

**T.C.**  
**OKAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**PATLAYICI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KAPIKULE SAĞLIK OCAĞI'NIN PATLATMA İLE KONTROLLÜ  
YIKILMASI**

**Yasin YILMAZ**

**Danışman**

**Prof. Dr. Ali KAHRİMAN**

**İSTANBUL - NİSAN, 2015**

Bu alışma 08/04/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Patlayıcı Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof.Dr.Ali KAHRİMAN(Danışman)  
Okan Üniversitesi  
Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Yrd.Doç.Dr.Birol ALAS  
Okan Üniversitesi  
Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Yrd.Doç.Dr. Abdulkadir KARADOĞAN  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi

## ÖNSÖZ

Lisans ve lisansüstü öğrenimim ve tez çalışmam sırasında göstermiş olduğu destek ve yardımlardan dolayı, danışmanlarım ve çok değerli hocalarım **Prof. Dr. Ali KAHRİMAN**, **Doç. Dr. Ümit ÖZER** ve **Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir KARADOĞAN**'a, **Araş. Gör. Meriç Can ÖZYURT**'a, **Öğr. Gör. Sadettin BAĞDATLI**'ya bilgi ve uygulama imkanı sağladığı için Edirne İl Özel İdaresi'nden **Genel Sekreter Ahmet ÇETİN**'e desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Hayatımın her safhasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve özellikle **kızım Zeynep YILMAZ**' a çok teşekkür ederim.

Nisan, 2015

**Yasin YILMAZ**  
**132026002**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİL LİSTESİ .....	vii
TABLO LİSTESİ .....	x
SEMBOL LİSTESİ .....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY .....	xiii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>2</b>
2.1. PATLATMA İLE YAPI YIKIM TEKNİKLERİ.....	2
2.1.1. Yapıların Parçalanma Sonucu Yıkılması.....	2
2.1.1.2. Yapıların Ağırlık Merkezinin Değişmesi Sonucu Yıkılması .....	3
2.2. YAPILARIN KONTROLLÜ PATLATMA İLE YIKILMASI.....	8
2.2.1. Binaların Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması .....	8
2.2.1.1. Betonarme Binaların Kontrollü Patlatma ile Yıkılması.....	11
2.2.1.2. Yığma Binaların Kontrollü Patlatma ile Yıkılması .....	12
2.2.1.3. Çelik Binaların Kontrollü Patlatma ile Yıkılması .....	13
2.2.2. Kulelerin Kontrollü Patlatma ile Yıkılması.....	13
2.2.2.1. Betonarme Kulelerin Kontrollü Patlatma ile Yıkımı.....	15

2.2.2.2. Tuğla Kulelerin Yıkımı .....	16
2.2.3. Köprülerin Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması .....	17
2.2.3.1. Taş Köprülerin Yıkımı .....	17
2.2.3.2. Çelik Köprülerin Yıkımı .....	18
2.4.1.3. Betonarme Köprülerin Yıkımı .....	19
2.3. YAPI ELEMANLARININ PATLATMA İLE YIKILMASI .....	19
2.3.1. Temellerin Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması .....	20
2.3.2. Duvarların Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması.....	21
2.3.3. Kolon ve Kirişlerin Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması.....	22
2.3.4. Döşemelerin Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması .....	23
2.4. YAPI YIKIMINDA KULLANILAN MALZEME VE EKİPMANLAR .....	25
2.4.1. Yapı Yıkımında Kullanılan Patlayıcı Maddeler ve Şarj Miktarının Belirlenmesi .....	25
2.4.1.1. Yapı Yıkımında Kullanılan Patlayıcı Maddeler ve Seçimi.....	25
2.4.1.2. Şarj Miktarının Belirlenmesi.....	26
2.4.1.3. Özgül Patlayıcı Miktarı ve Patlayıcı Durum Katsayısı.....	31
2.4.2. Yapı Yıkımında Kullanılan Ateşleme Sistemleri ve Gecikme Aralıklarının Belirlenmesi.....	34
2.4.3. Yapı Yıkımında Kullanılan Sıkılama Malzemesi.....	35
2.5. YAPILARIN PATLATMA İLE YIKILMASINDAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL ETKİLER .....	35
2.5.1. Yapı Parçalarının Savrulması .....	35
2.5.2. Gürültü.....	36
2.5.3. Yer Sarsıntısı .....	38
2.5.4. Toz Oluşumu .....	39
2.6. PATLATMA OLAYI.....	40

2.6.1. Patlatma Evreleri .....	40
2.6.1.1. Detonasyon.....	40
2.6.1.2. Şok Ve Basınç Dalgalarının Yayılması .....	40
2.6.1.3. Gaz Basıncının Yayılması .....	41
2.6.1.4. Kütle Taşınması.....	41
2.6.2. Patlayıcıların Yapı Elemanlarını Kırma Mekanizması.....	41
2.6.3. Yapı Elemanlarında Patlatma Sonucu Oluşan Kırılma Bölgeleri.....	42
<b>3. MATERYAL VE METOD.....</b>	<b>43</b>
3.1. KAPIKULE SAĞLIK OCAĞI .....	43
3.2. YIKIM TEKNİĞİNİN BELİRLENMESİ.....	45
3.3. ÇALIŞMADA UYGULANAN YÖNTEM .....	47
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>48</b>
4.1. BİNA PLANININ ÇIKARILMASI.....	48
4.2. YIKIM TASARIMININ BELİRLENMESİ .....	49
4.2.1. Patlayıcı Madde Miktarı ve Delik Dizaynının Belirlenmesi .....	49
4.2.2. Ateşleme Tasarımının Belirlenmesi .....	51
4.3. HAZIRLIK ÇALIŞMALARI.....	53
4.4. YIKIM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....	56
<b>5. SONUÇLAR .....</b>	<b>59</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>61</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>78</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA NO

Şekil 2.1: Yan Yatırma Tekniğinde Uygulanabilecek Kama Şekilleri	17
Şekil 2.2: A Tipi Kama Geometrisi	18
Şekil 2.3: B Tipi Kama Geometrisi	19
Şekil 2.4: C Tipi Kama Geometrisi	20
Şekil 2.5: D Tipi Kama Geometrisi	21
Şekil 2.6: Binaların Kontrollü Patlatmalarla İçe Çökertilmesi İçin Yıkılması Gerekli Taşıyıcı Elemanlar ve Ateşleme Sırası	22
Şekil 2.7: Binaların Olduğu Yere Çökertilmesinin SAP2000’de Modellenmiş Görüntüsü	23
Şekil 2.8: Binaların Kontrollü Patlatmalarla Yana Yatırılması İçin Yıkılması Gerekli Taşıyıcı Elemanlar ve Ateşleme Sırası	23
Şekil 2.9: Binaların Yan Yatırılmasının SAP2000’de Modellenmiş Görüntüsü	24
Şekil 2.10: Betonarme Binanın Olduğu Yere Çökertilerek Yıkılması	25
Şekil 2.11: Kulelerin Yana Yatırılması İçin Uygulanan Kama Şekilleri	27
Şekil 2.12: Kulelerin Boyunun Kısaltılarak Yan Yatırılması İçin Örnek Tasarım Modeli	27
Şekil 2.13: Kulelerin Yan Yatırma Metodu ile Yana Yatırılmasında Uygulanabilecek Kama Boyutlandırması	28
Şekil 2.14: Betonarme Kulelerde Yaygın Olarak Kullanılan Patlatma Paterni	28
Şekil 2.15: Tuğla Kulelerin Yana Yatırılmasında Yaygın Olarak Kullanılan Patlatma Paterni	29
Şekil 2.16: Tuğla Kulelerin İçe Çökertilmesinde Kullanılan Patlatma Tasarımı	30
Şekil 2.17: Taş Köprülerdeki Patlatma Bölgeleri ve Delik Yönleri	31

Şekil 2.18: Çelik Köprülerin Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması	31
Şekil 2.19: Betonarme Köprüde Patlatma Bölgeleri	32
Şekil 2.20: Yapı Elemanında Delinen Delikler	33
Şekil 2.21: Kolonlar İçin Patlatma Tasarımı	35
Şekil 2.22: Kirişlerde Uygulanabilecek Patlatma Tasarımı	36
Şekil 2.23: Döşemelerde Uygulanan Patlatma Tasarımı	37
Şekil 2.24: Parça Savrulmasına Yönelik Alınan Güvenlik Önlemleri	49
Şekil 2.25: Cam Yününün Gürültüyü Azaltmak Amacıyla Kolona Sarılması	51
Şekil 2.26: Yapı Elemanı İçinde Patlatma Olayı	55
Şekil 2.27: Patlatma Deliği Çevresindeki Kırılma Bölgeleri	55
Şekil 3.1: Edirne Kapıkule Sağlık Ocağı'nın Google Earth'ten alınmış görüntüsü	56
Şekil 3.2: Edirne Kapıkule Sağlık Ocağı'nın Kapıkule Sınır Kapısı'ndan Çekilmiş Fotoğrafı	57
Şekil 3.3: Edirne Kapıkule Sağlık Ocağının Dıştan Görünümü	57
Şekil 3.4. Sağlık Ocağının İç Kısımlarının Fotoğrafları	58
Şekil 3.5. HMK 220 LC Max. Bom Yüksekliği	59
Şekil 4.1. Sağlık Ocağı'nın Planı	61
Şekil 4.2. (a) Sağlık Ocağı'nın Görünüşü, (b) Sağlık Ocağının Kolon Planı, (c) Sağlık Ocağı'nın Kat Planı	61
Şekil 4.3. Tüm kolonlardaki delik dizaynı,	63
Şekil 4.4 Yıkım Eğim Yönü	65
Şekil 4.5 Sağlık Ocağı'nın Yıkım Tasarımı	66
Şekil 4.6. Delik Delme ve Deliklerin Doldurulması Sırasında Çekilmiş Fotoğraflar	67
Şekil 4.7. Kolonlarda Alınan Güvenlik Önlemleri	68
Şekil 4.8. Cami Yönünde Alınan Güvenlik Önlemleri	68
Şekil 4.9. Yıkım Anı	69
Şekil 4.10. Yıkım Anı	69



Şekil 4.11. Yıkım Tamamlandığında Binanın Durumu	70
Şekil 4.12. Yıkım Sonrası Fatih Sultan Mehmet Camii'nin Fotoğrafi	71
Şekil 4.13. Patlatma Sonrası İş makinesi Rahatlıkla kalan 2 katı Yıkmaktadır.	71

## TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1: Gustaffon'un Önerdiği Malzeme Kalitesine Bağlı Temel Patlatma Tasarımı	34
Tablo 2.2: Malzeme Kalitesi ve Kalınlığa Bağlı Olarak Gustaffson'un Önerdiği Duvar Patlatma Tasarımı	34
Tablo 2.3: Kolon/Kiriş Genişliklerine Göre Gustaffson'un Önerdiği Delik Geometrileri	36
Tablo 2.4: Döşeme Malzemesi ve Kalınlığına Bağlı Olarak Gustaffson'un Önerdiği Delik Uzunlukları	37
Tablo 2.5: Yapı Yıkımında Kullanılan Dinamitler ve Özellikleri	38
Tablo 2.6: Çelik Yapıların Yıkımında Kullanılan Plastik Patlayıcılar ve Özellikleri	39
Tablo 2.7: Delik Sıkılama Katsayıları	44
Tablo 2.8: Ahrweiler Sivil Savunma Okulu için "c" ve "q" Katsayıları	45
Tablo 2.9: Siegen'deki Eski Madenci Okulundaki "c" ve "q" Katsayıları	45
Tablo 2.10: Özgül Patlayıcı Katsayıları	46
Tablo 4.1. Kolonların Taşıyıcı Özelliğini Kaybetmesi İçin Kullanılması Gereken Şarj Miktarları	62
Tablo 4.2. Kolonlarda Kullanılan Şarj Miktarları	63

## SEMBOL LİSTESİ

- L** : Şarj miktarı (kg)  
**V** : Patlatılacak nesnenin hacmi ( $m^3$ )  
**q** : Özgül patlayıcı miktarı veya tecrübe katsayısı  
**M** : Patlatılacak nesnenin kütlesi (t)  
**w** : Delik etki mesafesi (m)  
**c** : Özgül şarj miktarı  
**d** : Sıkılama katsayısı  
**a<sub>B</sub>** : Delikler arası mesafe  
**a<sub>R</sub>** : Delik sıraları arası mesafe  
**b<sub>w</sub>** : Duvar kalınlığı  
**R<sub>kapsül</sub>** : Bir kapsülün direnci,  
**R<sub>bağlantı</sub>** : Bağlantı devresi direnci,  
**N** : Kapsül Sayısı  
**R** : Delik yarıçapı  
**b** : Etkime yönüne göre genişlik (m)  
**Q** : Patlayıcı miktarı (gr)  
**Aug** : Kesit Alanı ( $cm^2$ )

## ÖZET

### KAPIKULE SAĞLIK OCAĞI'NIN PATLATMA İLE KONTROLLÜ YIKILMASI

Patlayıcı ile kontrollü yapı yıkımı, hızlı uygulama, düşük maliyet, daha emniyetli olmasından ötürü diğer yıkım tekniklerine göre gün geçtikçe daha ilgi çekici hale gelmektedir.

Ülkemizde kentsel dönüşüm kapsamında yıkılacak birçok eski veya hasar görmüş yapı olması, yeni yıkım tekniklerinin arayışına girilmesine sebep olmuştur. Patlayıcı ile kontrollü yapı yıkımı, avantajları hesaba katıldığında dikkate değer bir tekniktir.

Bu çalışma kapsamında, patlayıcı kullanılarak yapı yıkımı incelenmiştir. Patlatma ile kontrollü yapı yıkımı hakkında detaylı literatür çalışması yapılmıştır.

Tez kapsamında Edirne Kapıkule Sağlık Ocağı'nın patlayıcı kullanılarak ve makine ile yıkımı gerçekleştirilmiştir. Patlayıcı kullanılarak yıkım tasarımı yapılırken betonarme malzemenin mekanik özellikleri, planı ve konumu dikkate alınmıştır. İmkanların kısıtlı olmasından ötürü en uygun tasarım için çalışmalar yapılmıştır.

## **SUMMARY**

### **THE DEMOLITION OF KAPIKULE HEALTH CENTER BY USING EXPLOSIVES**

Controlled building demolition with explosives is becoming more attractive day by day cause of it's rapid implementation, low cost and safety.

New techniques are seeked in the concept of urban transformation in our country cause there are many of the old or damaged buildings that are needed to be demolished. Considering the advantages, controlled structure destruction by explosives is a remarkable technique.

In this study, the destruction with explosives and efficiency of destruction are investigated. A detailed literature about the destruction of the building is worked.

Edirne Kapıkule Health Center are destructed by explosives in the scope of this thesis. When designing the explosive demolition of the building, reinforced concrete's mechanical properties, the plan and the location of the building is taken into consideration. Due to limited conditions, studies have been conducted to design the most suitable facilities.

## 1. GİRİŞ

Patlatma, kazılabilirliği zor olan kayaların ve makine yardımı ile yıkılamayacak yapıların patlayıcı maddenin ani gaz basıncı ve bu basınçla oluşan yüksek enerji ve şok dalgaları ile parçalanıp gevşetilmesi ile gerçekleşir (Alpsar, 2012).

Ülkemizde delme-patlatma faaliyetleri başta madencilik sektöründe olmak üzere, inşaat, petrol, enerji, tarım ve ormancılık gibi sektörlerde sıkça kullanılmasına karşın, yurt dışında uzun yıllar boyunca örnekleri görülen patlatma ile kontrollü yapı yıkımı düşük işçilik maliyeti, iş güvenliği ve işçi sağlığına gerekli önem verilmemesinden ötürü tercih edilmemiştir.

Ancak, ülkemizde kentsel dönüşüm kapsamında kullanım ömrünü tamamlamış veya diğer sebeplerden ötürü yıkımı planlanan milyonlarca yapının bulunması, klasik yıkım tekniklerine göre uygulanabilirliği daha hızlı ve maliyeti daha düşük olan teknikleri gündeme getirmiştir. Bu tekniklerden biri de, patlatma ile kontrollü yapı yıkımıdır.

Patlatma ile yapı yıkımı; hızlı uygulanabilirlik, düşük maliyet, çevreye verilen rahatsızlığın kısa bir zamanla sınırlandırılması, iş kazalarını minimuma indirmesi ve çevresel etkilerin kontrol altına alınabilirliği gibi avantajlara sahiptir. Ancak yapının planı, malzeme özellikleri ve statik dengesi iyi belirlenmelidir. Bu avantajların yanında, yıkım için uzman bir ekibin gereksinimi, yıkım için alınması gereken izinlerin zor alınması ve oluşabilecek çevresel hasarlar patlayıcı ile yapı yıkımının dezavantajlarını oluşturmaktadır (Özyurt, 2013).

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. PATLATMA İLE YAPI YIKIM TEKNİKLERİ**

Yapıların patlayıcı ile yıkımı için genel bir tavsiye vermek zordur. Bunun nedeni, her yapı için malzeme özellikleri, bina planı, komşu yapıların varlığı ve konumu farklılık gösterir. Bu konuda çalışmış kişilerin edindiği tecrübelerle dayanarak her yapı için uygun patlatma tasarımı ve ateşleme dizaynı farklılık göstermektedir (Olofsson, 1980).

Patlatma ile yıkım metodu, alt katlarda mevcut olan taşıyıcı elemanların patlayıcı kullanılarak parçalanması ve bunun sonrasında, geri kalan taşıyıcı elemanların tesir altında kaldıkları aksel ve/veya moment yükü altında dayanamayıp deformasyona uğramasıyla yapının çökmeye başlaması prensibine dayanır (Özyurt, 2013).

Patlatma dizaynı yapılırken dikkat edilmesi gereken diğer iki unsur; şarj miktarı ve ateşleme sırasıdır. Yanlış belirlenmiş şarj miktarı ve ateşleme sırası, yıkımın istenilen şekilde gerçekleştirilemeyeceği gibi maliyeti arttırabilir veya tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Kullanılacak patlayıcı miktarını minimuma indirmek için, kapı ve pencere boşlukları gibi açıklıklardan faydalanmak gerekir (Olofsson, 1980; Dowding, 1996).

Yapıların temel olarak iki şekilde yıkımları gerçekleştirilir. Ancak bu yıkım şekillerinin aynı yıkım tasarımında yapının farklı bölgelerinde birlikte kullanıldığı da görülmektedir. Bu yıkım şekilleri, parçalanma sonucu yıkım ve ağırlık merkezinin değiştirilmesi sonucu yıkımdır. Yıkım şekli; yapının konumu, yapının geometrisi, yapının çevresindeki doğal veya yapay yapıların varlığı, amaçlanan maliyet ve yıkım sonuçlarına göre farklılık gösterir (Özyurt, 2013).

#### **2.1.1. Yapıların Parçalanma Sonucu Yıkılması**

Yapıların parçalanma etkisiyle yıkılması, bazı taşıyıcı elemanların ortadan kalkması sonucu diğer yapı elemanlarının artan yük altında deforme olup parçalanması ve bunun

sonucunda yapının yıkımının gerçekleşmesidir. Bu teknik, yapının olduğu yere çökertilmesi olarak da ifade edilir (Özyurt, 2013).

Bu yöntemde amaç; yapının bulunduğu konum sınırları içerisinde yıkımının gerçekleştirilmesidir. Özellikle yakın çevresinde doğal ve yapay yapıların varlığı olan bölgelerde tercih edilmesi gereken bir methodur. Patlayıcı ile yapı yıkım tekniğinin en masraflı ve karmaşık uygulamasıdır. Bina, köprü gibi yapıların yıkımında sık sık kullanılmakla beraber bazı kule ve baca yıkımlarında da kullanıldığına rastlanmıştır (Özyurt, 2013).

Ateşleme yapının en iç bölgesindeki yapı elemanlarından başlayarak kenar kısımlarında bulunan yapı elemanlarına doğru ilerlemesi esasına dayanır. Binanın iç bölgesinde aksel yüküne maruz kalan yapı elemanlarının yıkımı gerçekleştirildiğinde iç bölgelerdeki yapı elemanları kendini taşıyamaz hale gelecektir ve başlangıçta kenar bölgelerde bulunan yapı elemanlarına etkiyen aksel kuvvet zamanla yerini moment kuvvetine bırakıp, binayı içe doğru çekecektir (Özyurt, 2013).

#### ***2.1.1.2. Yapıların Ağırlık Merkezinin Değişmesi Sonucu Yıkılması***

Yapının bir kenar kısmında bulunan taşıyıcı elemanların ortadan kaldırılması sonucu değişen ağırlık merkezinin etkisiyle yapı devrilir. Bu yöntem, yapıların yana yatırılması olarak da ifade edilir (Özyurt, 2013).

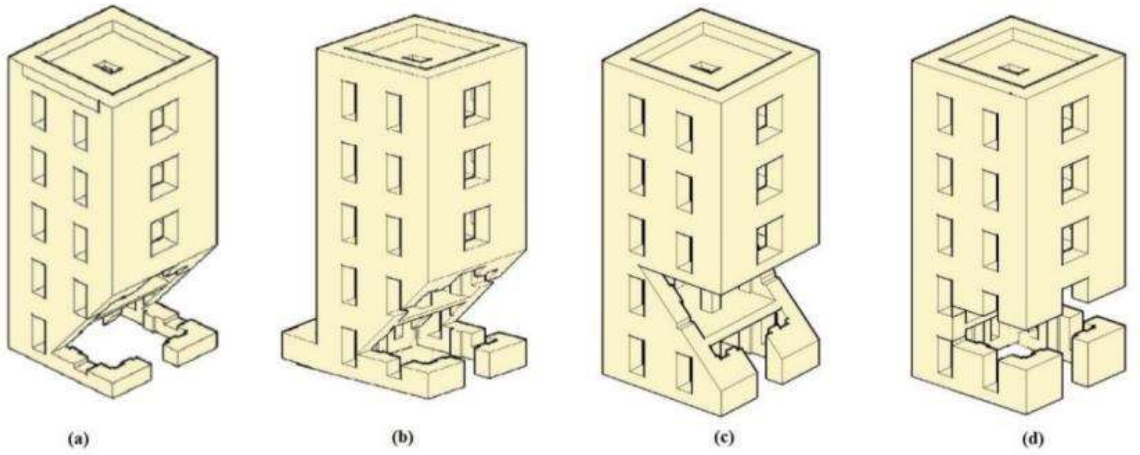
Yapıların yana yatırılması, patlayıcı ile yapı yıkım tekniğinin en ekonomik ve en basit uygulamasıdır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için gerekli en önemli koşul, çevre şartlarıdır. Binanın yan yatırılması için gerekli boş alan ve zemin eğiminin güvenlik sınırları içerisinde olması gerekmektedir (Özyurt, 2013).

Ateşlemenin yatım yönünde bulunan taşıyıcı elemanlardan başlayıp gecikmeli şekilde binanın iç kısımlarında bulunan taşıyıcı elemanlara doğru ilerlemesidir. Binanın bir tarafındaki yapı elemanlarının hasar görmesi sonucu, geri kalan kolonlara etkiyen aksel kuvvet yerini moment kuvvetine bırakacak ve bina hasar gördüğü yöne doğru eğilmeye başlayacaktır (Özyurt, 2013).



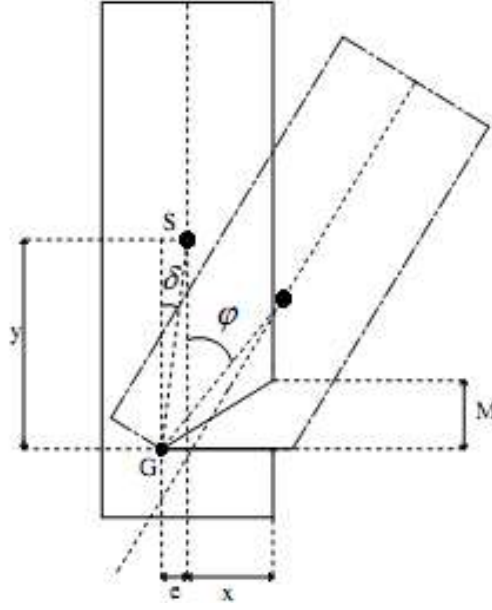
Rijit bir yapının devrilmesi, yapı ağırlık merkezinin izdüşümünün yapı alanının dışına çıkması ile mümkün olmaktadır. Patlatma sonrası yapı ağırlık merkezi izdüşümü yapı alanı dışına çıkmazsa, yapı yan yatabilir fakat devrilmez. Burada en önemli nokta yapı ağırlık merkezinin yerinin ve yapının temel özelliklerinin belirlenmesidir (Oehm, 1992; Özer ve Karadoğan, 2012).

Şekil 2.1’de yapıların yıkımında uygulanan kama yöntemleri gösterilmektedir (Jimeno ve diğ., 1995).



Şekil 2.1: Yan Yatırma Tekniğinde Uygulanabilecek Kama Şekilleri (Özyurt, 2013)

A tipi kama genellikle en çok tercih edilen kama tipidir. Kama zemin seviyesinden veya zeminden belli bir yüksekliğe uygulanabilir. Ağırlık merkezinin izdüşümü yapı elemanının dışına çıkmışsa yapı devrilir. Bunun gerçekleşebilmesi için kama açısının en az devrilen yapının dönme açısı ( $\phi$ ) kadar olması gerekir. Şekil 2.15’te (a) tipi kama geometrisi gösterilmiştir. A Tipi Kama geometrisi Eşitlik 2.6 kullanılarak bulunur (Koca, 2006).



Şekil 2.2: A Tipi Kama Geometrisi (Koca, 2006)

$$M = (e + x) \cdot \tan \phi \quad (2.1)$$

Burada;

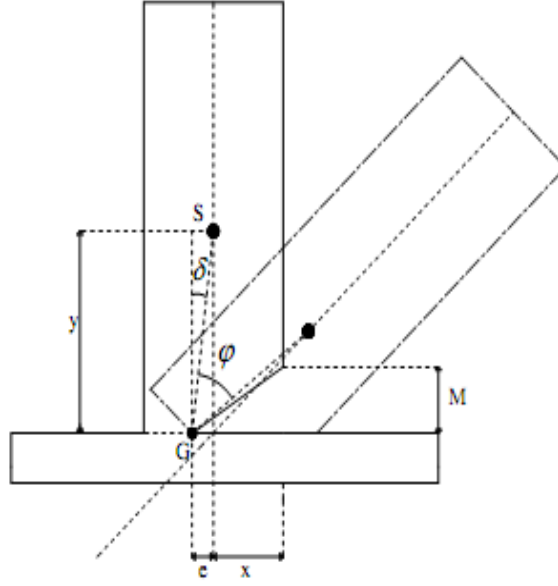
M: Kama yüksekliği (m)

e: Ağırlık merkezinin iş düşümü ile kama tabananın uç noktası arasındaki mesafe (m)

x: Kama taban uzunluğu (m)

φ: Dönme açısı

B tipi kama şeklinde, patlatma düzleminde yukarı doğru üçgen şeklinde bir kama açılır. Buradaki farklılık üst yapının oturduğu alanın altında, daha geniş bir alana yayılan alt yapının olmasıdır. Şekil 2.3'te B tipi kama geometrisi gösterilmiştir. B Tipi Kama geometrisi Eşitlik 2.2 kullanılarak bulunur (Koca, 2006).



Şekil 2.3: B Tipi Kama Geometrisi (Koca, 2006)

$$M = (e + x) \cdot \tan \phi \quad (2.2)$$

Burada;

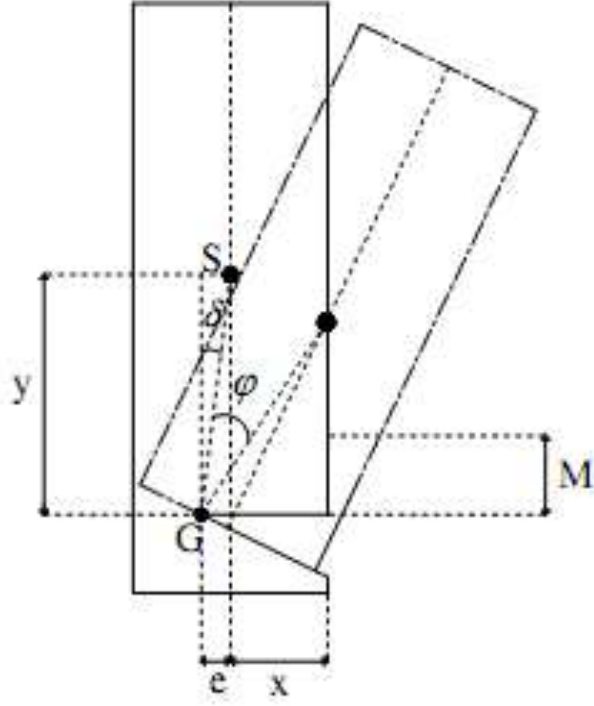
M: Kama yüksekliği (m)

e: Ağırlık merkezinin iş düşümü ile kama tabanının uç noktası arasındaki mesafe (m)

x: Kama taban uzunluğu (m)

$\phi$ : Dönme açısı

Şekil 2.4'te gösterilen C tipi kamalar patlatma düzleminin altında üçgen şeklinde açılırlar. B tipi kama tipine göre daha düşük yüzey alanına ve kama yüksekliğine sahiptir. A ve B tipi kama uygulamasına göre ana farkı, ağırlık merkezinin izdüşümü daha yapı elemanı içerisinde iken devrilme gerçekleşir. Burada gerekli kama yüksekliği Eşitlik 2.3'ten yola çıkarak bulunur (Koca, 2006).



Şekil 2.4: C Tipi Kama Geometrisi (Koca, 2006)

$$M = x \cdot (e+x)/y \quad (2.3)$$

Burada;

M: Kama yüksekliği (m)

e: Ağırlık merkezinin iş düşümü ile kama tabananın uç noktası arasındaki mesafe (m)

x: Kama taban uzunluğu (m)

y: Yapının ağırlık merkezi ile kamanın tavan uç noktası arası mesafe (m)

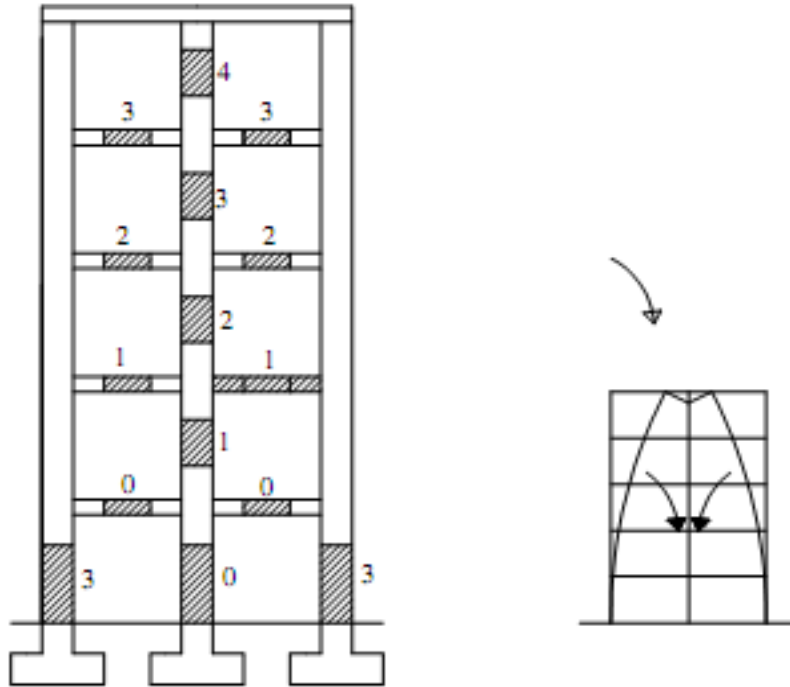
Şekil 2.5'te gösterilen D tipi kamalar patlatma düzleminin altında dörtgen şeklinde açılır. C tipi kamada olduğu gibi, ağırlık merkezinin izdüşümü yapının dışına çıkmadan devrilme gerçekleşir ve kama yüksekliği az olur. Ancak yıkım C tipi kamaya göre daha kolay olur. Kama geometrisi dördüncü tip kamada Eşitlik 2.4 kullanılarak bulunur (Koca, 2006).



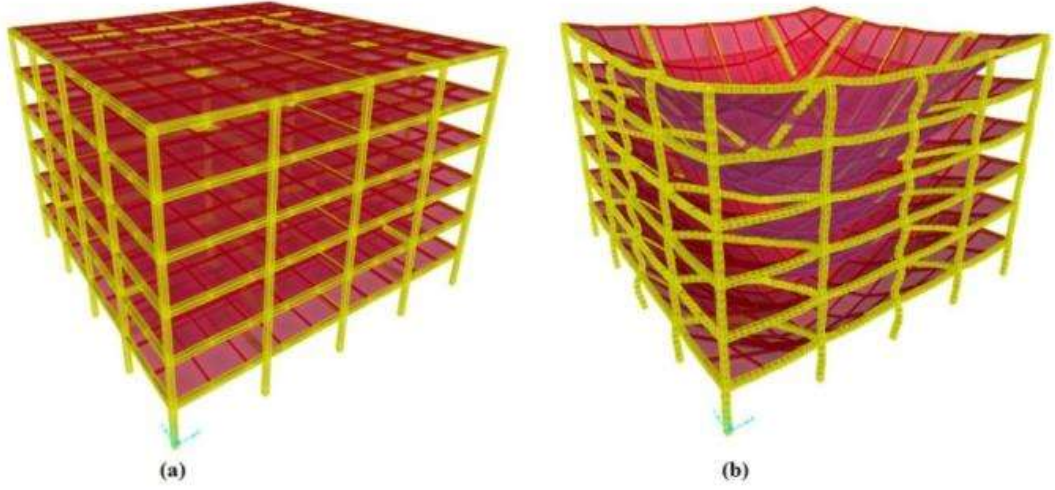
farklılıklar gösterir. Yıkılacak binaları üç ana grupta incelemek mümkündür. Bunlar; yığma bina, betonarme bina ve çelik binalardır (Özer ve Karadoğan, 2012).

Binaların patlayıcı kullanılarak kontrollü yıkımı için iki yöntem uygulanmaktadır. Bunlar yapının ağırlık merkezinin değiştirilmesi sonucu yana devrilmesini ve yapının bazı taşıyıcı elemanlarına hasar verilmesi sonucu diğer yapı elemanlarının tesiri altında kaldığı aşırı yükün etkisiyle parçalanarak olduğu yere çökmesini sağlamaktır (Özyurt ve diğ, 2013-1).

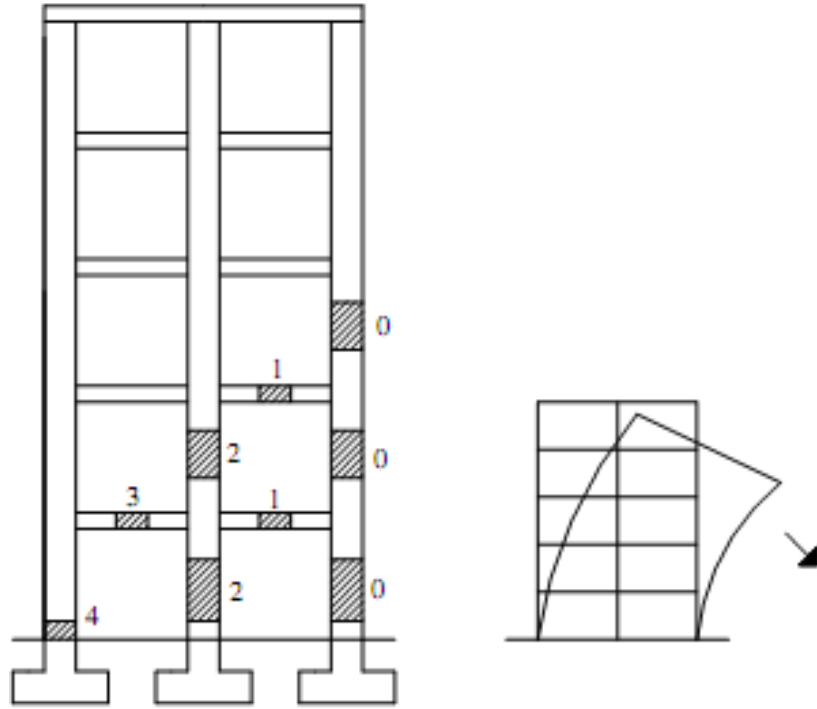
Betonarme binaların kontrollü patlatmalarla içe çökertilmesinin sağlanması amacıyla Şekil 2.6'da binanın hangi taşıyıcı elemanlarının yıkılması gerektiği, Şekil 2.7'de ise yıkım anında binanın davranışının modellenmesi gösterilmektedir. Binaların kontrollü patlatmalarla yan yatırılmasının sağlanması amacıyla Şekil 2.8'de binanın hangi taşıyıcı elemanlarının yıkılması gerektiği, Şekil 2.9'da ise yıkım anında binanın davranışının modellenmesi gösterilmektedir.



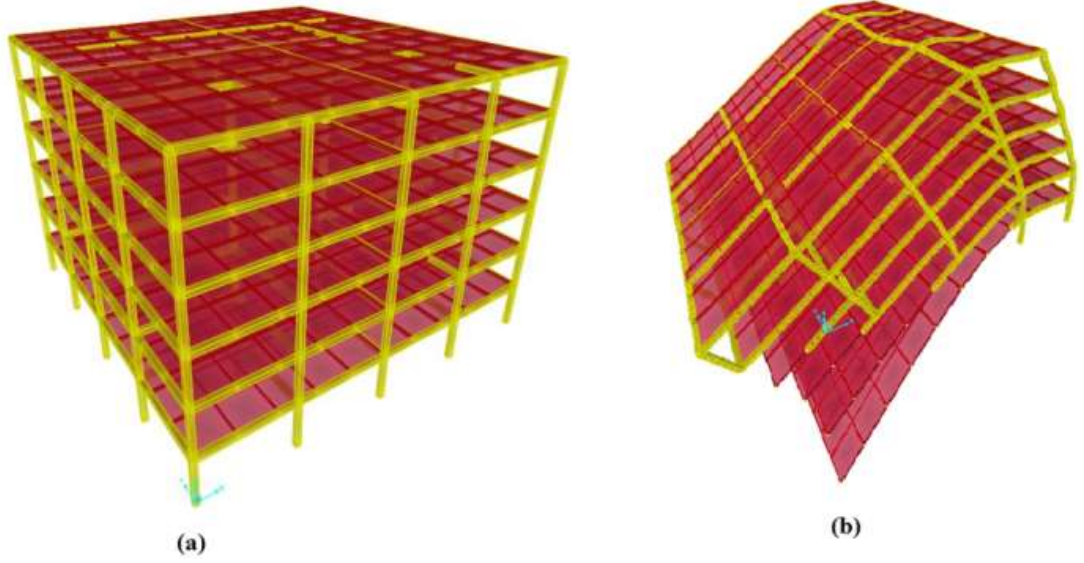
Şekil 2.6: Binaların Kontrollü Patlatmalarla İçe Çökertilmesi İçin Yıkılması Gerekli Taşıyıcı Elemanlar ve Ateşleme Sırası (Özer ve Karadoğan, 2012)



Şekil 2.7: Binaların Olduğu Yere Çökertilmesinin SAP2000’de Modellenmiş Görüntüsü (Özyurt, 2013)



Şekil 2.8: Binaların Kontrollü Patlatmalarla Yana Yatırılması İçin Yıkılması Gerekli Taşıyıcı Elemanlar ve Ateşleme Sırası (Koca, 2006)



Şekil 2.9: Binaların Yan Yatırılmasının SAP2000’de Modellenmiş Görüntüsü (Özyurt, 2013)

### 2.2.1.1. Betonarme Binaların Kontrollü Patlatma ile Yıkılması

Betonarme yapıların yıkılması, taşıyıcı elemanların ortadan kaldırılması esasına dayanmaktadır. Betonarme binaların taşıyıcı sistemi kolon ve kirişlerden oluşmaktadır. Duvar, döşeme gibi diğer yapı elemanları yardımcı görev görürler.

Betonarme binaların yıkımında aşağıdaki adımlar izlenmelidir;

- Binada bulunan taşıyıcı elemanlar ortaya çıkarılmalıdır.
- Binanın hali hazırda bulunan bir planı yok ise bina planı çıkarılmalıdır.
- Betonarme malzeme özellikleri laboratuvar ortamında ortaya konmalıdır.
- Taşıyıcı elemanlara tesir eden basınç ve moment yükleri tespit edilmelidir. Sisteme etkiyen yükler, malzeme dayanımı ile karşılaştırılarak binanın mevcut durumu (sağlamlık) durumu incelenmelidir.
- Çevresel koşullar (komşu yapılar, boru hattı, elektrik hattı vs.) incelenmelidir.
- Yapının konumu, geometrisi, sağlamlığı ve çevresel koşullar dikkate alınarak yıkım tasarımı yapılmalıdır
- Yıkım için gerekli tüm güvenlik önlemleri alınmalıdır (Koca, 2006; Özyurt, 2013).



Eğer yapının çevresinde zarar görebilecek veya emniyetli mesafe içerisinde herhangi bir yapı yoksa, yan yatırma metodu düşük maliyet ve uygulama kolaylığı bakımından tercih edilebilir (Özyurt, 2013).

Malzeme kalitesi yüksek olan betonarme yapıların dayanımı daha fazla olacağından ötürü kolon ve kirişlerin hasar görmesi yapının tam anlamıyla parçalanmasına sebebiyet vermeyebilir. Buna engel olmak için spesifik noktalarda bulunan döşeme, duvar gibi yapı elemanlarına da patlayıcı yerleştirilmelidir (Özyurt, 2013). Ancak (Özyurt ve diğ., 2013)'te görüldüğü üzere, malzeme kalitesinin düşük olduğu betonarme yapılarda sadece kolonlara patlayıcı yerleştirildiği de görülmektedir.

Bir betonarme binanın kendi içine çökertilmesi metodu ile patlayıcı kullanılarak yıkımının aşamaları Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10: Betonarme Binanın Olduğu Yere Çökertilerek Yıkılması (Özer ve Karadoğan, 2012)

### **2.2.1.2. Yığma Binaların Kontrollü Patlatma ile Yıkılması**

Yığma yapılarda taşıyıcı elemanlar, taş veya tuğladır. Sadece döşemeler betonarme olabilir. Bu tür yapıların yıkılması sırasında patlatmanın tamamı duvarlarda yapılır. Malzeme kalitesine göre döşemelere de patlayıcı yerleştirilebilir. Özellikle iç kısımlarda bulunan döşemelere patlayıcı yerleştirmek yıkımı olumlu yönde etkiler. Son olarakta çevrede oluşacak hasarı minimuma düşürmek adına güvelik önlemleri alınır ((Koca, 2006; Özyurt, 2013).

İyi bir patlatma sonrası yığma yapılarıdaki 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 kormaya alınmalıdır (Jimeno ve diğ., 1995).

### **2.2.1.3. Çelik Binaların Kontrollü Patlatma ile Yıkılması**

Çelik binaların 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 (Özer ve Karadoğan, 2012).

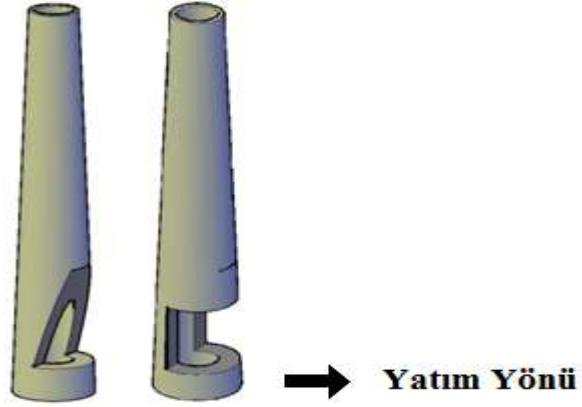
Çelik yapı yıkımlarında genel olarak şekilli plastik patlayıcılar kullanılır. Patlayıcı genellikle yapı elemanın içine değil üzerine konur. Yani delik delinmez, ancak bazı durumlarda patlayıcı konan yere kaynak yapılarak yapı elemanı zayıflatılır. Ayrıca yapı elemanının iki tarafında patlayıcı yerleştirilirse etkisi daha fazla olur (Extreme Explosions, 2010; Koca, 2006).

### **2.2.2. Kulelerin Kontrollü Patlatma ile Yıkılması**

Kulelerin patlayıcılarla kontrollü yıkımı hızlı ve kolaydır. Genellikle yan yatırma metodu kullanılarak yıkılırlar. Tabandaki taşıyıcı kesilmesi sonucu değişen ağırlık merkezinin etkisiyle yıkım gerçekleşir (Stevenston, 1972).

Kule yıkımında düşüş için belli bir yön seçmek mümkündür. Dairesel kuleler istenilen yönde yıkılabilirler, fakat kare kesitli kuleler köşeler yerine kenarları üzerinde yıkılmalıdır. Düşme yönünü seçerken tabandaki açıklıklar değerlendirilmelidir (Stevenston, 1972).

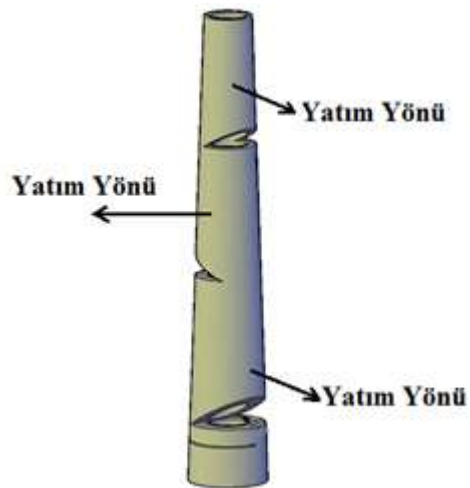
Kulelerin yıkımı hem kendi içinde çökertmek, hem de yan yatırma metodu ile gerçekleştirilebilir. Ayrıca kulelerin boyunun kısaltılarak yan yatırılması da mümkündür. Kulelerin yan yatırılması için uygulanan kama şekilleri Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11: Kulelerin Yana Yatırılması İçin Uygulanan Kama Şekilleri (Özyurt, 2013)

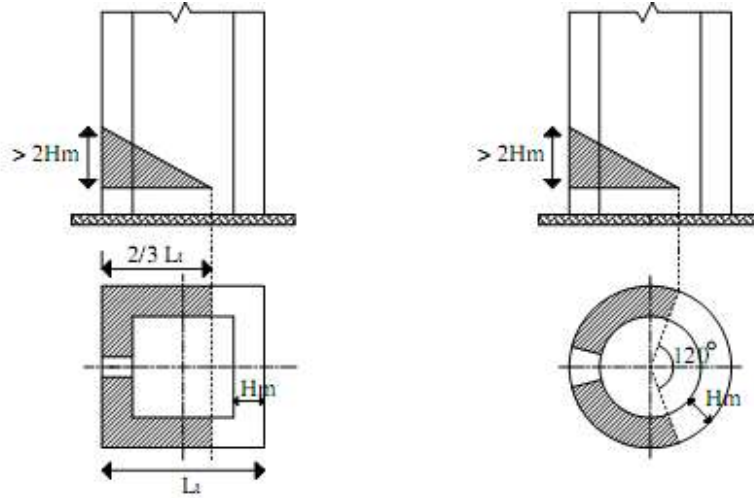
Kulelerin boyunun kısaltılarak yan yatırılması yöntemi prensip olarak kulelerin yana yatırılması metodu ile aynıdır. Ancak çevre yapıların varlığı veya kule boyunun çok uzun olmasından ötürü kule, optimum noktalarından kama şeklinde kesilerek dilimlere bölünmesi sağlanır ve yan yatırılma sonrası güvenli mesafeyi kısaltır (Özyurt, 2013).

Kulelerin yükseliği azaltılarak yan yatırılması ise; taşıyıcı taban patlatılır ve baca bir yöne eğilmeye başlar. İlk patlatmadan sonra gecikmeli patlatmayla devrilme yönünün zıt yönünde sıralar ateşlenir ve kule ikiye bölünerek yıkılır. Şekil 2.12’de bir kulenin boyunun kısaltılarak yan yatırılması için örnek tasarım modeli mevcuttur. (Jimeno ve diğ., 1995).



Şekil 2.12: Kulenin Boyunun Kısaltılarak Yan Yatırılması İçin Örnek Tasarım Modeli (Özyurt, 2013)

Şekil 2.13'te kulelerde uygulanabilecek kama şekilleri gösterilmiştir.

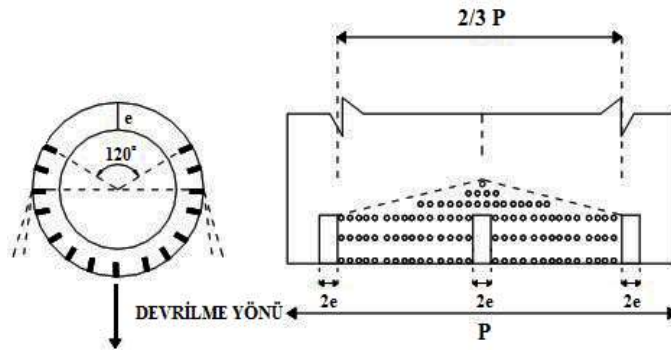


Şekil 2.13: Kulelerin Yan Yatırma Metodu ile Yana Yatırılmasında Uygulanabilecek Kama Boyutlandırması (Özer ve Karadoğan, 2012)

### 2.2.2.1. Betonarme Kulelerin Kontrollü Patlatma ile Yıkımı

Bu tür kulelerde sadece yan yatırma metodu ile yıkım gerçekleştirilebilir (Jimeno ve diğ., 1995).

En düzgün sonuçları elde etmek için; malzeme özellikleri ve çevre şartları iyi bilinmelidir. Betonarme kulelerde delikler; taban seviyesinde ve düşme bölgesi yönünde kule çevresinin üçte ikisine kadar delinir. Şekil 2.14'te betonarme kulelerin yıkımında yaygın olarak kullanılan patlatma paterni gösterilmiştir (Jimeno ve diğ., 1995; Koca, 2006).

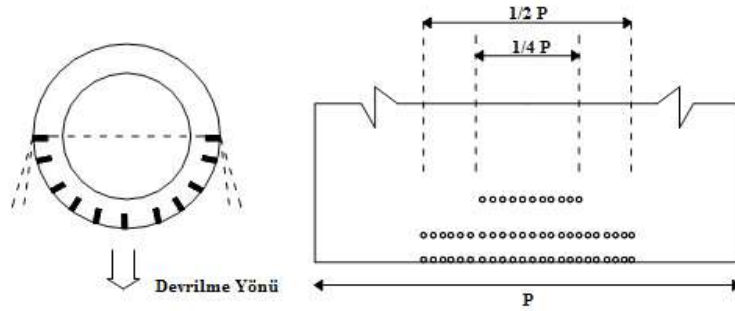


Şekil 2.14: Betonarme Kulelerde Yaygın Olarak Kullanılan Patlatma Paterni (Jimeno ve diğ., 1995)

Delikler arası mesafe malzeme kalitesine göre değişim gösterebilir. Örneğin; sık ve kalın donatıya sahip betonarme malzemeden oluşan bir kulenin yıkımında delikler arası mesafe literatürde hesaplanandan daha düşük olması uygun olabilir (Extreme Explosions, 2010).

### 2.2.2.2. Tuğla Kulelerin Yıkımı

Tuğla kulelerde patlayıcı delikleri kulenin tabanı seviyesinde açılır. Delikler düşme bölgesinde kule çevresinin yarısına kadar delinir. Şekil 2.15'te tuğla bacalarda uygulanan patlatma şablonu gösterilmiştir (Jimeno, 1995; Koca, 2006).

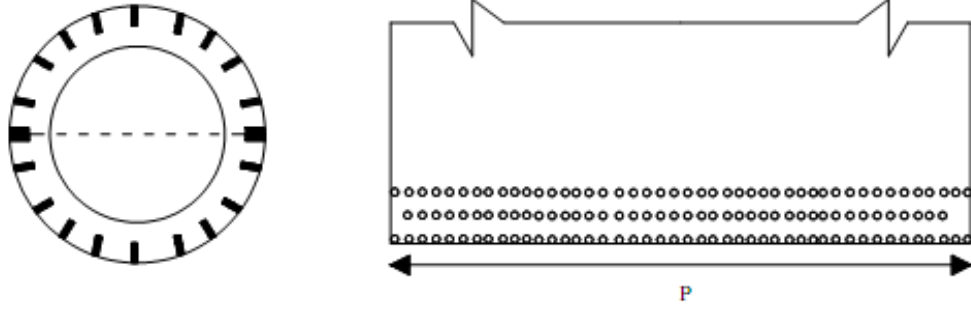


Şekil 2.15: Tuğla Kulelerin Yana Yatırılmasında Yaygın Olarak Kullanılan Patlatma Paterni (Jimeno ve diğ., 1995)

Delikler arası mesafe ve şarj miktarı malzeme özelliklerine göre değişim göstermektedir. Delikler arası mesafe malzeme kalitesi arttıkça azalmaktadır Aynı şekilde şarj miktarı da malzeme kalitesi ile doğru orantılıdır (Extreme Explosions, 2010).

Kulelerin kendi içinde çökertilmesi ise; diğer yıkım tekniklerine göre daha risklidir. Sadece tuğla bacalarda uygulanabilir (Jimeno ve diğ., 1995)

Patlayıcı delikleri kulenin tabanı seviyesinde duvar kalınlığı dikkate alınarak delinmelidir. Patlayıcı hesabı tuğla duvarlardaki gibi yapılır. Açılan tüm delikler aynı anda ateşlenmelidir. Şekil 2.16'da tuğla kulelerin olduğu yere çökertilmesinde kullanılan patlatma tasarımı gösterilmiştir (Özer ve Karadoğan, 2012).



Şekil 2.16: Tuğla Kulelerin İçe Çökertilmesinde Kullanılan Patlatma Tasarımı (Jimeno ve diğ., 1995)

### 2.2.3. Köprülerin Kontrollü Patlatmalarla 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 yapıp enkazın kaldırılması istenir. Patlayıcı ile yıkım bu şartları sağlamaktadır (Özer ve Karadoğan, 2012).

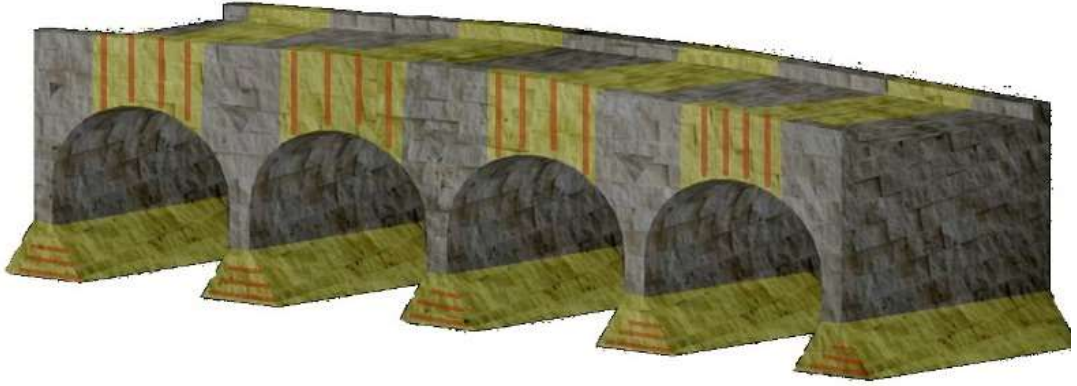
Köprüler yapı malzemesi bakımından üç grupta incelenir. Bunlar; taş köprüler, betonarme köprüler ve çelik köprülerdir (Jimeno ve diğ., 1995).

#### 2.2.3.1. Taş Köprülerin Yıkımı

Taş köprüler genellikle eski tip yapılardır. Bu yapılar taş ayaklar ve bunlar üzerine oturtulmuş kemerlerden oluşurlar. Yıkımın kritik bölgeleri ayaklar ve kemerlerdir. Taşıyıcı elemanların sağlamlığından ötürü delik sayısı fazla olmalıdır (Özyurt, 2013).

Köprü birden fazla kemerden inşa edilmişse tüm kemerlerin aynı anda patlatılması tavsiye edilir. Böylece bütün kemerler aynı şekilde zarar görüp çatlarlar ve daha kolay kırılırlar (Jimeno ve diğ., 1995; Özer ve Karadoğan, 2012).

Taş köprülerde uygulanan patlatma tasarımına ait patlayıcı yerleştirilecek bölgeler (sarı renkte) ve delik yönleri (kırmızı) Şekil 2.17’de gösterilmiştir.



Şekil 2.17: Taş Köprülerdeki Patlatma Bölgeleri ve Delik Yönleri (Özyurt, 2013)

### 2.2.3.2. Çelik Köprülerin Yıkımı

Çelik köprülerin yıkımında, yüzeysel patlayıcılar tercih edilir. Bu nedenle, patlayıcı yerleştirmek için delik delinmez, ancak patlayıcı konulacak yeri zayıflatmak amacıyla kaynak yapılabilir.

Çelik yapıların yıkılmasındaki en büyük sorun, patlayıcının çeliğin yüzeyine yerleştirilmesinin etkisiyle ateşleme sonrası açığa çıkan fazla parça savrulması ile yüksek hava şokudur. Bunu düşürmek için şarj miktarında azaltmalara gidilebilir (Koca, 2006).

Bir çelik köprünün kontrollü patlatmalarla yıkılması Şekil 2.18’de gösterilmiştir.



Şekil 2.18: Çelik Köprülerin Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması (Özer ve Karadoğan, 2012)

### 2.4.1.3. Betonarme Köprülerin Yıkımı

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 (Jimeno, 1995; Özer ve Karadoğan, 2012).

Kemer kirişli köprülerde kemer ve ayaklar birlikte yıkılabilir. Köprünün önemli taşıyıcı ayakları iyi hesaplanmış şarj miktarları ile tamamen parçalanmalıdır. Şekil 2.19'da kemer kirişli bir betonarme köprünün patlatılması gösterilmiştir. Kırmızı renk ile ifade edilmiş bölgeler, patlatma bölgelerini göstermektedir. (Jimeno, 1995; Özyurt; 2013).



Şekil 2.19: Betonarme Köprüde Patlatma Bölgeleri (Özyurt, 2013)

### 2.3. YAPI ELEMANLARININ PATLATMA İLE YIKILMASI

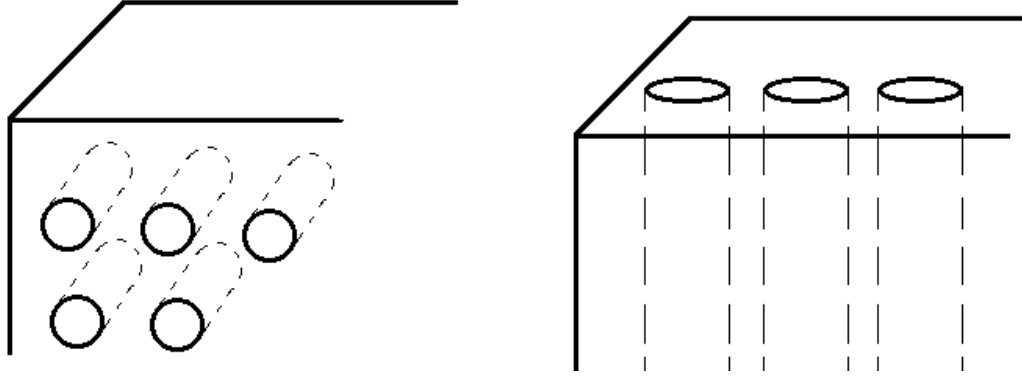
Kontrollü patlatma ile yapıların yıkılmasında, gecikme tasarımının önemi kadar yapı elemanlarının taşıyıcı özelliğini yitirmesine neden olacak hasarın sağlanması da çok önemlidir.

Betonarme yapılarda, taşıyıcı sistemler kolon ve kirişlerden oluşmaktadır. Bu nedenle kolon ve kirişlerin hasar alıp taşıyıcı özelliğini kaybetmesi yapının çökmesine sebep olur. Sadece gerektiği durumlarda (betonarme malzeme özelliklerinin yüksek olması,



bina kat sayısının düşük olması vs.) duvar, döşeme, çatı gibi yardımcı yapı elemanlarına patlayıcı yerleştirilir.

Yapı elemanlarının özellikleri ve geometrilerine bağlı olarak düşey veya yatay delikler delinir. Delik çapı ise kullanılacak patlayıcının çapına uygun olmalıdır. Şekil 2.29’de yapı elemanlarında delinen delikler gösterilmiştir.



Şekil 2.20: Yapı Elemanında Delinen Delikler (Özyurt, 2013)

### 2.3.1. Temellerin Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması

Temeller genellikle yapı yıkımına bağlı olarak, üst yapı ile birlikte yıkılır. Temeller, beton veya betonarme malzemeden meydana gelmektedirler. 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 (Jimeno ve diğ., 1995).

Patlama deliklerinin boyları temellerin derinliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Açılan deliklerin çapları temelin boyutlarına ve çevre şartlarına bağlı olarak değişebilir (Jimeno ve diğ. 1996).

Gustaffson’un patlama hızı 5200 m/sn ve özgül ağırlığı 1,4 gr/cm<sup>3</sup> olan jelatinit dinamit kullanarak yaptığı çalışmalar sonucunda beton kalitesine göre önerdiği bazı delik geometrileri aşağıdaki Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Gustaffson'un Önerdiği Malzeme Kalitesine Bağlı Temel Patlatma Tasarımı (Gustaffson, 1981)

Malzeme	Delik geometrisi $a_R = a_B$
Düşük Dayanımlı Beton	0.70 – 0.80
Yüksek Dayanımlı Beton	0.60 – 0.70
Yüzeysel Donatılı Betonarme	0.50 – 0.60
Yoğun Donatılı Betonarme	0.50 – 0.55
Ekstra Güçlü Askeri Tip Betonarme	0.40 – 0.50

### 2.3.2. Duvarların Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması

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 (Jimeno ve diğ., 1995).

Delikler, genellikle duvara dik duvar kalınlığının 2/3'ü kadar delinirler. Bu deliğin yarısı patlayıcı madde ile kalan yarısı sıkılama malzemesi ile doldurulur (Jimeno ve diğ., 1995).

Gustaffson'un patlama hızı 5200 m/sn ve özgül ağırlığı 1,4 gr/cm<sup>3</sup> olan jelatinit dinamit kullanarak yaptığı çalışmalar sonucunda duvar çeşidine göre önerdiği bazı delik geometrileri Tablo 2.2'de verilmiştir (Jimeno ve diğ., 1995).

Tablo 2.2: Malzeme Kalitesi ve Kalınlığa Bağlı Olarak Gustaffson'un Önerdiği Duvar Patlatma Tasarımı (Özyurt, 2013)

Duvar tipi	Duvar kalınlığı $b_w$ (cm)	Delikler arası mesafe $a_B$ (cm)	Delik sıra sayısı
<b>Beton</b>	35	25	1
	45	30	1
	60	45	1
	70	50	1
<b>Betonarme</b>	20	30	1
	30	30	1
	40	30	1
	50	40	1
	60-70	40	2
<b>Tuğla</b>	35	30	2
	45	35	2
	60	45	2
	70-100	55	3

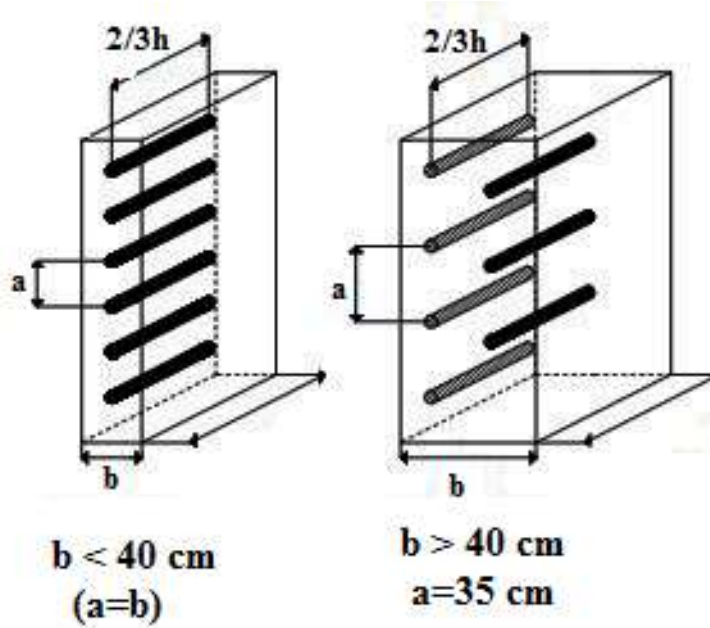
### 2.3.3. Kolon ve Kirişlerin Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması

Kolonların ve kirişlerin patlatılarak yıkılmasında ana hedef, ana taşıyıcı elemanların ortadan kaldırılmasıyla binanın çökmeye geçmesidir (Özyurt, 2013).

(Jimeno ve diğ., 1995; Koca, 2006; Özyurt, 2013)'te deliklerin kolonların geniş kenarına paralel delinmesi gerektiği söylenmektedir. Ancak, pratikte deliklerin dar kenara paralel ve daha dar aralıklarda delinerek patlayıcıların etki alanine arttırmakta hedeflenmektedir.

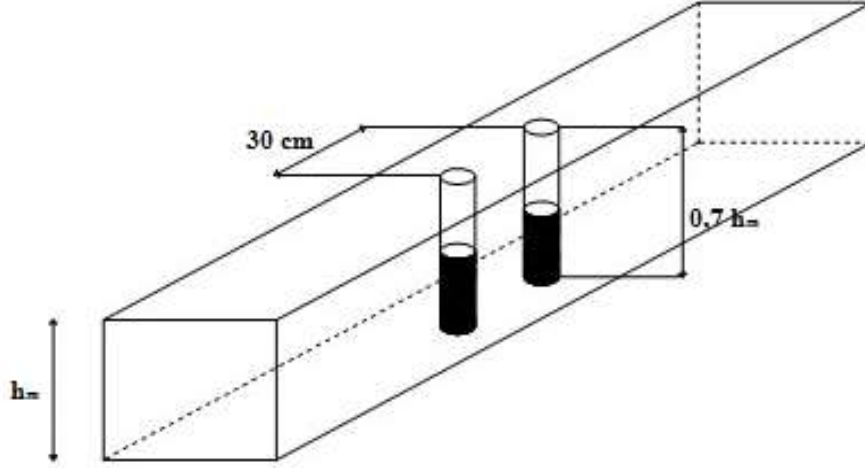
Delikler, genellikle kolon ve kirişlerin deliğe paralel kenarının  $2/3$ 'ü kadar delinirler. Bu deliğin yarısı patlayıcı madde ile kalan yarısı sıkılama malzemesi ile doldurulur (Jimeno ve diğ., 1995).

Kolonların patlatılmasında kullanılan delik özellikleri, patlayıcı miktarları kolondaki beton ve donatı özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Kolonlarda genel olarak uygulanan patlatma tasarımı Şekil 2.21'de gösterilmiştir (Jimeno ve diğ., 1995).



Şekil 2.21: Kolonlar İçin Patlatma Tasarımı (Özer ve Karadoğan, 2012)

Kirişler yapılarda betonarme veya çelik elemanlardır. Yapılardaki kirişlerin patlatılarak yıkılmasında iki hedef vardır. Bunlar; kesilme noktasını mafsal haline dönüştürmek ve patlamanın sonraki aşamaları için malzemedeki kırılmayı sağlamaktır. Kirişlerde uygulanabilecek patlatma tasarımı Şekil 2.22’de gösterilmiştir (Jimeno ve diğ., 1995).



Şekil 2.22: Kirişlerde Uygulanabilecek Patlatma Tasarımı (Koca, 2006)

Gustaffson’un patlama hızı 5200 m/sn ve özgül ağırlığı 1,4 gr/cm<sup>3</sup> olan jelatinit dinamit kullanarak yaptığı çalışmalar sonucunda betonarme kolon ve kirişler için önerdiği delik geometrileri Tablo 2.3’te verilmiştir.

Tablo 2.3: Kolon/Kiriş Genişliklerine Göre Gustaffson’un Önerdiği Delik Geometrileri (Özyurt, 2013)

Kolon/Kiriş Genişliği (m)	Delik Uzunluğu (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Delik Sıra Sayısı (m)
0.30	0.20	0,30	1
0.40	0.30	0,30	1
0.50	0.40	0,35	2
0.60	0.45	0,35	2
0.70	0.55	0,35	2

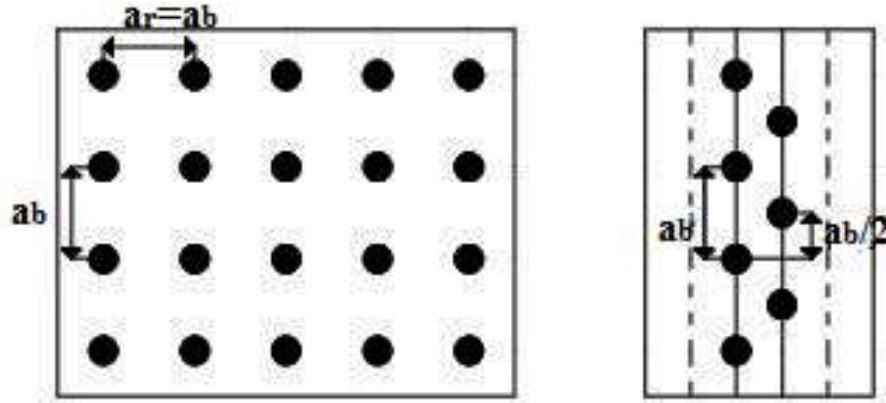
#### 2.3.4. Döşemelerin Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması

Döşemeler betonarme yapı elemanlarıdır. Zemine veya köprü kirişleri üzerine dökülen döşemeler beton olabilir. Döşemeleri patlatmada tamamen kırmak veya yarık açmak amacıyla iki amaç vardır (Özyurt, 2013).

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 (Jimeno ve diğ., 1995; Koca, 2006; Özer ve Karadoğan, 2012).

Döşemelerde dikey delikler delinerek küçük miktarlarda şarjlar kullanılarak kesit kalınlığına yakın delikler açılabilir (Koca, 2006).

Şekil 2.23'te döşemelerde uygulanabilecek patlatma tasarımı gösterilmiştir.



Şekil 2.23: Döşemelerde Uygulanan Patlatma Tasarımı (Jimeno ve diğ., 1995)

Gustaffson'un patlama hızı 5200 m/sn ve özgül ağırlığı 1,4 gr/cm<sup>3</sup> olan jelatinit dinamit kullanarak yaptığı çalışmalar sonucunda döşeme malzemelerine göre önerdiği delik uzunlukları aşağıdaki Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4: Döşeme Malzemesi ve Kalınlığına Bağlı Olarak Gustaffson'un Önerdiği Delik Uzunlukları (Dowding, 1996)

Malzeme	Kalınlık (cm)	Delik Uzunluğu (cm)
Donatısız Beton Döşeme	30	20
	40	25
	50	35
Donatılı Beton Döşeme	30	20
	40	30
	50	40

## 2.4. YAPI YIKIMINDA KULLANILAN MALZEME VE EKİPMANLAR

### 2.4.1. Yapı Yıkımında Kullanılan Patlayıcı Maddeler ve Şarj Miktarının Belirlenmesi

#### 2.4.1.1. Yapı Yıkımında Kullanılan Patlayıcı Maddeler ve Seçimi

Patlatma dizaynında kabul edilebilir sonuçları alabilmek için patlatma tipinin seçimi çok önemlidir. Patlayıcı seçiminde bazı faktörlerin analiz edilmesi gerekmektedir. Bunlar; patlayıcının fiyatı, delik çapı, patlatılacak malzemenin hacmi, malzeme kalitesi, emniyet koşulları ve tedarik etme durumudur. Mekanik özellikleri yüksek olan malzemeye sahip beton veya betonarme yapıların yıkımında yüksek patlama hızına sahip ve maliyetlerinin düşük olmasından dolayı dinamitlerdir (Jimeno ve diğ., 1995; Koca, 2006; Driller, 2013).

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. Tablo 2.5'te yapı yıkımında kullanılan dinamitler ve özellikleri verilmiştir (Koca, 2006; Driller, 2013).

Tablo 2.5: Yapı Yıkımında Kullanılan Dinamitler ve Özellikleri (Koca, 2006)

Ticari Adı	Yoğunluğu (gr/cm <sup>3</sup> )	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

Çelik ve bazı özel betonarme yapıların yıkılmasında ise dinamitlere göre çok daha yüksek patlama hızına sahip olan RDX ve PETN içerikli plastik patlayıcılar kullanılmaktadır. Çelik yapıların yıkımında kullanılan plastik patlayıcılar Tablo 2.6'da özellikleri ile beraber verilmiştir (Koca, 2006; Driller, 2013).

Tablo 2.6: Çelik Yapıların Yıkımında Kullanılan Plastik Patlayıcılar ve Özellikleri  
(Koca, 2006)

Ticari Adı	Birleşim	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	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	%90 RDX,%10 Polyisobutylene	1.72	8040
PBXN-107	%86 RDX, % 15 plastik emici malzeme	1.74	8252
Cyclotol	%75 RDX, %25 TNT	1.64	8120

Plastik 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.

Plastik patlayıcı ile çelik yapı yıkımı, genelde koni biçimli ya da V türü lineer bir metalik kutuya doldurularak yapılır. Patlayıcı infilak ettirilerek sabit bir yöne doğru yoğunlaştırılan bir metalik fişkırmaya sağlanarak patlatılacak kütle kesilerek kopması sağlanır. (Extreme Explosions, 2010).

Ülkemizde, patlayıcı özellik gösteren ancak tam olarak patlayıcı olarak tanımlanmayan piroteknik malzemenin yapı yıkımında kullanılabilirliği saha çalışması ile test edilmiştir. Ancak, söz konusu çalışmada piroteknik malzeme ile gecikmeli ateşleme sistemleri ile beraber kullanılmadığından ötürü yapı yıkımında uygulanamayacağı, eğer gecikmeli ateşlemeye imkan sağlanırsa tekrar test edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Özyurt ve diğ., 2013-2).

#### **2.4.1.2. Şarj Miktarının Belirlenmesi**

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 (Görgün, 2002; Şimşir, 1996).

Öncelikle malzeme kalitesini öğrenmek amacıyla yapının çeşitli bölgelerinden alınan numunelerin laboratuvar ortamında yapılan deneylerle malzeme özellikleri bulunur. Ayrıca deneme atımları gerçekleştirilir. Bu iki çalışma sonucunda optimum şarj miktarı belirlenir (Özyurt, 2013).

Ancak baca ve köprü yıkımı gibi bazı yapılar için deneme atımı gerçekleştirmek mümkün olmadığından ötürü yapılan analizler ve gözlemlerden çıkan sonuçlarla yıkım işi gerçekleştirilmelidir (Alver, 2002).

Aşağıda literatürde ifade edilen şarj miktarı hesabı yaklaşımlarından bahsedilmiştir.

**Hacim veya Kütleyle Bağlı Şarj Miktarı Hesabı:** Şarj miktarı hesabı için bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından değişik formüller geliştirilmiştir. Bu formüllerin en basit ve sade olanı hacme bağlı şarj miktarı hesap yöntemidir (Thomas, 1985);

- Hacme göre;

$$L = V \cdot q \quad (2.5)$$

- Kütleyle göre;

$$L = M \cdot q \quad (2.6)$$

Burada;

L: Şarj miktarı (kg)

V: Patlatılacak nesnenin hacmi (m<sup>3</sup>)

M: Patlatılacak nesnenin kütlesi (kg)

q: Tecrübe değeri (kg/m<sup>3</sup>)

“q” katsayısı deneme atımları sonucu, başarılı bir patlatmadan sonra kolayca kullanılan şarj miktarının patlatılan hacme oranıyla bulunur (Şimşir ve Köse, 1996).

Şarj miktarı hesaplanırken; hacme göre yapılan hesaplama (Eşitlik 2.5) ile kütleyle göre yapılan hesaplamanın (Eşitlik 2.6) sonuçları aynı olması gerekse de ufak farklar olması doğaldır. Hangisinin hata payı daha düşük olduğu düşünüldüğünde hacme göre yapılan hesaplamaların daha doğru olabileceği söylenebilir. Çünkü yapıda yapılan gözlemler sonucu yapı elemanlarının boyutları çok rahat bir şekilde bulunur, ancak kütleyle göre



yapılan hesaplamalarda yapı elemanın kütlesi devreye girmektedir. Yapı elemanın kütlesi, yerinden alınan numuneler kullanılarak laboratuvar ortamında yapılan deneyler sonucu elde edilir. Ama bu sonuçlar alınan numune için geçerlidir yapı elemanın tamamını kapsamayabilir, başka bir deyişle yapı elemanı homojen özellik göstermeyebilir. Bu da hesaplamadan şarj miktarını etkiler.

**Hauser Eşitliği:** Eşitlik 2.7, delik başına düşen şarj miktarını vermektedir. Bu bağıntı tek sıralı deliklerde ve delik arası mesafenin patlayıcı maddenin etki çapının iki katı olan patlatmalar için geçerlidir. Çok sıralı deliklerde ise hem delikler arası mesafe hem de dilim kalınlığının patlayıcı etki etki mesafesinin iki katı olması gerekir (Şimşir ve Köse, 1996).

$$L = w^3 \cdot c \cdot d \quad (2.7)$$

Burada;

L: Şarj miktarı (kg)

w: Delik etki mesafesi (m)

c: Özgül şarj miktarı (patlatılacak birim hacim içindeki patlayıcı ağırlığı) (kg/m<sup>3</sup>).

d: Sıkılama katsayısı

Eşitlik 2.12, patlayıcıyı bir merkezde düşünerek etki çapının küpü ile şarj miktarı ve kırılacak hacim arasında bir bağıntı kurar. Patlayıcı noktasal bir hacimde düşünülür ve patlatılan hacim dik açılı bir koninin hacminden bulunur (Şimşir ve Köse, 1996).

**Werner'in Patlatma Eşitliği:** Hauser'in eşitliğinin geliştirilmiş şeklidir. Delik başına düşen patlayıcı miktarını verir. Sadece tek sıra deliklerde geçerlidir.

$$L = (w^2 \cdot a_B \cdot c \cdot d) / 4 \quad (2.8)$$

Burada;

a<sub>B</sub>: 2w'ya kadar delik aralığı

L: Bölge Başına Şarj miktarı (kg)

w: Delik etki mesafesi (m)

c: Özgül patlayıcı katsayısı ( $\text{kg/m}^3$ )

d: Sıkılama katsayısı

Eşitlik 2.8 deliklere gelen şarj miktarı veya bölgelere düşen şarj miktarı ile ilgili bilgi vermez. Örneğin aynı bölge için Eşitlik 2.7 ile hesaplanan şarj miktarı, kısa ve yatay deliklerde kullanılabilirken, uzun ve dikey deliklerde de kullanılabilir (Şimşir ve Köse, 1996).

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 (Özer ve Karadoğan, 2012).

Delik başına şarj miktarı hesaplama yöntemini kolaylaştırmak ve hesap hatalarının yapılmasını önlemek için Werner'in Eşitlik 2.8'I biraz daha genişletmiş ve Eşitlik 9'u bulmuştur. Eşitlik 2.9, delik başına düşen patlayıcı miktarını verir. Delikler arası mesafe etki mesafesinin 2 katından az, dilim kalınlığının ise etki mesafesinin iki katı olduğu durumlarda bu Eşitlike başvurulur. Kullanımı tek sıra delikler için geçerlidir (Şimşir ve Köse, 1996).

$$L = (w \cdot a_B \cdot h \cdot c \cdot d) / 4 \quad (2.9)$$

Burada;

L : Delik başına şarj miktarı (kg)

$a_B$ :  $2w$ 'ya kadar delik aralığı (m)

h : Nesne kalınlığı, bölüm bölüm patlatmalarda delik uzunluğu veya dilim kalınlığı (m)

c : Özgül patlayıcı katsayısı ( $\text{kg/m}^3$ )

d : Sıkılama katsayısı

**Thomas'ın Patlatma Eşitliği:** Hauser'ın üretip Werner'in geliştirdiği eşitliği Thomas bir adım ileri taşımıştır. 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 olan Eşitlik 2.10'u önermiştir (Şimşir ve Köse, 1996).

$$L = (w \cdot a_B \cdot a_R \cdot c \cdot d) / 4 \quad (2.10)$$

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 ( $\text{kg/m}^3$ )

d: Sıkılama katsayısı

Bu eşitlik, etki mesafesinin 2 katına kadar delik ve sıra aralıkları için geçerlidir. Çok sıralı deliklerde kullanılır (Şimşir ve Köse, 1996).

Şarj miktarının delik başına mı, bölge başına mı hesaplandığına dikkat etmek gerekir. Aranılan delik başına şarj miktarı Eşitlik 2.11,  $h/2w$  oranıyla çarpıldığı zaman daha kolay hesaplanır (Şimşir ve Köse, 1996).

$$LB = (a_B \cdot a_R \cdot c \cdot d \cdot h) / 8 \quad (2.11)$$

Burada;

LB: 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 ( $\text{kg/m}^3$ ),

d: Sıkılama katsayısı.

h: Delik yönünde nesne kalınlığı, bölüm bölüm patlatmalarda delik derinliği (m).

**Çelik Yapı Elemanları İçin Şarj Hesabı:** Çeliğin patlatılması için kesilecek kesit alanına bağlı olarak Eşitlik 2.12 kullanılabilir (Jimeno ve diğ., 1995).

$$Q = 34 \cdot \text{Aug} \quad (2.12)$$

Burada;

Q: Patlayıcı miktarı (gr)

$A_{ug}$ : Kesit Alanı ( $cm^2$ )

Karbonca zengin çeliklerde, zincirlerde, kablolarda, donatı çubuklarında 34 katsayısı 88 ile değiştirilmelidir. Böylece Eşitlik 2.12, Eşitlik 2.13'teki şekli alır (Jimeno ve diğ., 1995).

$$Q = 88 \cdot A_{ug} \quad (2.13)$$

Bu eşitliklerin kullanılması sonucu hesaplanan şarj miktarları, deneme atımları yapılarak yeterliliği test edilmelidir.

#### 2.4.1.3. Özgül Patlayıcı Miktarı ve Patlayıcı Durum Katsayısı

Özgül patlayıcı katsayıları “c”, “q”, sıkılama katsayısı ise “d” olarak ifade edilir. 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 2.7'de verilmiştir (Koca, 2006).

Özgül patlayıcı katsayısı “c” ve “q”, patlatılacak yapı elemanının malzeme özelliklerine göre değişim göstermektedir. Ancak “c” ile “q” değerleri birbirinden farklı ifadelerdir. “c” katsayısı “q” katsayısının 8 katıdır Tablo 2.7, 2.8 ve 2.9'da yurt dışındaki okullarda belirlenmiş olan “c” ve “q” katsayı değerleri verilmiştir (Şimşir ve Köse, 1996).

Tablo 2.7: Delik Sıkılama Katsayıları (Koca, 2006)

Patlayıcı Yerleştirme Şekli	Sıkılama Katsayısı (d)
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	6.0

Tablo 2.8: Ahrweiler Sivil Savunma Okulu için “c” ve “q” Katsayıları (Koca, 2006)

<b>Malzeme</b>	<b>c (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>q (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Hafif Zemin	0,6 – 1	0,08 - 0,13
Orta Zemin	0,4 – 0,6	0,05 - 0,08
Ağır Zemin	0,3 – 0,5	0,04 - 0,06
Donatısız Temel	0,3	0,04
Donatılı Temel	0,5	0,06 - 0,25
Kaya	0,3 – 2	0,04 - 0,38
Az Yüklü Tuğla Duvar	2,0 – 3	0,25 - 0,63
Tuğla Duvar-Beton	3 – 5	0,38 - 0,81
Köprü Direği	5 – 6,5	0,63 - 0,81
Bodrum (Etrafı Toprakla Çevrili)	5 – 6.5	0, 63 - 0,81
Kuvvetli Gerilmeli Tuğlalar	5 – 6.5	0,63 - 0,81

Tablo 2.9: Siegen’deki Eski Madenci Okulundaki “c” ve “q” Katsayıları (Koca, 2006)

<b>Patlatılacak Nesne</b>	<b>c (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>q (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Donatısız Temel	0,3	0,04
Donatılı Temel	0,5	0,06
Eski Tuğla Duvar	2	0,25
Çimento Harcı İle Yapılmış Sağlam Tuğla Duvar	3	0,38
Betonarme	3,5	0,44
50 M’ye Kadar Baca	5	0,63
50 M’den Fazla Baca	6,5	0,81
Köprü Kolonu	6,5	0,81
Kilise Kuleleri	6,5	0,81
Su Kuleleri	6,5	0,81
Tonoz	6,5	0,81
Dairesel Tuğla Yapılar	6,5	0,81

Tablo 2.10: Özgül Patlayıcı Katsayıları (Özer ve Karadoğan, 2012)

Patlatılacak Nesne		q (kg/m <sup>3</sup> )	c (kg/m <sup>3</sup> )
Beton/ Betonarme Temel	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
Tuğla 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	10,26
	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

#### **2.4.2. Yapı Yıkımında Kullanılan Ateşleme Sistemleri ve Gecikme Aralıklarının Belirlenmesi**

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 kapsüller yapı patlatmalarında, maliyeti yükseltmelerine rağmen güvenlik ve kullanılabilirlik açısından çok daha iyi sonuçlar vermektedir (Elliot ve Woolf, 2001; Barutsan, 2000).

Yapı yıkımlarında genellikle milisaniye gecikmeli kapsüllerin kullanılması önerilmektedir. Bunun sebebi, yapı yıkım yöntemi seçimindeki esnekliktir. Yapı elemanlarının belli bir düzen ve gecikme aralığı ile patlatması sonucu, hem oluşabilecek çevresel hasarlar daha düşük, hem de yapıların kontrollü yıkılması sağlanmış olacaktır. Ayrıca gecikmeli patlamalar sonucunda kesilen taşıyıcı elemanların yokluğu sonucu diğer yapı elemanları üzerine tesir eden yüklerde artış olacağından yapı kendi kendine deforme olmaya başlayacaktır. Gecikmesiz patlatmalarda veya çok az gecikme süresine sahip patlamalarda, yapı kendi kendine deforme olabilecek süreye sahip olamamaktadır. Yapının sahip olduğu taşıyıcı elemanların kendi içinde gruplara ayrılıp bu gruptaki elemanların aynı anda ateşlenmesi de uygulanabilir. Ancak özellikle köprülerin, çatıların gecikmesiz kapsüller kullanılarak ateşlendiği yıkımlara rastlamak mümkündür (Özyurt, 2013).

Elektronik kapsüller yapı yıkımlarında uygulama kolaylığı açısından çok büyük rahatlık sağlasada pahalı olması ve teknik eleman yetersizliğinden ötürü ülkemizde henüz kullanılmaya başlanmamıştır.

(Özyurt, 2013)'te, yapı yıkımı için uygulanan statik analiz sonucu, yapı elemanlarının yıkım anında aşırı yük altında deforme olduğu tespit edilmiştir. Ancak, yıkım sonucu söz konusu yapı elemanlarının deforme olmadığı görülmüştür. Bunun sebebi, gecikme aralığının düşük olması sonucu betonarme malzemenin artan yük altında deforme olması için gereken sürenin verilmemesi olduğu öne sürülmüştür.

### **2.4.3. Yapı Yıkımında Kullanılan Sıkılama Malzemesi**

Patlayıcı deliklerinde bir diğer önemli konu sıkılamadır. Açılan deliğe patlayıcı yerleştirildikten sonra kalan boşluğun doldurulması gerekir. Bunun nedenleri; yatlayıcının tüm etkisini; gaz basıncını, itmesini yapı elemanına aktarmasını sağlamak, oluşabilecek hava şokunu ve parça savrulmasını azaltmaktır (Koca, 2006).

Beton malzemelede açılan deliklerde sıkılama malzemesi olarak kağıt, kum, balçık, toprak, sıva veya tamir harcı kullanılabilir. Yüzeysel patlayıcıların sıkılama da ise kum torbaları, dayanıklı kumaşlar veya band kullanılır (Özyurt, 2013).

## **2.5. YAPILARIN PATLATMA İLE YIKILMASINDAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL ETKİLER**

Patlatmanın gerçekleşme anında ve sonrasında dört adet çevresel etki ortaya çıkmaktadır. Bunlar; yapı parçalarının savrulması, gürültü, yer sarsıntısı ve toz oluşumudur.

### **2.5.1. Yapı Parçalarının Savrulması**

Patlatma işlemi sırasında patlayıcı madde yapı elemanı içinde yeterince hapsedilemezse reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gazlar atmosfere erken deşarj olur. Bu yüksek hızlı gaz boşalımının etkisiyle bazı yapı parçaları yapı elemanından ayrılır ve çok uzak mesafelere savrulabilir. Savrulan bu parçalar insan yaralanmalarına ve yapılarda ciddi hasarlara neden olabilir (Bilgin, 1999).

Patlatma sırasında izin verilen yapı parçalarının savrulma mesafesini belirlemek için OSMRE'ninde önerdiği ABD'de uygulanmakta olan federal yönetmelik düzenlemeleri esas alınabilir. Buna göre; havada hareket etmekte olan veya zemin üzerinde yuvarlanan yapı parçacıklarının savrulma mesafesi, patlatma yapılan alana en yakın yerleşim noktası ile patlatma yapılan alan arasındaki mesafenin yarısından fazla olmamalıdır. Ayrıca görevli personel tarafından kontrol edilmekte olan güvenli alanın dışına yapı parçalarının savrulması istenmemektedir (OSMRE, 2004).

Patlatma tasarımı yapılmadan önce, deneme atımları gerçekleştirilerek yapı parçalarının savrulması incelenebilir. Hiçbir güvenlik önlemi alınmadan gerçekleştirilen patlatma anı yüksek hızlı kamera ile kaydedilir. Bu kaydedilen görüntü analiz edilerek yapı



parçasının savrulması hakkında bilgi sahibi olunur ve buna uygun patlatma tasarımı yapılabilir (Özyurt, 2013)

Savrulan yapı parçalarının kontrolüne yönelik bir diğer çalışma ise patlayılacak yapı elemanının veya yapının etrafını örtü malzemeleri ile kaplamaktır. Bu örtü malzemeleri güvenli bölge mesafesini düşürmektedir. Bu örtü elemanları branda, tel örgü veya konveyör bandı olabilir. Bu önlemler Şekil 2.24'te gösterilmiştir (Özyurt, 2013).



Şekil 2.24: Parça Savrulmasına Yönelik Alınan Güvenlik Önlemleri (Özyurt, 2013)

### 2.5.2. Gürültü

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 (Özer ve Karadoğan, 2012; Koca, 2006).

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 (Özer ve Karadoğan, 2012; Koca, 2006).

Gürültü sorunu çalışanların uygun kulaklık gibi güvenlik ve koruma ekipmanlarını çalışma sırasında kullanmasıyla ortadan kaldırılabilmektedir (Özer ve Karadoğan, 2012; Koca, 2006).

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 kapalı havalarda patlatma yapılması tavsiye edilmemektedir (Özer ve Karadoğan, 2012; Koca, 2006).

Gürültü kontrolüne yönelik yapılan çalışmalarda; cam yününün faydalı olduğu görülmüştür. Patlayıcı yerleştirilen yapı elemanlarının etrafı cam yünüyle sarıldığı takdirde oluşan gürültüde önemli miktarda düşüş gerçekleşecektir. Cam yününün yapı yıkımındaki kullanımını Şekil 2.25'te gösterilmiştir (Özyurt ve diğ., 2013-2).



Şekil 2.25: Cam Yününün Gürültüyü Azaltmak Amacıyla Kolona Sarılması (Özyurt ve diğ., 2013-2)

### 2.5.3. Yer Sarsıntısı

Bilindiği gibi yer sarsıntısı, kaya patlatma sürecinin kaçınılmaz bir sonucudur. Patlatma sonucu oluşan dalga hareketi, atım kaynağından itibaren konsatrik olarak, özellikle de yer yüzüne doğru yayılır. Kaynaktan uzaklaştıkça taşıdığı enerjiyi büyük bir hızla boşaltmak suretiyle sismik dalga haline dönüşür ve sönümlenir. Titreşimler, yakın bölgelerde, mesken, sanayi tesisleri ve diğer yapılarla birlikte kaya yapılarına hasarlar verebilir. Patlatma sonucu bir kaynaktan yayılan sismik dalga, herhangi bir noktada bulunan bir yapıya ulaştığında, yapının oturduğu kayada veya zeminde elastik bir deformasyon yaratmaktadır. Deformasyon yeterli kadar şiddetli ise, yapılarda bazı hasarlar meydana gelecektir (Kahriman, 1999; Onur ve diğ., 2001).

Burada önemli olan yapının inşaa özellikleridir. Her yapı etkilendiği deformasyona ayrı tepki vermektedir. Yapının tek katlı veya çok katlı olmasından, kullanılan malzeme türüne ve mühendisliğindeki kabullere kadar bir çok parametreyi değişik tepkilerin oluşmasında rol oynayacaktır (Onur ve diğ., 2001).

Günümüzde çok değişik hasar kriterleri geliştirilmiş olmasına rağmen, titreşim hasarlarını; inşaatların doğal yerleşmesinden, uygun olmayan konstrüksiyon ve alt yapı yaşlanmasından kaynaklanan hasarlardan tamamıyla ayırmak çok güçtür (Kahriman, 1999).

Yapı patlatmalarında genellikle gecikmeli ateşleme sistemleri kullanıldığından ötürü patlayıcının detone olması ile oluşan titreşim, patlatmadan kaynaklanan titreşimin çok ufak bir bölümünü kapsamaktadır. Asıl titreşim oluşturan unsur, yapının taşıyıcı elemanlarının ortadan kalkması ile birlikte hızla zemine çarpmasıdır (Özyurt, 2013).

Patlatma anında oluşan titreşimler, yakın çevrelerde farklı konumlara yerleştirilmiş titreşim-ölçer cihazlar vasıtasıyla ölçülebilmektedir. Bu cihazların aldığı kayıtlar incelendiğinde oluşan titreşim hakkında yorum yapmak mümkündür.

Genel olarak patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntısını azaltmak için;

- Uygun gecikme aralıklı ateşleme sistemleri kullanılır.
- Binanın yığılma alanına bina yere çarpma şiddetini düşürecek malzeme (lastik, sünger vb.) döşenebilir.
- Kule, yüksek katlı bina, silo gibi ince, uzun yapıların yan yatırma metodu ile yıkılmasında halatlar kullanılarak yere çarpma şiddeti düşürülebilir.

#### **2.5.4. Toz Oluşumu**

Yıkım tamamlandığında 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 (Özer ve Karadoğan, 2012; Koca, 2006).

Toz oluşumunda, özellikle ülkemizde inşaatlarda, mükemmel bir yalıtım malzemesi olduğu için sıkça kullanılan asbest maddesine ayrıca değinmek gerekmektedir. Asbest maddesi ve insan sağlığına zararları işçi sağlığı ve iş güvenliği dünyasını uzun süredir meşgul eden bir konudur. Asbestin kanserojen bir madde olduğu ve çeşitli meslek hastalıklarına yol açtığı bilinmektedir. Yapıların tadilatı veya yıkımı esnasında asbeste maruz kalma riski oldukça fazladır (Baradan, 2011).

Literatürde bir sürü toz ile savaşıma tekniği mevcut olmasına karşın, yapıların patlayıcı ile yıkılmasında toz oluşumu kaçınılmazdır. Bu nedenle asıl amaç, oluşan tozun yayılmasını engellemektir.

Patlatma öncesi yapılan çalışmalarda patlatma bölgesine yakın yapılardaki havalandırma birimleri ve pencereler uygun örtülerle dış ortamdan izole edilmek için kapatılmaktadır. Toz oluşumu engellemek için patlatma öncesi uygun noktalara yerleştirilen su tankerlerinden fiskiye ile yıkım alanı sulanmakta, böylelikle toz bastırılmaktadır. Uygulanan ikinci yöntemde ise patlatılacak yapının belirli noktalarına 1 m<sup>3</sup> lük su tankları yerleştirilmekte ve patlatmadan hemen sonra bunlarda patlatılmakta ve oluşan sis bulutu ile toz nemlendirilerek belirli bir alan içerisinde kalması sağlanmaktadır (Özer ve Karadoğan, 2012; Koca, 2006; Özyurt, 2013).

## **2.6. PATLATMA OLAYI**

### **2.6.1. Patlatma Evreleri**

#### **2.6.1.1. Detonasyon**

Detonasyon, patlatma olayının başlangıcıdır ve patlayıcı maddenin yanma hızı olarak ifade edilir. Bu aşamada patlayıcı maddenin bileşenleri çok hızlı bir şekilde yüksek basınç ve sıcaklıkta gaza dönüşerek delik duvarını parçalayarak delik çapını bir miktar genişletebilir. (Kahriman, 1999; Kalaycı, 2011).

#### **2.6.1.2. Şok Ve Basınç Dalgalarının Yayılması**

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 (Koca, 2006).

Patlayıcı madde ateşlendikten sonra delik cidarındaki basınç anlık tepe değerine ulaşacak ve doğrusal olmayan şekilde bozulacaktır. Bunun sonucunda delik içinde açığa gaz genleşecek ve delik etrafında parçalanma ve çatlamalara sebep olacaktır (Kalaycı, 2011).

### **2.6.1.3. Gaz Basıncının Yayılması**

Meydana gelen yüksek sıcaklık ve basınçtaki gazlar, yapı elemanı içerisinde bulunan veya oluşan süreksizlikler içerisine girerek radyal çatlakların ilerlemesine ve deliğin bozulmasına sebep olur (Ünal, 2005).

### **2.6.1.4. Kütle Taşınması**

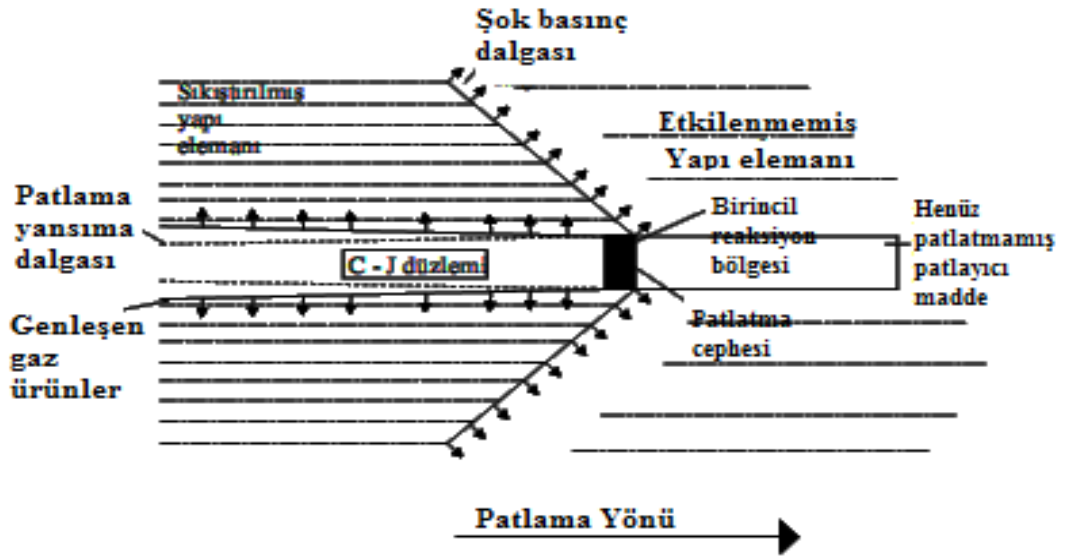
Parçalanma işlemindeki son aşamadır. Parçalanmış malzeme etki hızına bağlı olarak ötelenir. Buradaki en önemli faktörler şarj miktarı, delik boyu, malzeme kalitesidir.

### **2.6.2. Patlayıcıların Yapı Elemanlarını Kırma Mekanizması**

Yıkım patlatmalarında patlatılacak nesne çoğunlukla betonarmedir. Patlatılacak betonarme elemanın malzeme özellikleri ile dış etkilerden dolayı kısmen hasar görmüş olması patlama olayını çok farklı sonuçlara götürebilmektedir (Sosyal, 1998).

Kırılma, oluşan şok enerjisi ile kırılma ve oluşan gazların yarattığı delik içi basınç etkisiyle kırılma olmak üzere iki şekilde gerçekleşir (Aldaş ve Özkazanç, 2000).

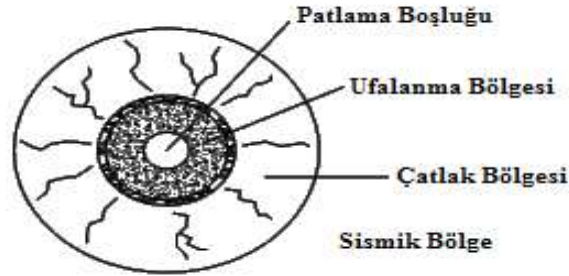
Yüksek patlama hızına sahip patlayıcılar, patlama olayının başlaması ile çok kısa süreli fakat yüksek genlikli basınç oluşur ve bu da çok büyük bir kırma etkisi yaratır. Bu, çok sert ve sağlam yapı elemanları için arzu edilen bir husustur. Düşük patlama hızlı patlayıcılar ise düşük genlikli fakat daha uzun süreli basınç dalgası oluştururlar. Bunun sonucu oluşan gaz hacmi büyüktür ve öteleme özelliği parçalama özelliğinden fazladır. Yapı elemanları için genellikle yüksek patlayıcı hızlarına sahip kuvvetli patlayıcılar kullanılır (Özer ve Karadoğan, 2012).



Şekil 2.26: Yapı Elemanı İçinde Patlatma Olayı (Koca, 2006)

### 2.6.3. Yapı Elemanlarında Patlatma Sonucu Oluşan Kırılma Bölgeleri

Patlayıcı maddenin kuvveti ve yapı elemanının özelliklerine bağlı olarak, yapı elemanı içinde silindirik bir hacimde patlayan patlayıcıyı dikkate aldığımızda; patlama deliği, ufalanma bölgesi, çatlak bölgesi ve sismik bölge olmak üzere 4 bölge dikkat çeker. Bu bölgeler Şekil 2.27'de gösterilmiştir (Erkoç, 1990).



Şekil 2.27: Patlatma Deliği Çevresindeki Kırılma Bölgeleri (Erkoç, 1990)

Patlatma deliği, patlatmanın gerçekleştiği bölgedir. Ufalanma bölgesi, patlama deliğini saran ve patlamanın etkisiyle neredeyse pulverize olmuş parçalardan oluşur. Çatlama bölgesi ise, patlamada ortaya çıkan enerjinin yapı elemanı dayanım sınırını aşması ile çatlama sebebiyet verdiği ufalanma bölgesini saran bölgedir. Son olarak sismik bölge ise yapı elemanının etrafında bulunan serbest yüze gelen gerilmelerin yapı elemanına az da olsa hasar verdiği bölge tanımlanır (Erkoç, 1990).

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. KAPIKULE SAĞLIK OCAĞI

Kapıkule, Türkiye-Bulgaristan gümrük kapısıdır. Ayrıca Kapıkule Türkiye'nin en işlek gümrük kapısıdır. Bunun nedeni Avrupa ile ithalat ve ihracat'ın buradan yapılmasıdır. Dünya'nın en büyük ikinci sınır kapısıdır. Kapıkule gümrük kapısı Trakya Gümrük ve Ticaret Bölge Müdürlüğü'ne bağlıdır.

Kapıkule Sağlık Ocağı, kapıkule sınır kapısındadır. Sağlık ocağı, 1980'lerin başında Kapıkule Gümrük Müdürlüğü'nde görevli personellere sağlık hizmetinde bulunmak için kurulmuştur. Söz konusu bina, 10 yıl boyunca aktif olarak görev yaptıktan sonra hizmetten men edilmiş ve geri kalan sürede kullanılmamıştır.

Şekil 3.1'de Edirne Kapıkule Sağlık Ocağı'nın Google Earth'ten alınmış görüntüsü, Şekil 3.2'de Edirne Kapıkule Sağlık Ocağı'nın Kapıkule Sınır Kapısı'ndan çekilmiş bir fotoğrafı, Şekil 3.3'te sağlık ocağının dış görünümünün, Şekil 3.4'te ise sağlık ocağının iç kısımlarının fotoğrafları gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Edirne Kapıkule Sağlık Ocağı'nın Google Earth'ten alınmış görüntüsü





Şekil 3.2: Edirne Kapıkule Sağlık Ocağı'nın Kapıkule Sınır Kapısı'ndan Çekilmiş Fotoğrafi



Şekil 3.3: Edirne Kapıkule Sağlık Ocağının Dıştan Görünümü

Şekil 3.1 ve 3.2'de de görüldüğü üzere, 8 metre yanında, günümüzde hala aktif olarak kullanılan Fatih Sultan Mehmet Camii bulunmaktadır.



Şekil 3.4. Sağlık Ocağının İç Kısımlarının Fotoğrafları

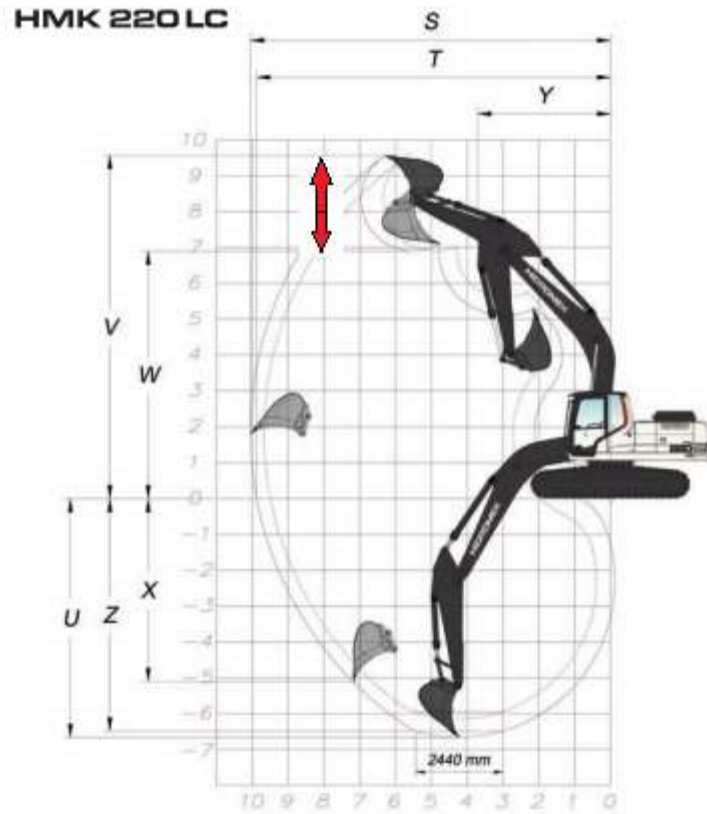
Sağlık ocağının kapladığı alan  $225 \text{ m}^2$  ve kare şeklindedir. Bina 4 katlı olup yaklaşık 12-12,5 m yüksekliğindedir. Binada bulunan betonarme malzeme özellikleri, Edirne İl Özel İdaresi ve Edirne Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü' nün binadan aldığı numuleri laboratuvarında tek eksenli basınç dayanımı testine tabii tutup, incelemesi sonucu tespit edilmiştir. İnceleme sonucunda binada bulunan betonun mekanik özelliklerinin C10 sınıfı betona denk geldiği görülmüştür.

### 3.2. YIKIM TEKNİĞİNİN BELİRLENMESİ

“Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları” ile ilgili Türk Standardı TS500’de, C20 sınıfı betondan daha düşük kaliteli beton sınıfları zayıf veya çürük sınıfa girmektedir. Bu nedenle, yaklaşık 20 yıldır kullanılmayan sağlık ocağının yıkımına Edirne Valiliği’nce karar verilmiştir. Yıkımı ise, Edirne İl Özel İdaresi üstlenmiştir.

Edirne İl Özel İdaresi'nin bünyesinde yıkım için uygun olduğu öngörölmüş 22 tonluk Hidromek Marka HMK220 ekskavatör bulunmaktadır. Ancak ekskavatörün bom yüksekliğinin max. 7 - 9.5 m. olması, binaya yaklaşma açılarının dar olması önemli bir dezavantaj olarak görölmüştür. Ekskavatör operatörünün bilgi ve tecrübesi doğrultusunda sağlık ocağının mevcut makine ve ekipman imkanları ile yıkımının işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından uygun olmayacağı tespit edilmiştir.

Makine ile yıkımın meydana getireceği bir diğere sorun ise, 8 metre mesafede bulunan Fatih Sultan Mehmet Camii'nin aktif olarak kullanılmasıdır. Makineli yıkımın uzun sürmesi ve çıkardığı gürültü ve toz çevre sakinlerini rahatsız edecektir. Dolayısıyla makineli yıkımın elverişli olmadığı kanaatine varılmıştır. Bu nedenle, yıkım için farklı tekniklerin arayışına girilmiş ve bu arayışlar, patlatmalı yıkım tekniğinin gündeme getirmiştir.



Şekil 3.5. HMK 220 LC Max. Bom Yüksekliği

### 3.3. ÇALIŞMADA UYGULANAN YÖNTEM

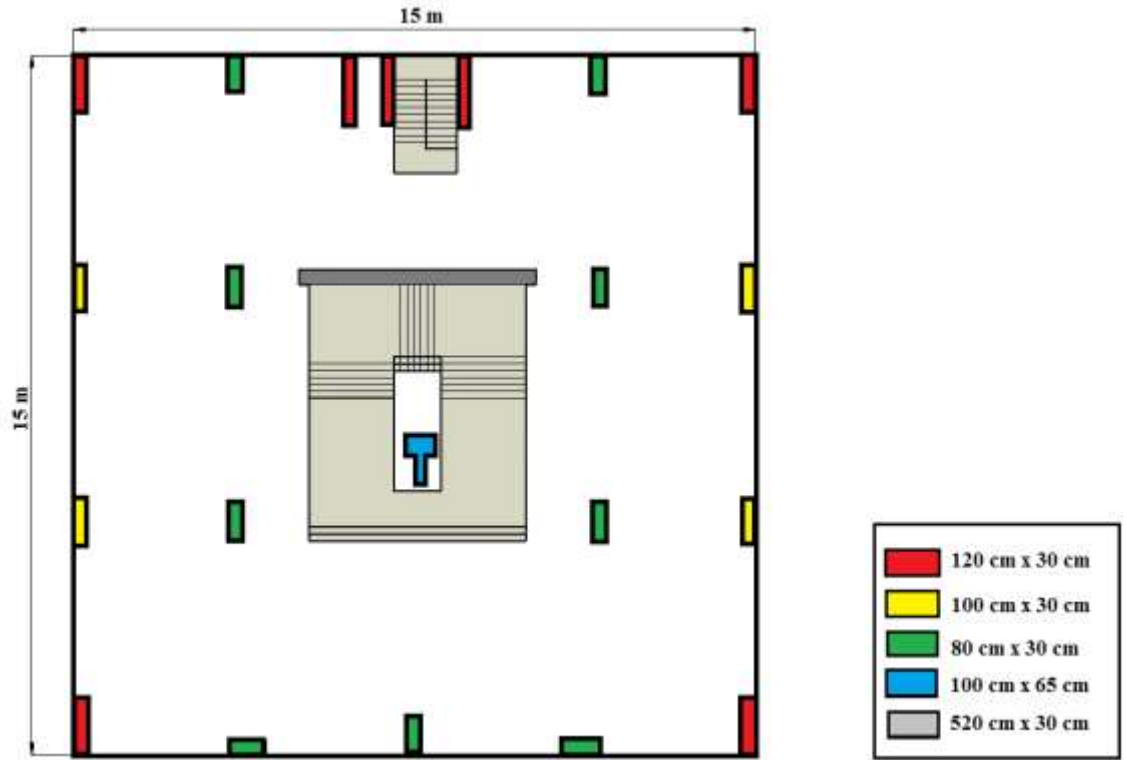
Bu çalışma kapsamında, Kapıkule Sağlık Ocağı'nın patlatma ile kontrollü yıkımı gerçekleştirilmiştir. Bunun için yapılan çalışmalar sırası ile aşağıda maddelendirilmiştir;

- Sağlık ocağının hali hazırda bulunmayan planı şerit metre yardımı ile çıkartılmıştır.
- Sağlık ocağı, AutoCAD programında üç boyutlu modeli oluşturulmuştur.
- Literatürde ifade edilen (Thomas, 1985)'in hacme dayalı şarj miktarı eşitliği kullanılarak kolon başına düşen şarj miktarı belirlenmiştir.
- Literatürde ifade edilen (Thomas, 1985)'in hacme dayalı şarj miktarı eşitliğinde kullanılan tecrübe katsayısını belirlemek için sağlık ocağında mevcut olan betonarme malzeme özelliklerine uygun değer Tablo 2.9'dan seçilmiştir.
- Sağlık ocağının betonarme malzeme özellikleri, yıkım amacı ve çevresel koşullar dikkate alınarak yıkım tasarımı belirlenmiştir.
- Yıkım tasarımı sahada uygulanmış, ve 25 Eylül 2012 tarihinde Saat 17:00'da yıkım gerçekleştirilmiştir.
- Yıkım sonucu irdelenmiş ve patlatmalı yıkımın verimli olup olmadığını tartışılmıştır.

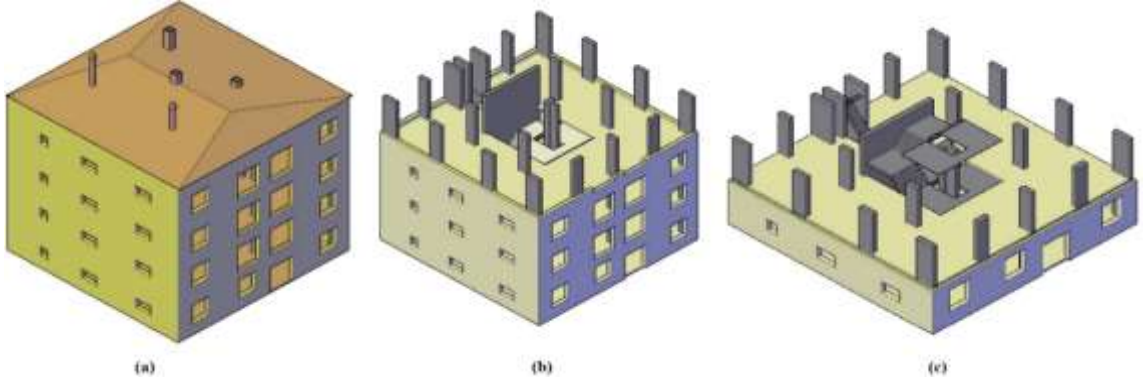
## 4. BULGULAR

### 4.1. BİNA PLANININ ÇIKARILMASI

Edirne Kapıkule Gümrük Lojman binasının zemin katında bulunan duvarların yıkılmasıyla 21 adet kolon ve 1 adet perde beton olduğu ortaya çıkmıştır. Bina planının çizimi tamamlandığından binanın genişliğinin ve uzunluğunun ise 15 m, yüksekliğinin 12,6 m ve yüzey alanı ise 225 m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Sağlık Ocağı'nın Planı



Şekil 4.2. (a) Sağlık Ocağı'nın Görünüşü, (b) Sağlık Ocağının Kolon Planı, (c) Sağlık Ocağı'nın Kat Planı

## 4.2. YIKIM TASARIMININ BELİRLENMESİ

### 4.2.1. Patlayıcı Madde Miktarı ve Delik Dizayının Belirlenmesi

Binada bulunan betonarme malzemenin mekanik özelliklerinin oldukça düşük olması sonucu binanın ateşleme süresince kontrolsüz yıkılmasını önlemek ve parka savrulmasını minimize etmek amacı ile sadece kolonlara patlayıcı yerleştirilmesi uygun görülmüştür.

Kolon başına düşen şarj miktarını hesaplamak için (Thomas, 1985)'in hacme dayalı şarj hesabı (Eşitlik 2.5) kullanılmıştır.(Eşitlik 2.5)'te kullanılan tecrübe değeri, deneme atımları veya mühendisin daha önceki çalışmaları baz alınarak tespit edilir. Ancak, ilgili binada deneme atımları için izin çıkmaması ve ülkemizde baz alınabilecek patlayıcı ile kontrollü yapı yıkımı uygulaması olmadığı için Tablo 2.7, 2.8 ve 2.9 gösterilen tecrübe değerleri incelenmiştir.

Binanın mevcut durumu ve çevresel koşullar dikkate alınarak Tablo 2.9 incelenmiş ve tecrübe katsayısı  $0,5 \text{ kg/m}^3$  alınmıştır. Buna göre kolonlarda kullanılması gereken patlayıcı madde miktarı hesaplanmıştır. Tablo 4.1'de hesaplanan ve kullanılan şarj miktarları gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Kolonların Taşıyıcı Özelliğini Kaybetmesi İçin Kullanılması Gereken Şarj Miktarları

Kolon Boyutları (m)			Kullanılması Gereken Şarj Miktarı (kg)
Yükseklik	Kenar	Kenar	
3	1,2	0,3	0,54
3	1	0,3	0,45
3	0,8	0,3	0,36
3	1	0,65	0,975
3	5,2	0,3	2,34

Kolonların daha geniş yüzeyde hasar almasını sağlamak amacı ile deliklerin geniş kenara dik, dar kenara paralel olarak delinmesi uygun görülmüştür.

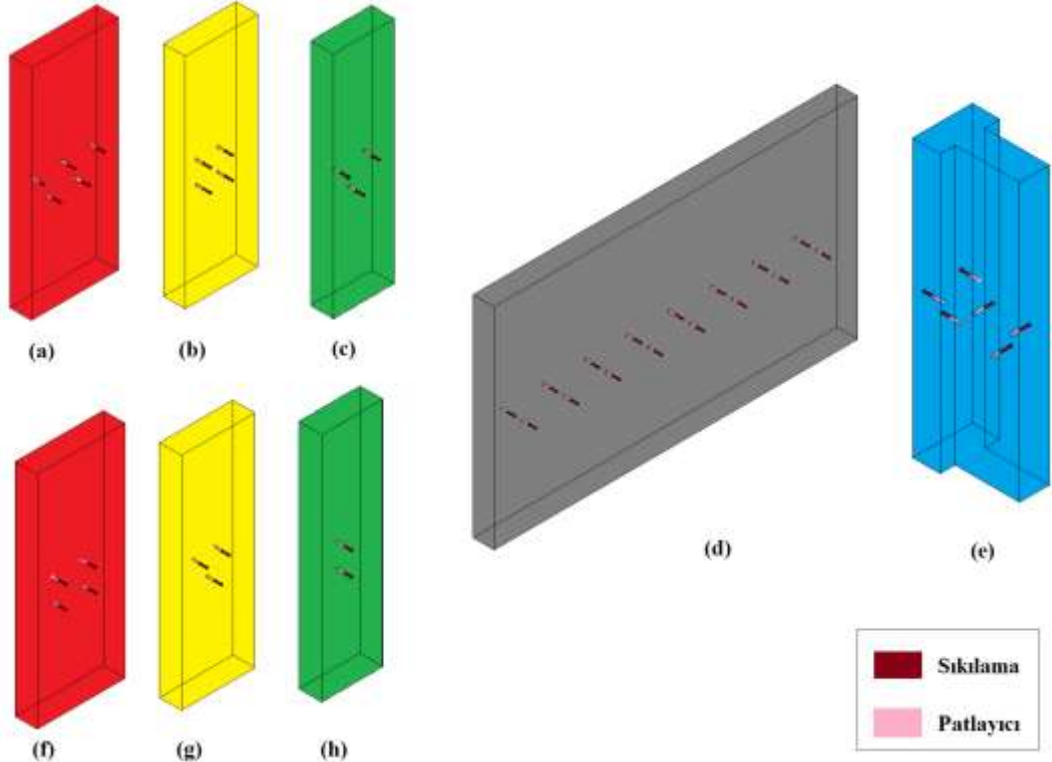
Literatürde, delik boyunun kolon genişliğinin 2/3'ü, sıkılama boyununda deliğin yarısı olması gerektiği ifade edilmektedir. Kolon genişliği 30 cm olduğu için delik boyu 20 cm olarak belirlenmiştir. Her bir delikte 125 gr dinamit konulması uygun görülmüştür. Bunun sebebi; firmanın, 500 gr. lık 38 mm. çapındaki, patlayıcısının 4' e eşit bölündüğünde, 125 gramı delikte 10 cm yer kaplamaktadır, Geri kalan 10 cm ise sıkılama miktarıdır.

Ülkemizde patlatma ile yıkımın uygulamasının olmaması tecrübe katsayısının belirlenmesinde hata riskini arttırmaktadır. Bu nedenle, delik geometrisi de dikkate alınarak riski minimize etmek için yıkım yönünde (caminin zıt yönünde) kullanılan şarj miktarı artırılmış, cami yönünde ise azaltılmıştır. Buna bağlı olarak kolonlarda uygulanması planlanan şarj miktarı Tablo 4.2'de, delik dizaynı ise Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Kolonlarda Kullanılan Şarj Miktarları

Kolon Boyutları (m)			Cami Yönündeki Kolonlarda Kullanılan Şarj Miktarı (kg)	Serbest Yöndeki Kolonlarda Kullanılan Şarj Miktarı (kg)
Yükseklik	Kenar	Kenar		
3	1,2	0,3	0,5	0,75
3	1	0,3	0,375	0,625
3	0,8	0,3	0,25	0,5
3	1	0,65	0,9	
3	5,2	0,3	2	





Şekil 4.3. (a) 120x30 cm'lik kolondaki delik dizaynı, (b) 100x30 cm'lik kolondaki delik dizaynı, (c) 80x30 cm'lik kolondaki delik dizaynı, (d) Perde betondaki delik dizaynı, € 100x65 cm'lik kolondaki delik dizaynı, (f) Cami yönündeki 120x30 cm'lik kolondaki delik dizaynı, (g) Cami yönündeki 100x30 cm'lik kolondaki delik dizaynı, (h) Cami yönündeki 80x30 cm'lik kolondaki delik dizaynı

#### 4.2.2. Ateşleme Tasarımının Belirlenmesi

Kolon başına düşen patlayıcı madde miktarı hesaplandıktan sonra patlatma ile kontrollü yapı yıkımının en önemli aşaması olan ateşleme tasarımı belirlenmiştir.

Literatürde kontrollü yapı yıkımı için genel bir tasarım önerisi yapılmadığı, tasarımın çevresel koşullar, betonarme malzeme özellikleri ve yıkım amacına bağlı olarak değiştiğinden bahsedilmiştir. Bu nedenle ateşleme tasarımı belirlenirken bu üç faktör irdelenmiştir.

Ülkemizde daha önce, patlatma ile kontrollü yapı yıkımı uygulamasının olmaması belirlenmiş gecikme aralığının doğruluğu hakkında fikir sahibi olunmasına engeldir. Bu nedenle, betonarme malzeme özelliklerinin oldukça düşük olması ateşleme anında binanın kendini bırakmasına neden olacağı düşünülmüştür. Bu durum yıkımın kontrollü



bir şekilde gerçekleşmesine engeldir. Kat sayısının az olması ise, yapı elemanlarına etkiyen basınç ve moment yükünün düşük olması anlamına gelmektedir. Bu iki duruma dikkat edildiğinde, gecikme aralığının kısa ( $\leq 25$  ms) veya uzun ( $\geq 100$  ms) olmaması gerektiği düşünülmüştür. Tedarikçide bu kritere uygun sadece 65 ms gecikmeli elektriksiz kapsül olduğundan, gecikme aralığı 65 ms olarak belirlenmiştir.

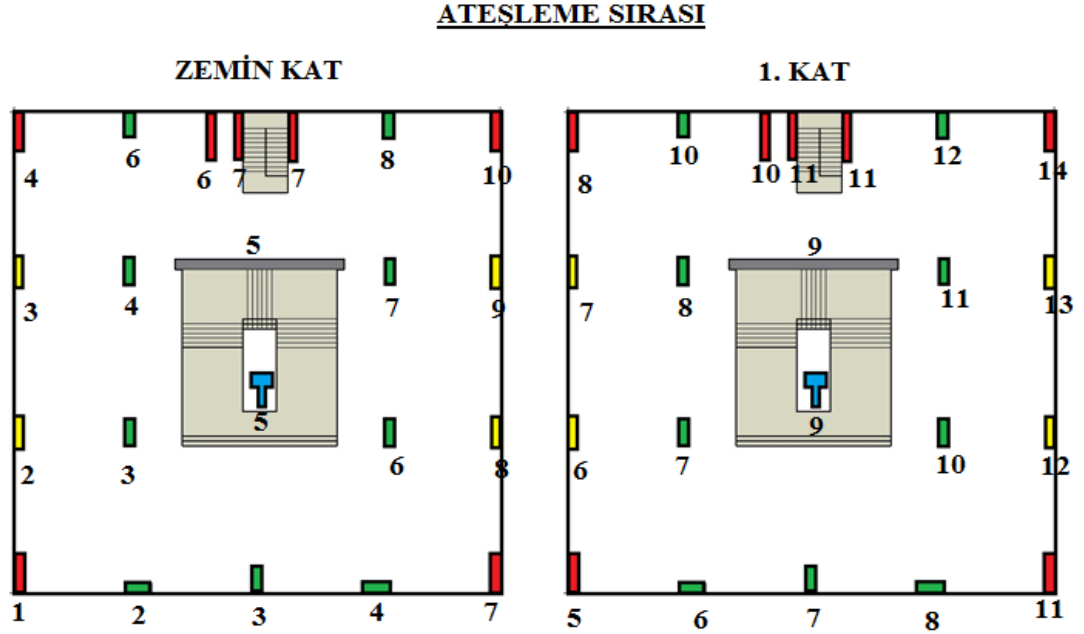
Çevresel koşullar dikkate alındığında ise tek risk unsuru, sağlık ocağına 8 m mesafede bulunan Fatih Sultan Mehmet Camii'dir. Caminin hala aktif olarak kullanılması ve çok yakın mesafede bulunması çok fazla risk taşımaktadır. Bu riski minimize etmek için sağlık ocağını kendi içine camiye zıt yönde bir eğimle çökertmek amaçlanmıştır. Yıkım eğim yönü Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Yıkım Eğim Yönü

Ateşleme tasarımının belirlenmesinde bir diğer faktör yıkım amacıdır. Kapıkule Sağlık Ocağı'nın patlatma ile yıkılmasının sebebi Edirne İl Özel İdaresi'nde bulunan makine ve ekipmanların, binanın makine ile yıkımına uygun olmamasıdır. Edirne İl Özel İdaresi'nde bom yüksekliği 9.5 m, bina yüksekliği ise 12,6 m olması patlatmalı yıkımın tercih edilmesini sağlamıştır. Ancak, binanın tümünün parçalanarak yıkılması, 8 m mesafede bulunan cami için çok büyük risk taşımaktadır. Bu nedenle, patlatmalı yıkım sonucunun makineli yıkıma imkan sağlayacak boyutta olmasına karar kılınmıştır. Dolayısıyla bina yüksekliğini yarıya indirmek için sadece iki kata patlayıcı yerleştirilmiştir.

Tüm faktörler değerlendirilerek uygun ateşleme tasarımı belirlenmiştir. Kolonların ateşleme sırası ve ateşleme anı Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



**ATEŞLEME ANI**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
65	130	195	260	325	390	455	520	585	650	715	780	845	910
ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms

Şekil 4.5 Sağlık Ocağı'nın Yıkım Tasarımı

Şekil 4.5'te görüldüğü üzere zemin katta ateşleme 65-650 ms arasında, 1.katta ise 325-910 ms arasında gerçekleşmektedir. Toplam ateşleme süresi 910 ms'dir. Zemin katta bulunan perde beton ateşlendiğinde ateşleme 1.katta başlamaktadır.

### 4.3. HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

Yıkım öncesi binanın zemin katında bulunan kolonların etrafında bulunan duvarlar yıkılarak kolonlar delik delmeye ve mevcut yıkım tasarımını uygulanabilir hale getirmiştir. Ayrıca, duvarların ortadan kalkması savrulan parça miktarını da azaltmaktadır.

Serbest kalan kolonlar tasarımda belirtilen şekilde delinmiş ve şarjlanmıştır. Donma süresinin kısa olmasından ötürü sıkılama malzemesi olarak alçı kullanılmıştır. Delik delme, sıkılama ve şarj yapma esnasında çekilmiş fotoğraflar Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Delik Delme ve Deliklerin Doldurulması Sırasında Çekilmiş Fotoğraflar

Yıkım tamamlandığında, 8 metre yakında bulunan caminin hasar durumu çok önemlidir. Yıkım tasarımı bu durum göz önüne alınarak yapılmasına karşın patlatma sonucu meydana gelecek olan parça savrulması cami için çok büyük risk taşımaktadır. Bu nedenle patlayıcı yerleştirilen tüm kolonlar önce 1mm. Kalınlığında membran, membranın da üstüne çelik tel ile sarılmıştır (Şekil 4.7). Cami tarafına savrulan parçaları minimize etmek adına binanın cami yönündeki kenarları boydan boya 2 mm. kalınlığında mıcır brandası ile kaplanmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.7. Kolonlarda Alınan Güvenlik Önlemleri



Şekil 4.8. Cami Yönünde Alınan Güvenlik Önlemleri

#### 4.4. YIKIM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yıkım, tasarım aşamasında planlandığı gibi gerçekleşmiştir. Tasarım aşamasında istenilen sonuçları;

- Sağlık ocağına 8 m mesafede bulunan caminin hasar görmemesi,
- Binanın makineli yıkım için elverişli hale gelmesidir.

Yıkım anının görüntüleri Şekil 4.9 ve 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Yıkım Anı



Şekil 4.10. Yıkım Anı

Yıkım anında bina, istenilen yönde 10-15°'lik eğimle yıkılmıştır. Bu sonuç, belirlenen ateşleme sırasının doğru olduğunu göstermektedir.



Binanın patlayıcı yerleştirilmeyen kolonlarında her hangi bir deformasyon olmamıştır. Ancak patlayıcı yerleştirilen kolonların taşıyıcı özellikleri ortadan kalkmıştır. Bu da, kolonlarda belirlenen delik dizaynı ile şarj miktarının doğru olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, bina yüksekliği yaklaşık 6 m azalmıştır. Binanın yıkım sonu çekilmiş fotoğrafı Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Yıkım Tamamlandığında Binanın Durumu

Yıkım sonrasında en çok merak edilen husus caminin durumu olmuştur. Belirlenen yıkım tasarımının amacının parçalamaya yönelik değil, makineli yıkıma elverişli hale getirmek olmasının ve ciddi güvenlik önlemlerinin alınmasının sebebi caminin hasar görmesinin istenmemesidir. Yıkım sonu, cami incelendiğinde bir camının dahi kırılmadığı görülmüştür. Bu da alınan güvenlik önlemlerinin görevini başarılı ile yaptığını göstermektedir. Yıkım sonrası mevcut iş makinası bir günlük mesai de kalan iki katı da başarılı bir şekilde yıkmıştır. Fatih Sultan Mehmet Camii’nin fotoğrafı Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Yıkım Sonrası Fatih Sultan Mehmet Camii'nin Fotoğrafi



Şekil 4.13. Patlatma Sonrası İş Makinesinin Binayı Molozlara Ayırması

## 5. SONUÇLAR

25 Eylül 2012 tarihinde Saat 17:00'da Edirne ili Kapıkule mevkiinde bulunan Sağlık Ocağı kontrollü patlatma tekniği ile yıkılmıştır.

Patlatma ile yıkımın amacı, mevcut iş makinesine minimum miktarda iş yaptırmak ve riskleri minimize etmektir. Dolayısıyla tasarım yapılırken binanın birinci ve ikinci katı patlatma yöntemiyle, üçüncü ve dördüncü katı ise iş makinesi ile yıkılmasına karar verilmiştir. Türkiye' de resmi dairelerden gerekli izinlerin alınması sebebiyle, ilk resmi patlatma yöntemiyle bina yıkımı olarak kayıtlara geçmiştir.

Yıkım tasarımı yapılırken Şekil 4.4'te gösterilen yöne eğimli şekilde içe çöktürme amaçlanmıştır. Şekil 4.9 ve 4.10'da görüldüğü binanın yıkılma anındaki davranışı amaca uygun şekilde gerçekleşmiştir. Buradan yola çıkarak uygulanan ateşleme sırasının doğru olduğu görülmektedir.

Parça savrulması yapı yıkımının kaçınılmaz bir sonucudur. Bu sorun, sağlık ocağına 8 m mesafede bulunan Fatih Sultan Mehmet Camii için çok fazla risk taşımaktadır. Bu nedenle hem yapı elemanlarında, hem de binanın cami yönündeki çevresinde güvenlik önlemleri alınmıştır. Yıkım tamamlandığında camide herhangi bir hasar oluşmaması, risklerin çok iyi değerlendirilip gerekli önlemlerinin alınmasının bir sonucudur.

Yıkım sonrası bina gözlemlendiğinde, döşemeler üst üste binmiş ve patlayıcı yerleştirilmeyen yapı elemanlarının yeterli hasarı almadığı görülmüştür. Bunun sebebinin uygulanan yıkım tasarımıdır. Çünkü binayı molozlara ayırmak için uygulanması gerekli yıkım tasarımı sonucunda yüksek miktarda parça savrulması, yer sarsıntısı ve gürültü açığa çıkacaktır. Sağlık ocağına 8 m mesafede bulunan caminin günümüzde hala aktif olarak kullanılması nedeniyle iş sağlığı ve işçi güvenliği prensipleri gereğince yıkım amacı binayı makineli yıkıma uygun hale getirmek olmuştur.



Yıkım performansını arttırmak için, binanın statik durumu irdelenmelidir. (Özyurt ve diğ.-1)'de bahsedildiği gibi, statik analiz sonucu binanın yıkım anındaki davranışı kestirilebilir ve buna bağlı olarak gecikme aralıkları ve ateşleme sırasında düzenleme yapılarak yapı elemanlarında oluşan deformasyon arttırılabilir.

Patlayıcı yerleştirilen yapı elemanlarının taşıyıcı özelliklerini kaybetmesi, belirlenen şarj miktarının doğru olduğunu göstermektedir.

Patlatma ile kontrollü yapı yıkımının, yerleşim yerlerindeki binaların yıkımında büyük risk taşıdığına dair kamuoyunda bir önyargı söz konusudur. Bu çalışmada yıkılan binanın 8 m yakınında bulunan camiye hiçbir zarar gelmemesi, bu ön yargının önüne geçmektedir.

Sağlık ocağının kontrollü patlatma ile yıkımı performans açısından düşük olmasına karşın, iş güvenliği ve işçi sağlığı ile yıkım amacına kusursuz hizmet etmiştir.

Türkiye' de ilk defa resmi olarak uygulanan bu yöntemdeki çalışmalar ışığında daha sonra gerçekleştirilen Kapıkule Lojmanlarının yıkımına yardımcı olmuş ve şu an da da ülkemizde yüksek katlı binaların yıkımı, köprülerin yıkımı gibi yıkımların başarılı bir şekilde yapılmasına öncülük etmiştir.

Ancak ülkemizde patlatma ile yıkım konusunda malesef halen bir yönetmelik bulunmamaktadır. Gerekli yasal düzenlemelerin en kısa sürede tamamlanması gerekmektedir, aksi takdirde konusunda uzman olmayan kişilerce yapılan tasarım ve yıkımlar Patlayıcı Mühendisliğinin gelişmesini engelleyecek ve hatta sonlandıracaktır. Bu bilim dalında yeni gelişen bir ülke olarak kamuoyunun hassasiyeti göz önüne alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

- ALDAŞ, G., ÖZKAZANÇ, M.O., 2000. "Patlayıcı Maddeler ve Patlatma Teknikleri" Kursu 2000, Barutsan, s. 103
- BİLGİN H. A., 1999. "Patlatma Kaynaklı Çevre Sorunları", Barutsan dergisi, s. 38-40
- DOWDING, H.C., 1996, Construction Vibration, pp. 265-283, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, U.K.
- DRILLER, 2013, D&L Thomas Equipment Corp. Şirketi Web Sitesi, [www.Driller,2013.com/Driller,2013.htm](http://www.Driller,2013.com/Driller,2013.htm), (Ziyaret Tarihi:15/03/2013)
- ELLIOT, R.J., WOOLF, R., 2001, Demolition Blasting of Reinforced Concrete Structures, Proceedings of the 1<sup>st</sup> World Conference of Explosives & Blasting Technique, Munich, Germany, 6-8 September, 397-403
- ERKOÇ, Ö.Y., 1990, Kaya Patlatma Tekniği, Çelikler Matbaacılık, s. 164
- EXTREME EXPLOSIONS, 2010, Discovery Channel Belgesel Seti,
- GÖRGÜN, S., 2002, "Kontrollü Patlatma İlkelerinin Yapıların Yıkılmasında Kullanılabilirliği", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü
- GUSTAFFSON, R., 1981, Blasting Technique, Dynamit Noben Wien, Vienna, 327 s.
- JIMENO, C.L., JIMENO, E.L., Curceda R.J.A, 1995, "Drilling and Blasting of Rocks", A.A. Balkemo, Rotherdam, pp. 312-322
- KAHRİMAN, A., 1999, "Açık Maden ve Taş Ocaklarında Kaya Patlatma Teknolojisi", Eğitim Semineri,
- KALAYCI, Ü. 2011, 'Patlatmada Harcanan Faydalı Enerji İle Patlatma Verimi Arasındaki İlişkinin Araştırılması', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üni.
- KOCA, O., 2006, "Patlayıcı Maddelerle Kontrollü Yapı Yıkımı", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
- OEHM, W., 1992, Kinematische bedingungen beim sprengen starrer bauwerke, Nobel Hefte, Heft 1:16-20

- OLOFFSON, S.O., 1980, Applied Explosives Technology for Construction and Mining, pp. 268-277
- ONUR, A.H., KOCAK, G., KARAKUŞ, D., 2001, "Patlatmadan Kaynaklanan Yer Sarsıntılarının Binalar Üzerindeki Etkisinin Araştırılması", Tübitak Proje No: YDABÇAĞ-199Y002
- OSMRE, Federal Regulations, 2004. Code of Federal Regulations 30 CFR Part 700,
- ÖZER, Ü.; KARADOĞAN, A., 2012, "Patlatmalı Yapı Yıkım Tekniği, Binalarda Patlayıcı Kullanılarak Yıkım Tekniği", İleri Yıkım Teknikleri Eğitimi
- ÖZYURT, M.C., 2013, "PATLAYICI MADDE KULLANILARAK YAPILARIN KONTROLLÜ YIKILMASI VE VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ", İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi
- Özyurt M.C., Özer Ü., Karadoğan A., "Edirne Kapıkule Gümrük Lojman Binalarının Kontrollü Patlatma İle Yıkımı", VII. Delme-Patlatma Sempozyumu, ESKİŞEHİR, TÜRKİYE, 07-08 Kasım 2013, ss.21-33
- ÖZYURT M.C., ÖZER Ü., KARADOĞAN A., "Piroteknik Malzemenin Yapı Yıkımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması", VII. Delme Patlatma Sempozyumu, ESKİŞEHİR, TÜRKİYE, 7-8 Kasım 2013, cilt.1, no.1, ss.105-116
- ŞİMŞİR, F. ve KÖSE, H., 1996, Yapı Yıkımında Patlatma Uygulamaları, T.M.M.O.B. Madencilik Dergisi, Ankara , 3, 39-56
- SOSYAL, Ö., 1998, "Betonarme Binaların Kontrollü Patlatmalarla Yıkılması", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- STEVENSTON, A., 1972, Blasting Practice, Nobel's Explosives Company Limited, Scotland
- THOMAS, K., 1985, Formeln zur landemengenberechnung für das sprengen von bauwerken und bauverkteilen, Nobel Hefte, April-Juni: 83-90
- TS500, 2000, Türk Standardı
- ÜNAL, D., 2005, "Açık İşletmelerde Kullanılan Patlayıcılar ve Patlamalardaki Yeni Teknolojiler ve Uygulamaları", Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

## ÖZGEÇMİŞ

**Yasin Yılmaz** Maden Mühendisi

**Adres Bilgileri** : Türkiye - İstanbul(Avr.) - Büyükçekmece - beylikdüzü

**Cep Telefonu** : 90 (530) 231 54 31 **E-Posta** : ysnylmz@gmail.com

**Toplam Tecrübe** : 12 Yıl

**Eğitim Durumu** : Yüksek Lisans (Öğrenci)

**Askerlik Durumu** : Yapıldı (08.11.2002) **Medeni Durumu** : Evli

**Doğum Tarihi** : 06.07.1976 **Doğum Yeri** : Türkiye - İstanbul(Avr.)

**Sürücü Belgesi** : B (1995)

**Bilgisayar Bilgileri** Microsoft Office, NetCAD, AutoCAD, Del-Pat V7

### İş Deneyimleri

#### Maden Mühendisi

Has Beton Madencilik AS (Cebeci)

09.2014-... (5 ay)

#### Eğitim Bilgileri

**Üniversite (Yüksek Lisans)** 03.2013- ... **Okan Üniversitesi - (Örgün Öğretim)**

Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Patlayıcı Yüksek Mühendisliği (İngilizce)

**Üniversite (Lisans)** 09.1995 - 06.2001 **İstanbul Üniversitesi (İÜ) - (İkinci Öğretim)**

Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği (İngilizce) **2.05/4**

**Lise** 1993 **ÇAĞLAYAN LİSESİ** Fen, 7 / 10