bulunan eski bir mıcır tesisine ait bir betonarme kulenin yıkılması gerekmektedir. Kulenin her iki tarafında, yapımında kaliteli çeliğin kullanıldığı 2 tane betonarme kanat duvarı yer almaktadır. Yakın çevrede konut, yol, tren istasyonu gibi yapılar bulunduğu için, parça fırlaması tehlikesi özellikle göz önünde bulundurulmaktadır. Gerekli kama dizaynı çizimle yapılmış olup (Şekil 9.11), devrilme için S ağırlık merkezinin yapının dış duvarına kadar yer değiştirmesi yeterli görülmüştür.





Şekil 9.11 : Yıkılacak Betonarme Kule ve Kama Boyutları

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.

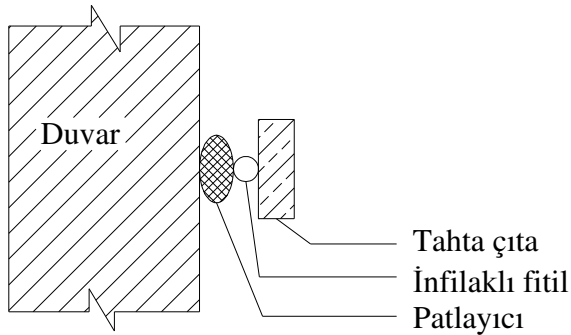
$$L = w^2 c d a/2 = 0.2^2 \times 3.5 \times 1 \times 0.35 = 0.025 \text{ kg Ammon-Gelit 3}$$

w: Duvar kalınlığının yarısı = 0.20m

d: Sıkılanmış delik için = 1

a: Delikler arası mesafe = 0.35m

Yüzey şarjları ise 20 cm kalınlığındaki duvarların üzerine 40 cm'lik aralıklarla (çitalar arası ve çita üzerindeki patlayıcılar arası mesafe) infilaklı fitilli çitalar yardımıyla yapıştırılmıştır (Şekil 9.12).



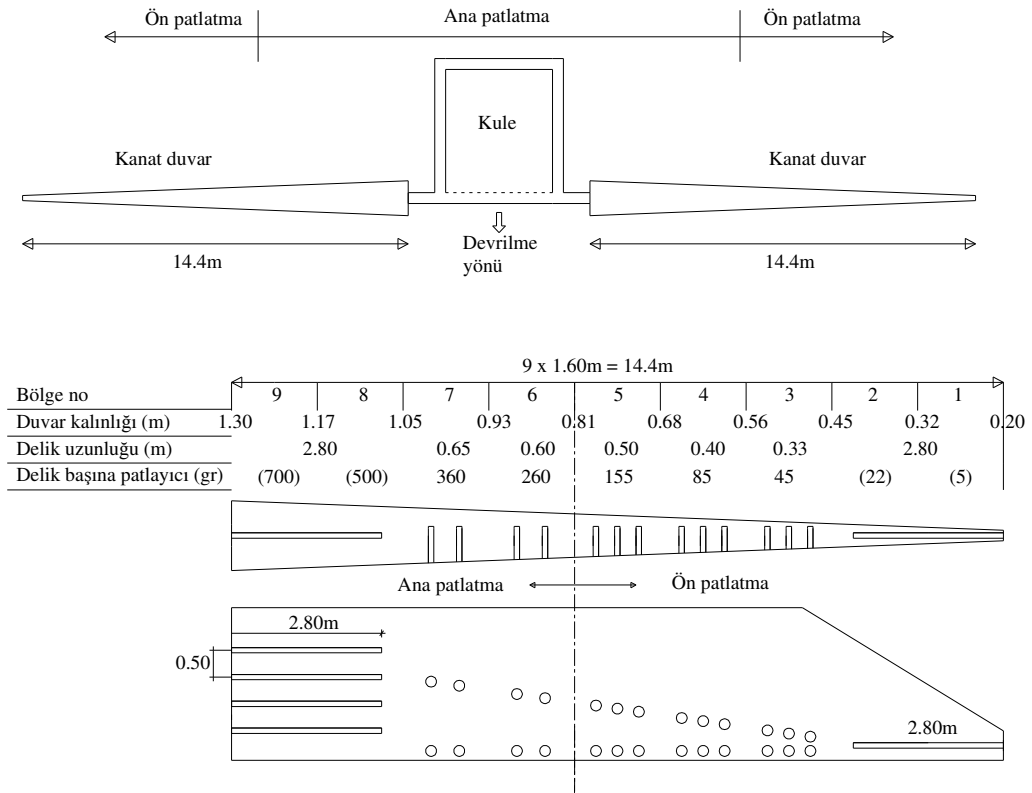
Şekil 9.12 : Yüzey Şarjlarının Uygulanış Şekli

Kulenin her iki tarafında, kalınlığı 0.20 ile 1.30 m arasında değişen 2 adet betonarme kanat duvar vardır. Deliklerin bir kısmı bu duvarın ekseni boyunca, bir kısmı da enine delinmiştir (Şekil 9.13). 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 ile 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 üst üste 4 delik delinmiştir. Patlayıcı miktarları yine aynı formülle hesaplanmıştır.

Örneğin 6 no'lu bölge için;

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

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



Şekil 9.13 : Kanat Duvarların Kesiti ve Delik Paterni

Kuleden uzaktaki duvar kısımlarının planlanan kula devrilme yönüne negatif etki yapmamaları için, kanat duvarlarının 1–5 bölgeleri önceden patlatılmıştır. Bu yolla aynı zamanda c değerinin doğru alınıp alınmadığı da sınanmış olmaktadır.

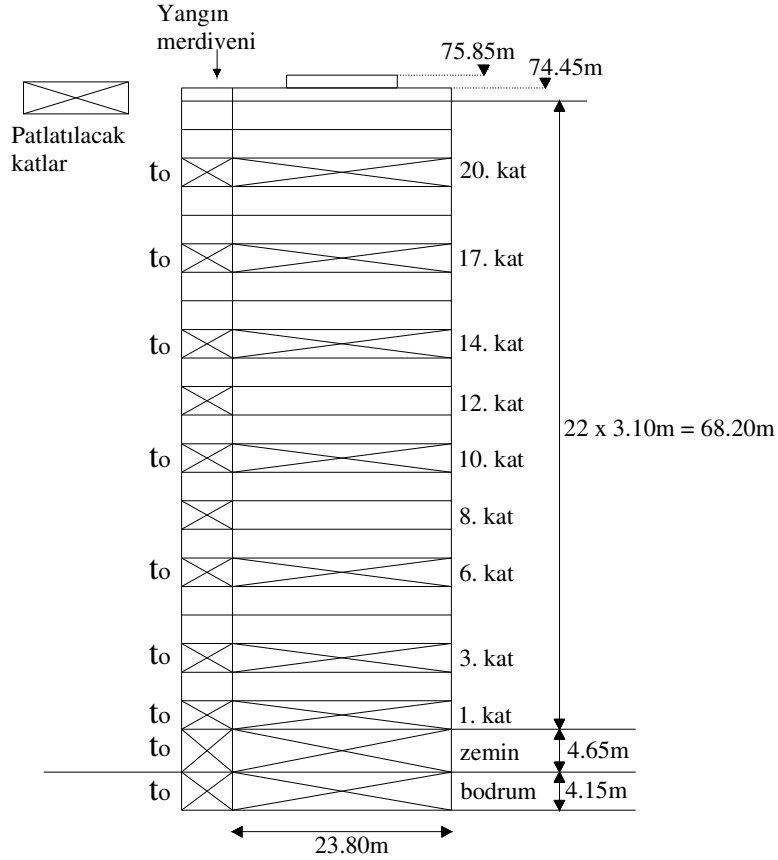
Patlatmada 25 delik ve yüzey şarjında toplam 46.3 kg Ammon-Gelit 3 ve 12 gr/m'lik 75 m infilaklı fitil kullanılmıştır. Kuledeki ve kanat duvarlarının 6 ve 7 no2lu bölgelerindeki delikler aynı anda ateşlenmiştir. Ancak kanat duvarlarının en kalın bölgesindeki delikler, duvarların ters yöne devrilmelerini önlemek amacıyla, ana patlatmadan sonra 100 ms'lik bir gecikmeyle patlatılmıştır.

Sonuç olarak yapı arzu edilen şekilde çevreye herhangi bir zara vermeden istenen yöne devrilerek yıkılmıştır.

9.6. Betonarme Bir Binanın Patlatmayla Yıkım Örneği

Yıkılmak istenen bina, Hamburg'un merkezinde 1965 yılında inşa edilmiş, yaklaşık 80 m yüksekliğinde, 23.80 m x 23.80 m taban alanına ve 5.50 m x 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 oluşabilecek 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 ile 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 9.14).



Şekil 9.14 : Patlatılacak Katların Görünüşü

Patlatma deliklerinin ve duvarlardaki gerekli zayıflatıcı açıklıkların açılmasında 8 işçi 4 ay süreyle çalışmış, duvar ve kolonlara 0.16 ile 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; $L = w a_B h c d / 4$ formülü kullanılarak

Zemin kat için ($h = 0.80$ m; $a_B = 0.60$ m; $c = 4$; $d = 1$)

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

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

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

6. kat için ($h = 0.70$ m; $a_B = 0.60$ m)

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

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

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

17. kat için ($h = 0.50$ m; $a_B = 0.50$ m)

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

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

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

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

$$L = w h c d / 4$$

0.30 m kalınlığındaki duvarlar için;

$$L = 0.15 \times 0.30 \times 3.5 \times 1 / 4 = 0.039 \text{ kg} = 40 \text{ gr/m (Supercord 40)}$$

0.25 m kalınlığındaki duvarlar için;

$$L = 0.125 \times 0.25 \times 3.5 \times 1 / 4 = 0.027 \text{ kg} = 25 \text{ gr/m (2 x Dynacord 12)}$$

0.20 m kalınlığındaki duvarlar için;

$$L = 0.10 \times 0.20 \times 3.5 \times 1 / 4 = 0.0175 \text{ kg} = 20 \text{ gr/m (Supercord 20)}$$

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.

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 saniye içinde hiçbir yöne kaymadan tamamen taban alanı üzerine yıkılarak, yüklenmeye uygun parça boyutuna inmiştir. Titreşimler ise önceden hesaplandığı gibi çok küçük değerlerde oluşmuştur.

9.7. Kemer Şeklindeki Betonarme Köprünün Yıkımı

Bu örnekte, Ohio Akron'da 1950 yılında, Cuyahoga Vadisi'nden geçen ırmağın üzerindeki kemer şeklindeki betonarme köprünün yıkılması anlatılacaktır. Yıkım çalışmasına başlanmadan önce aynı işlevi görecektir çelik konstrüksiyonlu bir köprü hali hazırda inşa edilmiştir.

1913 yılında kurulan eski betonarme köprünün temeline ve üst yapısına 3800 m³ beton harcandığı tahmin edilmektedir. Yapı en üst noktasından, vadiden 60 m yükseklikte 5 açıklıkta ve kemer şeklinde inşa edilmiş olup 38 m uzunluk ve 7.80 m

genişlikte bir köprüdür. Ayrıca her iki tarafta da 1.50 m genişlikte yaya yolu konsolları bulunmaktadır.

Yıkılacak köprüye 36 m uzaklıkta yeni yapılan çelik köprünün olması ve yıkılacak köprünün altındaki alanda Akron şehrine ait belediye parkının bulunması gerçekleştirilecek yıkım için sorun teşkil etmektedir. Yetkililer yapılan incelemelerden sonra en elverişli metodun patlayıcıyla yıkım olacağına karar vermiştir.

Dikkatli çalışmalardan sonra boşaltım sahasının, prensip olarak ortadaki açıklığın altında olacağına karar verilmiştir. Dolayısıyla patlatma işlemi öyle yapılmalıydı ki çıkan betonun mümkün mertebe bu alana veya bu alana yakın sahalara düşürülmesine çalışmalıydı. Ayrıca yıkımın gerçekleşeceği zemin kaya olduğundan (sert zeminler patlama şokunu çok iyi ilettikleri için oluşacak zemin titreşimleri çevrede hasara neden olabilir) ve yıkılacak köprünün yakınında hasar görmemesi gereken yapı ve tesisler bulunduğundan kullanılacak patlayıcı miktarının oldukça hassas olarak hesaplanması gerekmektedir.

3 no'lu açıklık diye adlandırılan merkez açıklığın direkt olarak aşağıya, 2 ve 4 no'lu yan açıklıkların ise bu merkez açıklığın altına düşürülmesine çalışılmıştır. Ayrıca kırılan beton parçaların, dik kayalardan ana boşaltım sahasına gelecek olmasıda bir avantajdı. Buna bağlı olarak orta açıklığın yol ve yaya yolu kesimleri her iki uçtan kesildi. Bundaki amaç; yandaki açıklıkların beklenmedik şekilde orta açıklık tarafından çekilmesini önlemektir.

Orta açıklığın kemer şeklindeki taşıyıcılarına delikler açıldıktan sonra % 50 oranında jelatin, dinamit, merkeze yerleştirilmiştir. Bütün şarjların aynı anda yapılmasına dikkat edilerek, patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu açıklık direkt olarak, planlandığı gibi aşağıya düşmüştür.

Orta açıklık gidince, yan açıklıkların baştaki uçlarının dayanabileceği hiçbir taşıyıcı eleman kalmamıştır. Her iki açıklıktaki kemerler yavaşça boşalarak aşağıya doğru sarkmıştır. Kemer sütunları düşey durumdan, merkez açıklığa doğru bir açıyla hareket etmeye başlamıştır.

Birkaç saat olay gözlendikten sonra herhangi büyük bir hareketin olmayacağı ve açıklıkların tutulacağı sanılmıştır. Bununla birlikte 4 no'lu açıklığın baştaki ucu merkezdeki alana doğru ilerleyerek büyük bir gürültü ile boşaltım alanına çökmüştür.

İki gün sonra 2 no'lu açıklık hareket etmeye başlamış, bu sırada altındaki alan temizlenip, tekrar korunmaya alınmış ve sahaya kimsenin girmesine izin verilmemiştir. Günün akşamında büyük bir çöküntü ile 2 no'lu açıklıkta boşaltım sahasına düşmüştür.

1 ve 5 no'lu açıklıklar ise yeterince sağlam olarak ani bir harekete karşı ayakta durabilmekteydiler. Bunlarda patlatılarak aşağıda merkezdeki alana yuvarlanmıştır.

Köprü yıkıldıktan sonra, ağır teçhizatlar ki; 2 adet vinç ve 2 adet buldozer sahaya getirilmiştir. Köprünün yüksekten düşen kimi beton kesitleri, vadinin kaya zeminine büyük bir hızla düşerek elle tutulabilecek parçalara bölünmüştür. Daha sonra 1.5 tonluk çelik top ile ezilerek daha küçük parçalara dönüştürülmüştür. Bunlar vinçler ve buldozerlerle temizlenip, hatta kimi yerlerde şevlerden 6 metre toprak alınarak yeni şevler ve çizgiler meydana getirilmiştir.

9.8. Beton Dolgunun Mini Patlatma ile Yıkılması

Haziran 1942'te, Danimarka'da inşa edilen Great Belt Link tüneline çalışmakta olan "Dania" adlı tünel delme makinesinde yangın başlamış ve tünel içinde yüksek sıcaklık oluşumu meydana gelmiştir. Bunun üzerine ortaya çıkan bu yüksek sıcaklığın tünelin inşası tamamlanmış kısımlarına zarar vermesini önlemek ve yangının sönmesini sağlamak için tünel boşluklarına geçici beton dolgular yapılmıştır [29]. Birkaç ay sonra yangının tamamen sönmesi ve sıcaklığının düşmesi ile tünelin inşasına kalan yerden devam etmek için beton dolguların tekrardan kaldırılması gündeme gelmiştir.

Geçici beton dolguların kaldırılmasını sağlamak, geri kalan inşaata ve var olan tünel hattına zarar vermemek için büyük bir itina gerekmekteydi. Bunun üzerine tüneli inşa eden müteahhit firma değişik yıkım metotlarının detaylı bir araştırmasını yapmış ve beton dolgunun mini patlatma ile yıkılmasına karar vermiştir.

Tünel hattına zarar vermemek için mini patlatma uygulaması tünel duvarından minimum 500 mm mesafede olacak şekilde tasarlanmış ve ilk olarak, patlatmanın tünele olan etkisini ölçmek ve belirlenen şarj miktarının etkisini anlamak üzere test patlatması yapılmıştır.

Test sonuçlarının değerlendirilmesinden sonra, tasarım yeniden gözden geçirilerek en uygun patlatma modeli oluşturulmuş ve bu model mini patlatma uygulamasında

kullanılmıştır. Bu uygulamada mini patlatma kapı açılımından ve tünel duvarından dışarıya doğru olan yerde yapılmıştır. Beton dolgunun kaldırılması için yapılan mini patlatma uygulamasında toplam olarak 98 delik, beton dolgu üzerine 600 mm aralıkta ve kapı yeri çevresinde 300 mm aralıkta olacak şekilde delinmiş ve her bir delik 500 g Gurit ile şarj edilerek 25 ms'lik elektrikli kapsüller kullanılarak patlatılmıştır.

Ayrıca bu çalışmada fırlayan parçalara karşı koruma sağlamak amacıyla, Fibertex (geotextile) malzemeler beton dolgunun tüm açıklıklarına patlatma sırasında asılmış böylelikle parça fırlaması ve hava şoku oluşumu en aza indirilmiştir. Her bir patlatma sonrasında, çalışmaları engelleyebilecek ve tehlike oluşturabilecek beton parçaları tünelden taşınmıştır. Yapılan bu çalışmalara ek olarak patlatma çalışmaları sırasında, tünel duvarlarında oluşabilecek muhtemel titreşim hasarlarının kontrol altında tutulması amacıyla titreşim ölçer cihazlar belirlenen kritik bölgelere yerleştirilerek, patlatma sırasında tünelde oluşan titreşimin büyüklüğü ölçülmüştür. Alınan ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda oluşan titreşim büyüklüklerinin hasara neden olabilecek boyutlara ulaşmadığı belirlenmiştir.

9.9. Türkiye'den Bir Örnek

Ülkemizde yıkılması gereken çok büyük yapılar olmaması, işçilik maliyetlerinin ucuz olması, iş güvenliğine gereken önemin verilmemesi gibi nedenlerden dolayı patlayıcı ile yıkım gelişmemiştir. Bu nedenlere ülkemizdeki yıkımcıların patlayıcı ile yıkımdan haberdar olmamalarını ve bu iş için gerekli hesaplardan kaçmalarını da ekleyebiliriz. Fakat gün geçtikte şartlar değişmektedir, artık ülkemizde de yenilenmesi gereken büyük binalar veya sanayi tesisleri olmaktadır. Ayrıca deprem sonrası oluşan bütün hasarlı binaları geleneksel yöntemlerle yıkmak çok zaman alacaktır.

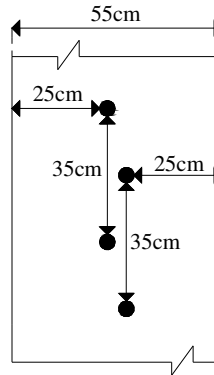
Yapılan araştırma sonucu ülkemizde patlayıcı ile yapı yıkımına ait iki kaynağa rastlanmıştır. Bu konuda dünyada yapılmış birçok uygulama ile ilgili bilgi bulunmaktadır. Burada örnek olarak, ülkemizde yapıldığı ve ekonomik karşılaştırması bulunduğu için Barutsan A.Ş. tarafından yapılan 3 katlı binanın yıkımı anlatılacaktır. Diğer yıkım çalışması da yine Barutsan A.Ş. tarafından yapılmış, ayaklı bir su deposunun yıkımıdır.

Barutsan A.Ş. tarafından yapılan ilk çalışma 1991 yılında kuruluşun fabrika sahasında bulunan bir yapı yıkımıdır. Yıkılan yapı 10.2 m yüksekliğinde, 8 m uzunluğunda ve 6 m eninde eski ve kullanılmayan bir teksif hane binasıdır. Bina 3 kattan oluşmaktadır, taşıyıcı sistemi 0.55 m kalınlığında tuğla ve beton kolonlardan oluşmaktadır. Yıkılacak yapının yıkımında zarar görebilecek başka yapılar bulunmaktadır [31].

Binanın patlayıcı ile yıkımına karar verildikten sonra projesi ve malzeme özellikleri incelenmiştir. Binanın yakınında zarar görebilecek başka yapılar olduğu için hassas hesaplamalar yapılmıştır.

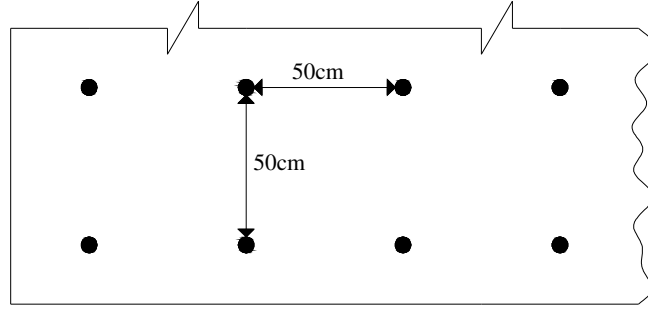
Önce yıkım yönü arazi durumuna göre belirlenmiştir. Yıkım yönü dikkate alınarak patlatılacak yapı elemanları seçilmiştir. Şarj miktarları hesaplandıktan sonra oluşturulacak kama şekline bağlı olarak patlayıcı delikleri açılmıştır. Oluşturulan kama şekline göre, yapıdaki duvarlar ve kolonlar binanın yıkılacağı yönde 3 m’den başlayarak 1.5 m ye kadar azalan şekilde delinmiştir. Bu işlem sırasında kolonlarda 62 adet, duvarlarda 160 adet delik açılmıştır.

Kolonlarda 2 sıra halinde kenarlardan 25 cm uzaklıkta şaşırtmalı delik açılmıştır. Delik arası uzaklık 35 cm olarak seçilmiştir. Delik derinliği 35 cm seçilmiştir (Şekil 9.15).



Şekil 9.15 : Kolonda Açılan Patlayıcı Delikleri

Duvarlarda delikler oluşturulması istenilen kama bölgesi içinde 50 cm delik ve 50 cm sıra aralığı ile açılmıştır. Delik derinliği 35 cm alınmıştır (Şekil 9.16).



Şekil 9.16 : Tuğla Duvarda Açılan Patlayıcı Delikler

Delikler 25 x 200 mm jelatinit dinamit ile doldurulmuş ateşleme elemanları bağlandıktan sonra gazete kağıdı ile sıkılanmışlardır. Patlatma için kullanılan toplam patlayıcı miktarı 19.5 kg'dır. Birim gecikme başına en fazla 5.27 kg patlayıcı kullanılmıştır. Delik başına hesaplanan jelatinit dinamit miktarı kolonlarda 104 gr, duvarlar da ise 82 gr'dır.

Tablo 9.3: Delik Şablonları

Malzeme	Kalınlık (cm)	Delik derinliği (cm)	Delik aralığı (cm)	Sıra aralığı (cm)	Delik sıra sayısı	Delik başına şarj miktarı (gr)
Beton kolon	55	35	35	5 şaşırtmalı	2	104
Tuğla duvar	55	35	50	50	değişken	82

Gecikme aralıkları, birim zamanda patlatılacak patlayıcı miktarı ve binanın yıkım yönü dikkate alınarak seçilmiştir. Toplam 6 adet gecikme aralığı kullanılmıştır. Yapı elemanlarındaki deliklerin gecikme numaraları Tablo 9.4'te verilmiştir.

Tablo 9.4: Gecikme Numaraları

Kullanıldığı yer	Adet	Numara
Kolon	34	1
	28	3
Duvar	62	2
	54	4
	26	5
	18	6

Parça savrulmasını ve hava şokunu önlemek için patlayıcı yerleştirilen yapı elemanları branda bezi ile örtülmüştür.

Yapılan patlatma sonrası bina olduğu yere başarılı bir şekilde yıkılmıştır. Yıkım sonrası sadece 30 m uzaklıktaki binanın iki küçük camı kırılmıştır, bunun dışında çevreye başka bir zarar verilmemiştir.

1991 yılında yapılan bu çalışmada patlatma ile yıkım ve geleneksel yıkım arasındaki fiyat farkını görmek için bir kıyaslama yapılmıştır. Bu maliyetler karşılaştırılmak üzere aşağıda hesaplanmıştır. Hesaplar dolar üzerinden yapılmıştır. Bayındırlık birim fiyatları o günkü kur üzerinden dolara çevrilmiştir.

Patlatma ile yıkımın maliyeti

Delik sayısı:

Toplam delik sayısı: 222

Kolonda açılan delik sayısı: 62

Duvarda açılan delik sayısı: 160

Patlayıcı miktarı:

Kolonda açılan deliklere doldurulan şarj miktarı: $62 \times 104 = 6448$ gr

Duvarda açılan deliklere doldurulan şarj miktarı: $160 \times 104 = 13120$ gr Ateşleme elemanı:

Toplam gecikmeli kapsül sayısı: 222 adet

işçilik: $4 \text{ işçi} \times 4 \text{ gün} \times 8 \text{ saat} = 128$ saat

Toplam fiyat:

Jelatinit dinamit (25x200mm)(2.40 \$/kg): $6.448 + 13.120 = 19.568$ kg

$2.40 \times 19.568 = 46.96$ \$

Gecikmeli kapsül (1 \$/adet): $1 \times 222 = 222$ \$

İşçilik (1.6 \$/saat): $1.6 \times 128 = 204.8$ \$

TOPLAM = 473.76 \$

Geleneksel yıkım maliyeti

Geleneksel yıkım maliyeti hesaplanırken ilgili pozlar için fiyatlar 1991 yılı Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyat cetvelinden alınmıştır.

Patlayıcı malzeme kullanmadan çimento ve harçla kagir ve horasan inşaatın yıkılması: $5,46\$/m^3$

$$100m^3 \times 5,46\$/m = 546\$$$

Patlayıcı malzeme kullanmadan demirli ve demirsiz beton inşaatın yıkılması: $11,28\$/m^3$

$$23m^3 \times 11,28\$/m^3 = 282\$$$

Her türlü ahşap çatı sökülmesi: $1,466 \$/m^2$

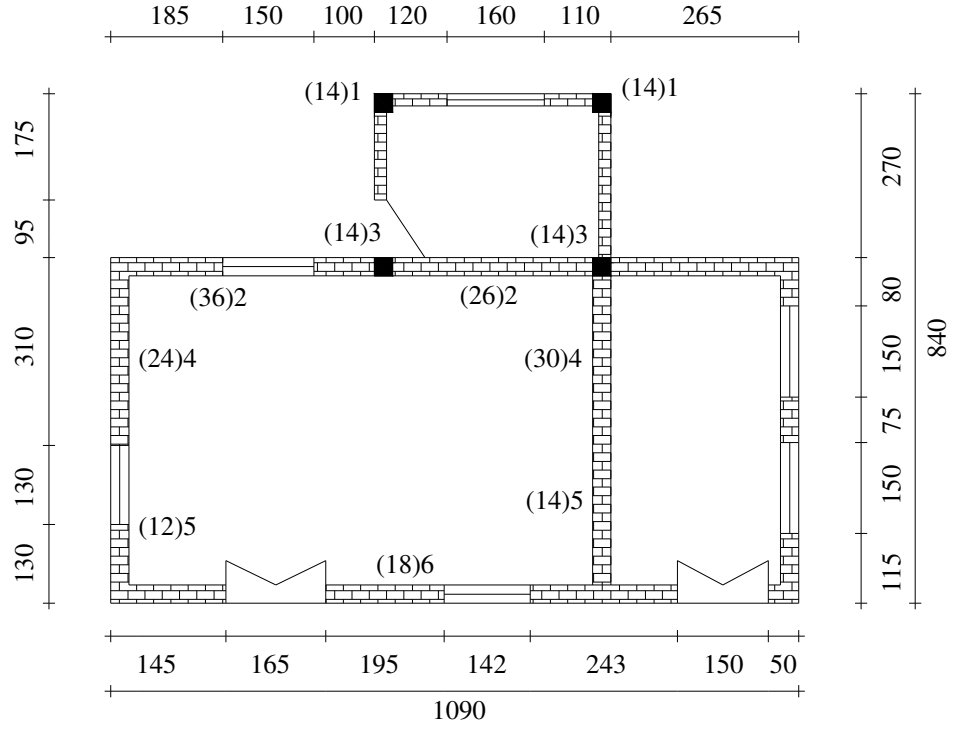
$$60 m^2 \times 1,466 \$/m^2 = 87,96 m$$

$$TOPLAM = 915,96\$$$

Bu örnekte hesaplanan maliyetlerin içinde bazı eksiklikler olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin patlayıcı yerleştirilen elemanların izole edilmesi için kullanılan branda bezlerinin maliyeti hesaplamada yoktur. Ayrıca projelendirme bedeli ve çevre güvenliği için harcanan paralar hesaba katılmamıştır. Patlayıcı ile yıkımda koruma önlemlerinin de maliyetinin fazla olacağı düşünülmektedir. Proje maliyeti ise böyle uzmanlık isteyen bir işte mutlaka hesaba katılmalıdır. Burada çıkartılan maliyetler ile patlayıcı ile yıkımın yaklaşık %51 tasarruf sağladığı görülmektedir. Oysa bu maliyet farkının yukarıda belirtilen masraflarında eklenmesi ile bu kadar farklı olmayacağı düşünülmektedir.

Patlayıcı ile yıkımda küçük ve az katlı yapılarda büyük oranda ekonomik kazanç sağlamak zordur. Ancak patlatılacak yapının boyutları büyüdüğünde patlayıcı ile yıkımın ekonomik ve daha hızlı olduğu görülmektedir.

Şekilde patlatılan 3 katlı yapının zemin kat planı görünmektedir. Planda ölçüler santimetre olarak verilmiştir. Yapı yüksekliği çok fazla olmadığı için patlayıcılar sadece zemin kattaki duvarlara ve kolonlara yerleştirilmiştir. Patlayıcılar daha öncede söylendiği gibi, devrilmenin olması istenen kuzey yönünde 3 m den başlayarak binanın güneyine doğru 1,5 m'ye kadar azalan kama içerisinde delinmiştir. Yapı elemanlarının yanında parantez içinde o bölgede kaç delik delindiği yanında da ateşleme zamanı yer almaktadır (Şekil 9.18).



Şekil 9.17 : Patlatılan Binanın Zemin Kat Planı

10. SONUÇ

Yapı eskimesi, yapıda dördüncü boyut ve eski olma, modası geçmiş ya da kullanılmayan olarak ifade edilmektedir. Eskimiş parça ile de bozulmak, yıpranmak, ya da başka türlü işlevsel olmamak zorunda değildir. Eskimişlik, yapının yıkımının zamanlamasına karar veren bir boyuttur. Yıkım, her zaman olmamakla birlikte genellikle yapıların daha fazla kullanımının mümkün olmadığı durumlarda baş gösterir.

Betonarme yapıların ülkemizde 50'li yıllarda yaygınlaşmaya başladığı göz önüne alınacak olursa birçok yapının günümüzde artık eskimiş olduğu kabul edilebilir ve hatta gözlemlenebilir. Yapı eskimişliğine ek olarak, ülkemizdeki kaçak yapılaşmanın meydana getirdiği kalitesiz yapılarında ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu tür sorunlar diğer faktörlerle birlikte değerlendirildiğinde planlı yıkım konusunun acilen gündeme alınması gereği ortaya çıkmaktadır. Ancak halen ülkemizde yapılan çalışmalar yetersiz ve yıkım işleri klasik yöntemlerle plansız devam etmektedir.

Bu sorunlara hızlı bir çözüm getirilmesi için yapıların patlayıcılarla yıkılması önem kazanmaktadır. Bu kadar çok sayıdaki yapının hızlı bir şekilde yıkılmasını sağlamak için tek yol kuşkusuz patlayıcılarla yapı yıkımı olacaktır. Burada kullanılacak patlayıcı türü, açılacak deliklerin boyutlandırılması, patlayıcıların maden, taş ocağı, barajlardaki kullanımlarından farklı olmaktadır.

Patlatma ile yapıların yıkım tekniği birbirine bağımlı ardışık işlemlerden oluşmaktadır. Bu nedenle, istenilen sonuçların alınması iyi bir yıkım planlamasının yapılması ile mümkün olabilmektedir. Bu planlamada, yapının statik özelliklerine ve ağırlık merkezine göre binanın hangi kısmının patlatılacağı, patlatılacak kısımları oluşturan kolon ve duvar gibi yapısal elemanları oluşturan malzemelerin analizi, bu yapısal elemanların boyutları ve malzeme özelliklerine göre özgül şarj miktarının belirlenmesi, delinecek delik çapının ve toplam delik sayısının hesabı, parçalanmanın iyi olması, yapıyı istenilen yöne yıkmak için uygulanacak ateşleme paterninin ve gecikme aralıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Yapılacak bu tür planlamada

yıkımın istenilen şekilde gerçekleşmesi kullanılacak patlayıcı özelliklerinin ve patlayıcı maddelerin yapı üzerindeki etkilerinin iyi bir şekilde analizi ile mümkün olmaktadır.

Yıkım sonrası ortaya çıkacak olumsuz etkileri engellemek için yıkımın yapıldığı yerin ve çevrenin, boyut ve özellikleri ayrı ayrı ve titiz çalışmalarla incelenmelidir. Patlama sonucu oluşan etrafa dağılacak parçalar, zemin titreşimleri ve hava şoku gibi patlamanın çevreye etkileri tehlike sınırlarının altında kalmalıdır. Bu nedenle patlatma ile yapı yıkım tekniklerinin uygulanmasında çevre tesis ve yerleşim birimlerinin zarar görmeyeceğı şekilde planlamaların yapılması ve kontrollü patlatmaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu tür çalışmalarda patlatma sonucunun sağlıklılığı açısından, hazırlanacak projelerde teknik ve ekonomik unsurların yanında oluşacak çevresel etkilerin minimize edilmesine yönelik olarak kontrollü patlatma ilkelerini göz önünde bulunduran tasarımların yapılması gerekmektedir.

Yapıların patlayıcılarla planlı yıkımında, teorik ve deneysel verilerle yıkımda etken olan bütün faktörler göz önüne alınarak yıkım projesi oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Jimeno, C.L., Jimeno, E.L., Carceda R.J.A.**, 1995. Drilling and Blasting of Rocks, A. A. Balkemo, Rotherdam.
- [2] **Alver, Y.**, 2002. Yapıların Patlayıcı Kullanılarak Yıkılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [3] **Lauritzen, E., Scheneider, J.**, 2001. The Role of Blasting Techniques in the Demolition Industry, *Proceedings of the 1 st World Conference on Explosives & Blasting Technique*, Munich, Germany, 6-8 September, 377-381
- [4] **Lauritzen, E., Petersen, M.**, 1991. Partial Demolition by Mini Blasting, *Concrete Journal*, pp. 43-46, England.
- [5] **Bassett, C.**, 1982. Demolition, Construction Press, Longman House, pp. 39-40, Burnt Mili, Essex., UK.
- [6] **Elliot, R.J., Woolf, R.**, 2001. Demolition Blasting of Reinforced Concrete Structures, *Proceedings of the 1 st World Conference on Explosives & Blasting Technique*, Munich, Germany, 6-8 September, 397-403, ,
- [7] **Stevenston, A.**, 1972. Blasting Practice, Nobel's Explosives Company Limited, Scotland.
- [8] **Dowding, H.C.**, 1996. Construction Vibration, pp. 265-283, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, U.K.
- [9] **Aldaş, G., Özkazanç, M.O.**, 2000. Patlayıcı maddeler ve patlatma teknikleri kursu 2000, Barutsan, 103s.
- [10] **Kömürcügil, T.**, 1969. Patlayıcı Maddeler ve Atım Tekniği, DSİ Matbaası. Ankara.
- [11] **Gustafsson, R.**, 1981. Blasting Technique, Dynamit Nobel Wien, Vienna, 327s.
- [12] **Erkoç, Ö.Y.**, 1990. Kaya Patlatma Tekniği, Çelikler Matbaacılık, 164s.
- [13] **Peurifoy, P.L.**, 1996. Construction Planning, Equipment, and Methods, McGraw-Hill Book Com., New York.

- [14] <http://www.driller.com/driller.htm>. D&L Thomas Equipment Corp. Şirketi Web Sitesi, Spofford, NH, USA.
- [15] **Barutsan A.Ş. Ürün Kataloğu**, 2000. Elmadağ Barut Sanayi ve Ticaret A.Ş., Ankara.
- [16] **Görgün, S.**, 2002. Kontrollü Patlatma İlkelerinin Yapıların Yıkılmasında Kullanılabilirliği, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] **Gregory, C.E.**, 1984. Explosives for Nort American Engineers, pp. 56-58, 16 Bearskin Neck, Rockport, MA, USA.
- [18] <http://www.dynamat.qc.ca/english/dynamat.html>. Dynamat (Super Heavy Duty Blastig Mats), Şirketi Web Sitesi, Canada.
- [19] **Şimşir, F., Köse, H.**, 1996. Yapı Yıkımlarında Patlatma Uygulamaları, *T.M.M.O.B Madencilik Dergisi, Ankara*, **3**, 39-56.
- [20] **Thomas, K.**, 1985. Formeln zur landemengenberechnung für das sprengen von bauwerken und bauverkteilen, Nobel Hefte, April-Juni: 83-90.
- [21] **Olofsson, S.O.**, 1980. Applied Explosives Technology for Construction and Mining, pp. 268–277.
- [22] **Yüksel, O.**, 1980. Şantiye Tekniği Ders Notları, 45s.
- [23] **Öker, Ç.Y.**, 1998. Betonarme Binaların Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [24] **Soysal, Ö.**, 1998. Betonarme Binaların Patlatmalarla Planlı Yıkımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [25] **Haykin, S.**, 1999. Neural Networks, A Comprehensive Foundation (Second Edition), Prentice-Hall. Inc., Simon & Schuster/A Viacom Company, USA
- [26] **Healt and Safety Exccutive**, 1998. Establishing Exclusion Zones When Using Explosives in Demolition, HSE Healt and Safety in Demolition Work Part 1, HSE books, HSE's Information Centre, Broad Lane, Sheffield, England.
- [27] **Akatay, K.**, 2000. Betonarme Binaların Kontrollü Patlatmalarla Yıkımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [28] **Oehm, W.**, 1992. Kinematische bedingungen beim sprengen starrer bauwerke, Nobel Hefte, Heft 1: 16-20.

- [29] **Lauritzen, E., Petersen, M.**, 1998. Close Proximity Blasting Mini Blasting of Structures, *4th Biannual Symposium*, Expo 98, England.
- [30] **Kurokawa, K., Yoshida, T.**, 1994. Blasting Demolition of Six Storey Reinforced Concrete Apartment Building, Demolition and Reuse of Concrete, Edited by Erik K. Lauritzen, pp. 147–181
- [31] **Abdullahoğlu, A.E. ve Germen, M.**, 1998. Yapıların patlatma yoluyla yıkımının ekonomik karşılaştırılması, *3. Delme ve Patlatma Sempozyumu*, Türkiye, 209-227.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar 1981 yılında Ankara’da doğdu. Orta öğrenimini 1996 yılında Özel İzmir Kolejinde, lise öğrenimini 1999 yılında İzmir Türk Koleji Fen Lisesinde tamamladı. 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesinde öğrenimine başladı. 2004 yılında mezun olup aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği Programına başladı. Halen öğrenimine devam etmektedir.