Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 21, Sayı 2, ARAŞTIRMA

DOI: 10.17482/uujfe.77635

BETONARME BİR BİNANIN PATLAYICI İLE YIKILMASI VE VERİMİNİN İNCELENMESİ

*Meriç Can ÖZYURT **
*Ümit ÖZER **
*Abdulkadir KARADOĞAN **
*Ülkü KALAYCI **

Alınma: 05.10.2015;düzeltme:30.05.2016; kabul: 04.07.2016

Öz: Ülkemizde kentsel dönüşüm kapsamında yıkılacak birçok eski veya hasar görmüş yapı olması, yeni yıkım tekniklerinin arayışına girilmesine sebep olmuştur. Yurt dışında yıllardır başarılı bir şekilde uygulanan patlayıcı ile kontrollü yapı yıkımı, avantajları düşünüldüğünde dikkate değer bir tekniktir. Bu çalışmada, Edirne Kapıkule Gümrük Lojman Binası'nın patlayıcı kullanılarak kontrollü yıkımı gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, hali hazırda bulunmayan bina planı şerit metre kullanılarak çıkarılmış ve bilgisayar ortamında 3 boyutlu modeli oluşturulmuştur. Binaya ait betonarme malzeme özellikleri laboratuvar çalışmaları sonucunda belirlenmiş ve binanın statik durumu hakkında bilgi edinilmiştir. Bina kolonlarında deneme atımları gerçekleştirilerek kolon başına düşen şarj miktarı hesaplanmıştır. Bu bilgiler ışığında yıkım tasarımı önerilmiştir. Önerilen yıkım tasarımı, bir sonlu elemanlar programı kullanılarak oluşturulan bina modeli üzerinde test edilmiştir. Oluşturulan simulasyon modelinde binanın davranışı ve kolonlara etkiyen moment ve basınç yükleri tespit edilmiştir. Kolonlara etkiyen yükler, kolonların taşıma kapasitesi ile karşılaştırılarak, kolonların deformasyon derecesi öngörülmüştür. Yıkım sonrası binanın durumu incelenerek öngörülen deformasyonun meydana gelip gelmediği incelenmiştir. Patlayıcı madde kullanılarak yıkım gerçekleştirildikten sonra, yıkımın amacına hizmet ettiği görülmüştür. Ancak patlayıcı konulmayan yapı elemanlarında öngörülen deformasyonun olmadığı gözlemlenmiş, bunun sebepleri irdelenmiştir. Yıkım sonucu, komşu yapılarda herhangi bir hasar oluşmamış, yıkımdan kaynaklanan yer sarsıntılarının betonarme yapılara hasar verici boyutta olmadığı ölçülmüştür. Çalışma sonunda, makineli yıkım ile patlayıcı madde kullanılarak gerçekleştirilen yıkım maliyet açısından karşılaştırılmıştır. Kat sayısının azlığı ve sıralı patlatma ateşleme süresinin kısa olmasından dolayı makineli yıkımın daha avantajlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Patlatma, Yıkım, Yapı, Patlayıcı, Statik, Betonarme

The Demolition of a Reinforced Concrete Building by Using Explosives and Examination of It's Efficiency

Abstract: Within the scope of urban transformation new demolition techniques are seeked due to the old and damaged buildings to be demolished. Considering the advantages, controlled structure destruction by explosives is a remarkable technique that is applied successfully in abroad countries for years. In this study, the controlled demolition of Edirne Kapıkule Customs Building by using explosives was done. For this purpose, the building plan is determined by using tape measure and modelled in PC. Building's material properties are found as a result of laboratory studies and information about building's static balance is obtained. To determine charge, trials blasting on columns are done. From these results appropriate firing sequence is determined. The determined firing sequence is performed on the model, generated by using a finite element analyzing software. The behavior of the building, loads on columns during the demolition, are determined. The loads on columns are compared with the column's carrying capacity. As a result of this, the deformation of the building after demolition is over is foreseen. After the operation, it could be said that demolition achieved its goal. But the predicted deformation didn't occur on the structure elements, explosives weren't placed in. The reasons for this were examined. When the

* İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Avcılar/İstanbul
İletişim Yazarı: Meriç Can Özyurt (mericcan.ozyurt@gmail.com)

comparison of demolition by using machine cost and demolition by using explosives cost, the demolition by using machine is more advantageous because of less number of floors. It ıs observed that, measured vibration values are not adequate to cause damage on reinforced concrete buildings.

Keywords: Blasting, Demolition, Structure, Explosive, Static, Reinforced Concrete

1. GİRİŞ

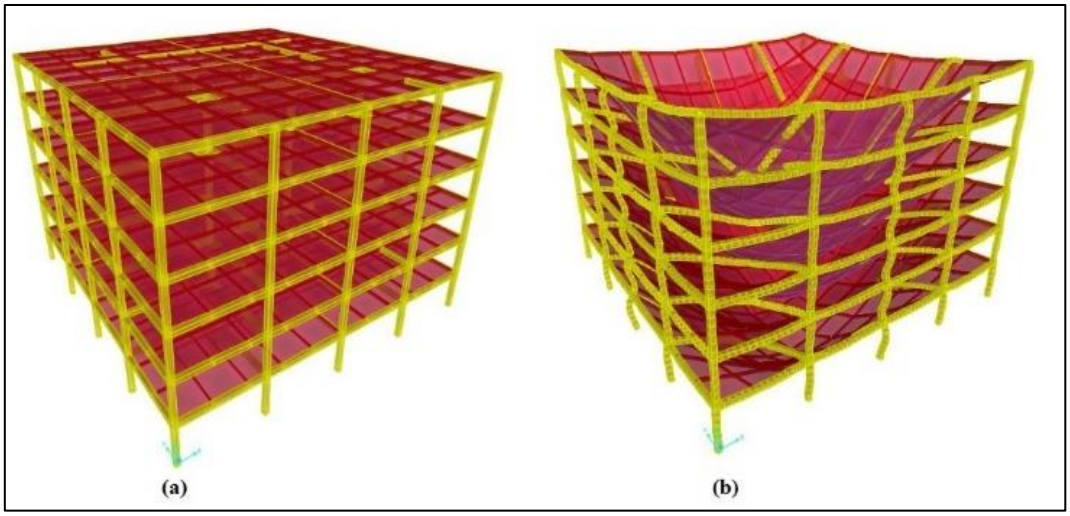
Ülkemizde, kentsel dönüşüm kapsamında yıkılması söz konusu olan milyonlarca bina bulunmaktadır. Binaların klasik yöntemlerle yıkımının uzun sürede gerçekleşmesi sonucu çevreye verilen rahatsızlık, yüksek maliyet ve emniyetsiz çalışma şartlarını beraberinde getirmektedir. Bu nedenle daha pratik yöntemlerin arayışına gidilmiştir. Bunun sonucunda, ülkemizde henüz uygulanmaya başlayan ve Ekim 2014'te yürürlüğe giren "Yapıların Tam ve Kısmi Yıkımı İçin Uygulama Kuralları" TS13633 standardında belirtilen kontrollü patlatma ile yapı yıkımı gündeme gelmiştir.

1.1 Patlayıcı Madde Kullanılarak Kontrollü Yapı Yıkımı

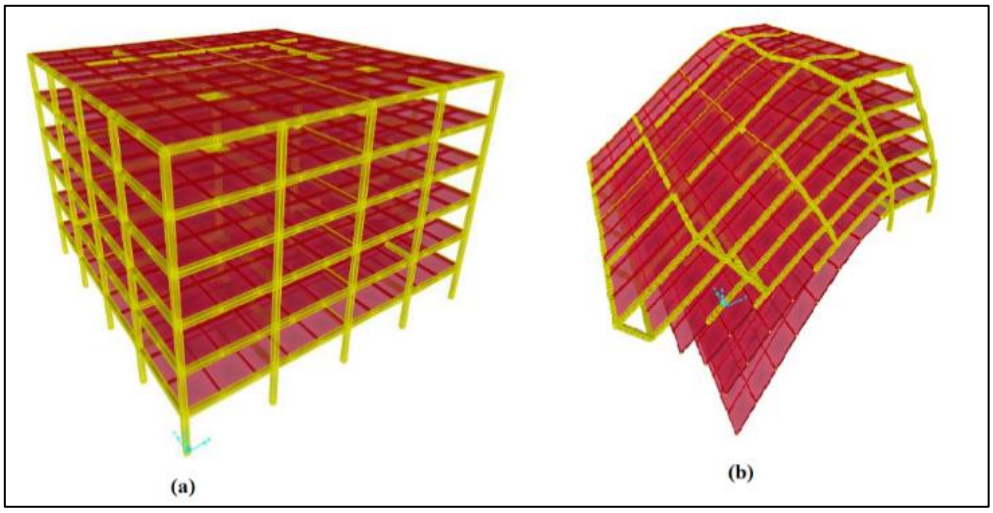
Patlatma ile yıkım metodu, alt katlarda mevcut olan taşıyıcı elemanların patlayıcı kullanılarak parçalanması ile geri kalan taşıyıcı elemanların artan basınç ve/veya moment yükü karşısında yenilmesi sonucu yapının yıkılmaya başlaması prensibine dayanır (Özyurt, 2013).

Binanın kontrollü patlatma ile yıkılmasında, genel bir tasarım önerisi sunulamaz. Çünkü; çevresel faktörler (komşu yapılar) ile bina özellikleri (konumu, planı, malzeme özellikleri vs.) her bir bina için farklılık göstermektedir. Bina özellikleri ile çevresel faktörler dikkate alınarak, amaca uygun yıkım tasarımı önerilmelidir (Dowding, 1996; Özyurt, 2013).

Yapıların, patlatma ile kontrollü yıkımı için iki yöntem uygulanmaktadır. İlki; yapının ağırlık merkezinin değiştirilmesi sonucu yana devrilmesidir. İkincisi ise; yapının taşıyıcı elemanlarından bir kısmının taşıyıcı özelliğini yitirmesi ile diğer yapı elemanlarının artan yük karşısında deforme olması sonucu yapının bulunduğu sınırlar içerisinde çökmesidir. Bu iki metodun birlikte kullanıldığı uygulamalar da görülmektedir. Şekil 1 (a ve b) ve 2 (a ve b)'de bu iki yöntemin model üzerinde uygulanması ile bina davranış modeli sırasıyla sunulmuştur (Özyurt, 2013).



Şekil 1:
Betonarme Binanın Kendi İçine Çökertilmesi (Özyurt, 2013).



Şekil 2:
Betonarme Binanın Yana Devrilmesi (Özyurt, 2013)

Stevenston (1972), Olofsson (1980), Gustafsson (1981), Jimeno vd. (1994), Dowding (1996), vb. araştırmacılar patlayıcı kullanılarak yapı yıkımına değinmişlerdir. Gustafsson (1980), yapı elemanlarının patlayıcı kullanılarak yıkılmasına dair patlatma tasarımı önerilerinde bulunmuştur. Hauser, Werner ve Thomas ise şarj miktarının belirlenmesi üzerine yaklaşımlar geliştirmişlerdir (Şimşir ve Köse, 1996; Koca, 2006; Özer ve Karadoğan, 2012).

Yapı yıkımında genellikle yüksek hassasiyetli dinamitler, T.N.T. ve RDX ile PETN içerikli plastik patlayıcılar kullanılmaktadır. Yüksek hassasiyetli dinamitler, beton veya betonarme malzemeler için tercih edilirken, lineer şekilli plastik patlayıcılar çelik malzemelerin yıkımında tercih edilirler (Koca, 2007; Extreme Explosions, 2010).

Beton veya betonarme malzemede patlayıcılar, yapı elemanında açılan delik içerisine yerleştirilirken çelik yapılarda patlayıcı, yapı elemanının yüzeyine yerleştirilir (Koca, 2007; Extreme Explosions, 2010).

Sıkılama için kağıt, kum, balçık, toprak ve sıva kullanılabilir. Yüzeysel patlayıcıların sıkılanmasında kum torbaları veya kontrplak ve dayanıklı kumaşlar birlikte kullanılabilir. Yüzeysel patlatmalarda şarjın yapı elemanı ile sıkı temas etmesi, şarjın da üzerinde sıkılama olması patlama performansında pozitif rol oynar (Oloffson, 1980; Özer ve Karadoğan, 2012).

Patlatma kaynaklı çevresel etkiler; parça savrulması, yer sarsıntısı, gürültü ve toz oluşumudur.

Parça savrulmasından oluşabilecek hasarın önüne geçmek adına patlayıcı yerleştirilen yapı elemanları jeotekstil malzeme ve tel örgü ile sarılmalıdır. Bununla birlikte, binanın yıkım esnasında enkaz alanı dışına parça savrulmasına imkan veren açık kısımları da jeotekstil malzeme ve tel örgüler ile çevrelenmelidir.

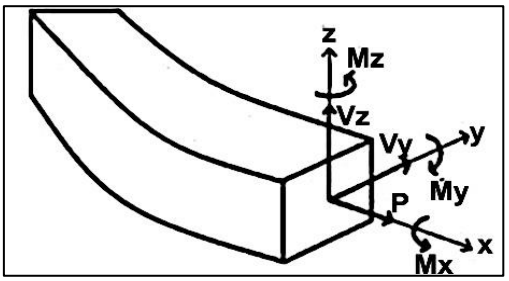
Gürültüden oluşabilecek rahatsızlıkların önüne geçmek için çevre sakinleri ve ilgili personel kişisel koruyucu kulaklık kullanabilir ve gürültü oluşumunu minimize etmek üzere patlayıcı yerleştirilen yapı elemanı cam yünü ile sarılabilir (Özyurt, 2013; Özyurt vd., 2013).

Patlamanın gerçekleşmesi ve yapının yıkılıp yere çarpması sonucu oluşacak yer sarsıntısını azaltmak için darbe emici özellikte olan koruyucu malzemeler veya inşaat molozları yapının devrileceği alana serilebilir (Özyurt, 2013).

Yıkım süresince toz oluşumunun tamamen önüne geçmek oldukça güçtür. Bu hususta, yapı ıslatılabilir veya yıkım anında yapı, su püskürtme makineleri ile sulanabilir (Özyurt, 2013).

1.2 Betonarme Sistemler

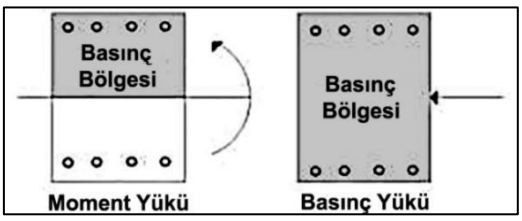
Betonarme binada taşıyıcı sistemler, kolon, perde, kiriş ve döşemelerin yanı sıra farklı özelliklerde bölme duvarlardan oluşurlar. Bu taşıyıcı elemanlardan kolonlar, kesitte oluşan basınç kuvveti, kesme kuvveti ve moment büyüklükleri dikkate alınarak, kirişler ise basınç kuvvetinin ihmal edilebilecek seviyelerde olması nedeniyle sadece kesitte oluşan moment ve kesme kuvveti büyüklükleri dikkate alınarak boyutlandırılırlar (Koca, 2006; Extreme Explosions, 2010; Ekiz, 2010). Şekil 3'te bir taşıyıcı elemanda dış etkiler nedeniyle oluşan kesit tesirleri pozitif yönleriyle gösterilmiştir.



Şekil 3:
Genel Eğilme Elemanında Oluşan Kesit Tesirleri (Ekiz, 2010)

Betonarme elemanlarda, moment ve normal basınç kuvvet tesiri ile oluşan basınç gerilmeleri, betonun basınca karşı olan yüksek mukavemeti ile karşılanırken, moment tesiri ile oluşan çekme gerilmeleri betonun düşük olan çekme dayanımı ihmal edilerek sadece donatı tarafından karşılanır. Betonarme elemanlar bu ilke doğrultusunda boyutlandırılır.

Basınç yükü (N) ve momentin (M) birlikte etki etme durumuna birleşik etkime durumu denir. Moment tesiri kolonun bir bölümüne basınç, kalan bölüme çekme olarak yansıyacaktır. Bu nedenle, kolonun sabit bir basınç kuvvet değerinde moment tesirinin büyüklüğünün artışı ile basınç bölgesindeki gerilme değeri artacak ve beton ezilme-kırılma kapasitesine erişecektir (Aka vd., 2001; Doğangün, 2013).



Şekil 4:
Betonarme Elemanda Çekme ve Basınç Gerilme Bölgeleri (Ekiz, 2010)

Betonun basınç dayanımı, betonarmenin davranışını önemli ölçüde etkiler. Betonun basınç dayanımı düşük ise, hem betonun daha düşük bir yük düzeyinde deforme olup şekil değiştirmesine, hem de beton ile donatı arasındaki aderansın düşük gerilmelerde bile yitirilmesine sebep olacaktır. Bu durum, boyuna donatıların deforme olmuş betondan kolayca sıyrılmasına neden olacaktır. Bunun sonucunda beton kırılır, donatı kopar ve yapı çöker (Bayülke vd., 1989; Uğurlu, 2013).

Beton en büyük gerilmeye ulaşıldığında değil, belirli bir deformasyona ulaşınca kırılır. Bunun sebebi; en büyük gerilmeye ulaşıldığında bazı lifler kısalır. Bu sırada daha az zorlanan lifler devreye girerek gerilme almaya başlar ve maksimum gerilmeye ulaşmış liflerde gerilme düşer, ancak kısalma devam eder (Türk, 2011).

Faklı yükleme hızları altında betonun basınç dayanımı ve elastisite modülü değişmektedir. Beton örneğe uygulanan yükün hızı azaldıkça örnek daha küçük bir yükte, yükleme hızı artıkça daha büyük bir yük altında kırılmaktadır. Buradan yola çıkarak, ani yük artışında betonarme malzemenin taşıma kapasitesinin yükselmesi sonucu çıkarılabilir (Felekoğlu ve Türkel, 2004).

1.3 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Edirne Kapıkule Gümrük Lojman Binası'nı kontrollü patlatma tekniği ile yıkılmasıdır.

Bu amaç doğrultusunda, binanın hali hazırda bulunmayan planı şerit metre kullanılarak çıkarılmış, bilgisayar ortamında programında üç boyutlu geometrik modeli oluşturulmuştur (Özyurt vd., 2013).

İlgili binanın kolonundan alınan beton numunesi laboratuvar ortamında incelenmiş ve mekanik özellikleri ortaya konmuştur. Betonarme malzeme özellikleri ile kolon boyutları kullanılarak her bir kolonun taşıma kapasitesi hesaplanmıştır.

Bina planı ve betonarme malzeme özellikleri dikkate alınarak bir sonlu elemanlar programı kullanılarak binanın statik durumu ile kolonlara tesir eden basınç ve moment yükü tespit edilmiştir.

Kolonlara tesir eden yükler, taşıma kapasiteleri ile karşılaştırılarak binanın kendiliğinden göçme riski taşıyıp taşımadığı incelenmiştir.

Bina planı, betonarme malzeme özellikleri, binanın statik durumu, komşu yapılar ve bütçe dikkate alınarak uygun yıkım tasarımı belirlenmiştir. Belirlenen yıkım tasarımı, simülasyon programında oluşturulan model üzerinde test edilmiştir. Kolonlara etkiyen yükler ile taşıma kapasiteleri karşılaştırılarak yıkım anında patlayıcı konulmayan yapı elemanlarının deforme olup olmayacağı irdelenmiştir.

Yıkım tasarımı, sonlu elemanlar programı ile oluşturulan model üzerinde uygulanmış, yıkım süresince binanın davranışı incelenmiştir. Bina davranışının amacına hizmet ettiği görülmüştür. Bu sonuçtan yola çıkarak, yıkım tasarımı bina üzerinde uygulanmıştır (Özyurt vd., 2013). Yıkım sonunda bina durumu gözlenmiş, binanın alçalma miktarı ile yıkım eğim açısı ölçülmüştür. Yıkım anında komşu binalara yerleştirilmiş titreşim ölçer cihazların kaydettiği ölçümler incelenmiş ve yorumlanmıştır.

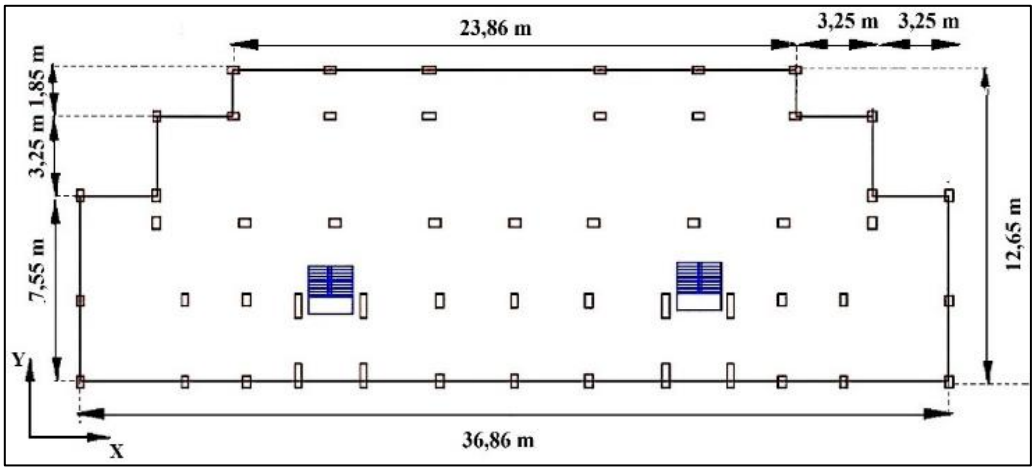
Aynı özellikte bulunan binanın ekskavatör kullanılarak yıkımı ile patlayıcı madde kullanılarak kontrollü yıkımı maliyet ve süre açısından karşılaştırılmıştır.

2. ÇALIŞMA SAHASI

Gümrük lojmanları, kapıkule sınır kapısının yanındadır. Lojman binasının yüz ölçümü 421 m^2'dir. Lojmanda toplam 10 adet bina olup bunlardan 7 tanesi 4 katlı, 3 tanesi ise 3 katlıdır. Binanın hali hazırda bulunmayan planı şerit metre kullanılarak çıkarılmıştır. Şekil 5'te binanın fotoğrafları, Şekil 6'da bina planı ve Şekil 7'de bina modeli gösterilmiştir.



Şekil 5:
Edirne Kapıkule Gümrük Lojman Binası'nın Fotoğrafları (Özyurt, 2013)



Şekil 6:
Edirne Kapıkule Gümrük Lojman Binası'nın Planı (Özyurt, 2013)



Şekil 7:
Edirne Kapıkule Gümrük Lojman Binası'nın Modellenmiş Görüntüsü (Özyurt, 2013)

2.1 Binanın Betonarme Karakteristik Özellikleri

Binanın kolonundan alınan beton numune üzerinde tek eksenli basma, ultrasonik ses geçirgenliği ve yoğunluk deneyi yapılmıştır. Bu deneyler sonunda, betonun C10 sınıfı olduğu belirlenmiştir. TS500 (2000) ve Deprem Yönetmeliği (1998)'nde beton dayanımının C20 düzeyinde olması zorunlu kılınmıştır. Bu sonuçtan yola çıkarak, binanın Deprem Yönetmeliği'ne göre göçme durumunda olduğu anlaşılmıştır.

Binanın sahip olduğu donatılar incelendiğinde, bazı yapı elemanlarında 12 mm'lik, bazı yapı elemanlarında ise 16 mm'lik çelikten oluşan donatılar kullanıldığı anlaşılmıştır. Bu kapsamda, 16 mm'lik çelikten oluşan donatıların yük almak kapasitelerinin daha yüksek olması nedeni ile binadaki tüm yapı elemanlarında en iyi koşulları sağlayabilecek 16 mm'lik çelik donatı kullandığı kabul edilmiştir. Donatı kalitesini belirlemek için deney yapılamadığından ötürü, binanın mevcut durumu dikkate alınarak TS708 standartlarında en düşük dayanıma sahip çelik donatı olan S220a çeliğinin kullanıldığı varsayılmıştır. Betonarme malzemenin mekanik özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Binada mevcut olan betonun mekanik özellikleri (TS708, 2010; Özyurt, 2013)

Parametre	Minimum	Maksimum	Ortalama
Betonun Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm^3)	1,71	2,17	2,03
Betonun Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	8,2	11,38	10,21
Betonun Elastisite Modülü (MPa)	2,19 x 10^4	2,58 x 10^4	2,34 x 10^4
Betonun Poisson Oranı	0,2	0,2	0,2
Çeliğin Akma Dayanımı (MPa)	191,3	191,3	191,3

2.2 Kolonların Taşıma Kapasitesi

Binada bulunan her bir kolonun taşıma kapasitesi hesaplanmıştır. Taşıma kapasitesi, kolona tesir eden çekme kuvvetinin minimum olduğu noktada basınca karşı gösterdiği direnç ile basınç yükünün minimum olduğu noktada çekme kuvvetine karşı gösterdiği direnç olarak ifade edilir.

Taşıma kapasiteleri hesaplanırken "Simetrik Donatılı Kolonların Karşılıklı Etki Diyagramı" kullanılmıştır (Zorbozan ve Aydemir, 2013). Bu diyagram yardımıyla belirli bir basınç yükünün etkisi altında olan yapı elemanının taşıyabileceği maksimum moment değerinin belirlenmesi sağlanmaktadır.

Diyagram sayısallaştırılarak m-n ilişkisi ortaya konmuştur (Eşitlik 1). Taşıma kapasiteleri, kolonların gevrek (basınç) kırılma durumu göz önüne alınarak momentin sıfır olduğu noktada maksimum normal kuvvet ve normal kuvvetin sıfır olduğu noktada maksimum moment değerleri arasında lineer bağlantı kurularak her iki eksen doğrultusunda hesaplanmıştır (Eşitlik 2 ve 3).

$$m = \begin{cases} 0{,}6 < n \; için, & -2{,}72^{-15}\, x\, n^2 - 0{,}3\, x\, n + 0{,}48 \\ 0{,}1 < n < 0{,}6 \; için, & -4\, x\, 10^{-2}\, x\, n^2 + 0{,}06\, x\, n + 0{,}27 \\ n < 0{,}1 \; için, & -4\, x\, 10^{-4}\, x\, n^2 + 0{,}26\, x\, n + 0{,}26 \end{cases} \quad (1)$$

$$N = n * b * h * f_{cd} \quad (2)$$

$$M = m * b * h^2 * f_{cd} \quad (3)$$

Eşitlik 1, 2 ve 3'te ifade edilen; n basınca bağlı abaktan okunan değer, m momente bağlı abaktan okunan değer, N taşıma basıncı, M, taşıma momenti, b etkime yönüne göre genişlik (cm), h etkime yönü uzunluk (cm), f_{cd} betonun basınç dayanımı (MPa), f_{yd} donatı çeliğinin dayanımı (MPa)'dır.

Taşıma kapasiteleri, kolonların gevrek (basınç) kırılma durumu göz önüne alınarak momentin sıfır olduğu noktada maksimum normal kuvvet ve normal kuvvetin sıfır olduğu noktada maksimum moment değerleri arasında lineer bağlantı kurularak her iki eksen doğrultusunda tespit edilmiştir. Kolonların taşıma kapasiteleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kolonların Taşıma Kapasiteleri (Özyurt, 2013)

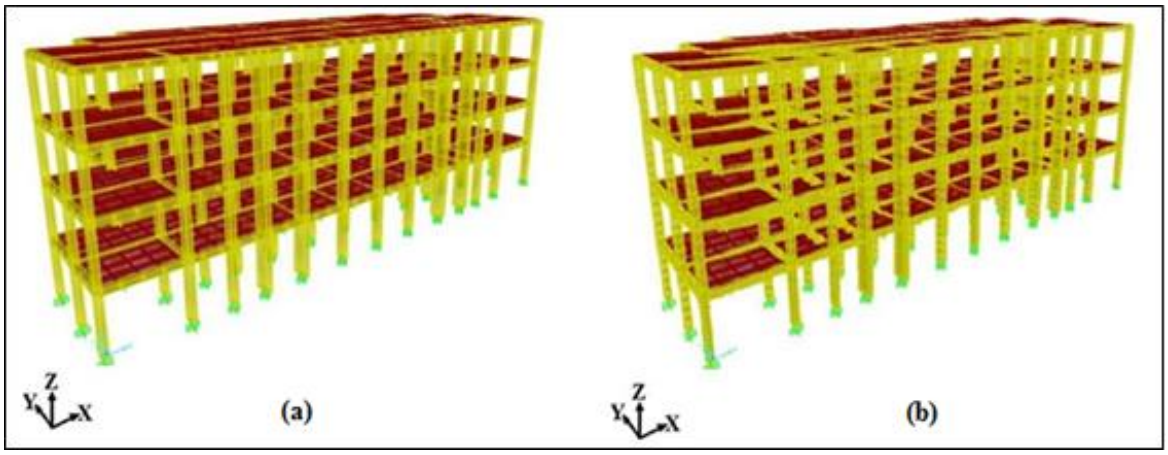
Kolon Boyutları (m)	Basınç (P) (kN)	Moment (X Yönü) (M_x) (kN)	Moment (Y Yönü) (M_y) (kN)
0,45 x 0,3	1387,67	65,73	98,6
0,5 x 0,3	1541,85	73,04	121,73
0,3 x 0,5	1541,85	121,73	73,04
0,95 x 0,3	2929,52	138,77	439,43
0,56 x 0,3	1726,87	81,8	152,69

2.3 Binanın Statik Durumu

Betonarme malzeme özellikleri ile planı bilinen binanın sonlu elemanlar programında üç boyutlu modeli (Şekil 8 a) oluşturulmuştur. Bu model yardımı ile binanın statik durumu ile ölü yük altındaki davranışı (Şekil 8 b) gözlemlenmiştir. Şekil 8(b)'de de görüldüğü gibi, bina döşemelerinin iç kısımları ölü yükün etkisi ile eğilmiştir.

Zemin katta bulunan taşıyıcı elemanlarda oluşacak gerilmeler diğer katta bulunan taşıyıcı elemanlara göre daha fazla olduğundan ötürü; zemin katta bulunan kolonların dayanımı ve tesiri

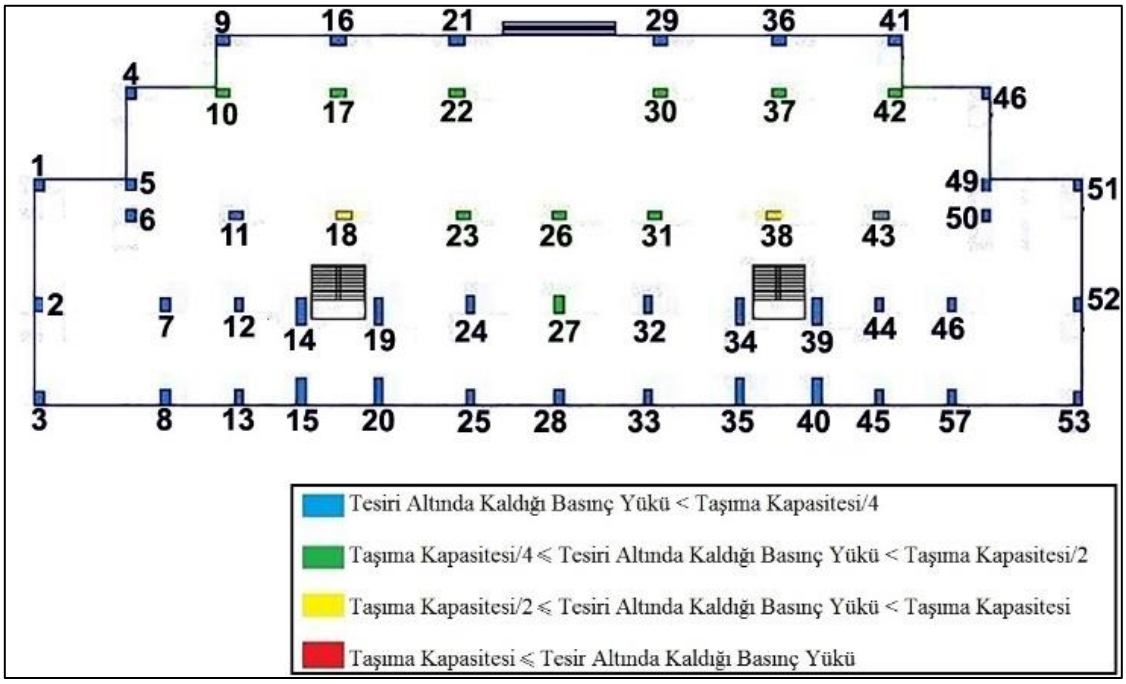
altında kaldığı yükler incelenerek binanın kendiliğinden çökme riski taşıyıp taşımadığı irdelenmiştir. Zemin katta bulunan kolonlardan bazılarının taşıma kapasiteleri ve tesiri altında kaldığı basınç ve moment yükleri Tablo 3'te gösterilmiştir. Kolonların risk durumu ise Şekil 9'da sunulmuştur.



Şekil 8:
(a) Bina Modeli, (b) Binanın Ölü Yük Altındaki Davranışı (Özyurt, 2013)

Tablo 3. Binanın Zemin Katında Bulunan Kolonların Taşıma Kapasiteleri ve Tesiri Altında Kaldıkları Yükler

Kat	Kolon No.	Maksimum Taşıma Kapasitesi (kN)		Başlangıç Anında Kolonlara Etkiyen Yükler (kN)	
		Basınç (P) (kN)	Moment (X Yönü) (M_x) (kN)	Basınç (P) (kN)	Moment (X Yönü) (M_x) (kN)
Zemin	2	1387,67	65,73	317,55	2,13
Zemin	5	1387,67	65,73	439,48	2,85
Zemin	15	2929,52	138,77	344,96	0,05
Zemin	16	1541,85	121,73	218,71	0,27
Zemin	26	1541,85	121,73	485,24	0,90
Zemin	28	1541,85	121,73	621,48	0,1
Zemin	36	1541,85	121,73	621,48	0,1
Zemin	40	2929,52	138,77	236,00	0,1
Zemin	49	1387,67	65,73	344,96	0,05
Zemin	52	1387,67	65,73	144,08	1,07



Şekil 9:
Kolonların Risk Durumları

3. KONTROLLÜ PATLATMA İLE YIKIM TASARIMI

3.1 Şarj Miktarı ve Sıkılama Boyunun Belirlenmesi

Şarj miktarını hesaplamak için; literatürde birçok yaklaşım olmasına karşın, hesaplama kolaylığı nedeniyle yaygın olarak kullanılan, Thomas'ın geliştirdiği hacme bağlı şarj miktarı hesabı (Eşitlik 4) kullanılmıştır (Thomas, 1985).

$$L = V\ x\ q \tag{4}$$

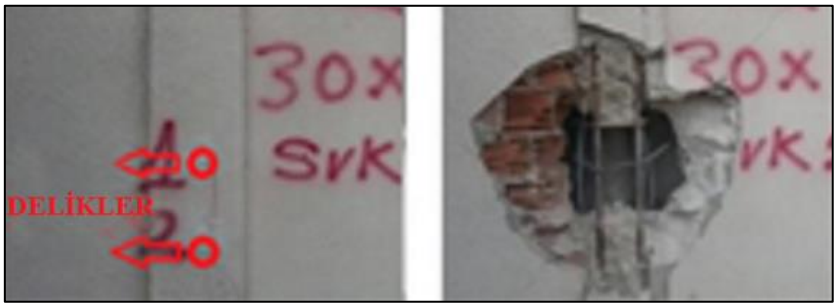
Eşitlik 4'te; L Şarj miktarı (kg), V patlatılacak nesnenin hacmi (m^3), q ise tecrübe değeri (kg/m3) olarak ifade edilir.

"q" katsayısı deneme atımları sonucu, başarılı bir patlatmadan sonra kolayca kullanılan şarj miktarının patlatılan hacme oranıyla bulunur [8]. Bu oran Eşitlik 5'te gösterilmiştir.

$$q = \frac{Q}{V} \tag{5}$$

Eşitlik 2'de; q tecrübe değeri (kg/m^3), Q kullanılan toplam patlayıcı madde miktarı (kg), V ise patlatılan nesnenin hacmi (m^3)'dir.

Tecrübe değerini tespit etmek için deneme atımları yapılmıştır. Aynı bina üzerinde toplamda üç adet deneme atımı yapılmıştır. Bu deneme atımları sonucunda uygun görülen tasarımının özellikleri Tablo 4'te, Şekil 10'da ise kolonda meydana gelen hasar sunulmuştur (Özyurt, 2013). Deneme atımı sonucunda; Eşitlik 2 kullanılarak tecrübe değeri 0,62 kg/m^3 bulunmuştur.



Şekil 10:
Deneme Atımı Öncesi ve Sonrası Kolon Durumu (Özyurt, 2013)

Tablo 4. Uygun Görülen Deneme Atımının Parametreleri ve Sonuçları

Parametre		Değer
Kolon Özellikleri	Kolon Boyutu	0,3 x 0,45 x 3 m
	Donatı Özellikleri	Simetrik Donatılı, Dikdörtgen Kesitli, 16 mm'lik S220a Çeliği
	Beton Özellikleri	C10 Sınıfı Beton
Delik Geometrisi	Delik Çapı	45 mm
	Delik Boyu	38 cm
	Sıkılama Boyu	28 cm
	Şarj Boyu	10 cm
	Toplam Delik Sayısı	2 adet
	Sıra Sayısı	2 adet
	Sıralar Arası Mesafe	30 cm
Patlayıcı	Bir Delikteki Şarj Miktarı	125 gr
	Patlayıcı Çeşidi	Jelatinit Dinamit
	Detonasyon Hızı	6345 m/sn
	Patlama ısısı	2502 K
Ateşleme Sistemi	Ateşleme Sistemi Çeşidi	NONEL
	Delikler Arası Gecikme Aralığı	Yok
Sonuçlar	Kolonda Meydana Gelen Açıklık	0,083 m^3
	Kolonda Meydana Gelen Gözle Görülür Hasar Yüzdesi	% 20
	Maksimum Parça Savrulma Mesafesi	37 m

Eşitlik 1 kullanılarak farklı kolonlar için kullanılması gereken şarj miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Farklı Kolon Boyutları İçin Hesaplanan Şarj Miktarları (Özyurt, 2013)

Kolon Enkesit Boyutları (m*m)	Patlayıcı Miktarı (kg)
0,3 x 0,45	0,25
0,3 x 0,5	0,28
0,95 x 0,3	0,53
0,3 x 0,56	0,31

Ancak, finansal politika nedeni ile her bir kolona, 250 gr patlayıcı yerleştirilmiştir. Bunun sonucunda, 159 adet kolona toplam 39,75 kg patlayıcı yerleştirilmiştir. Sıkılama malzemesi olarak genelde alçı kullanılmasına karşın dayanıklılığı daha fazla olan tamir harcı kullanılmıştır. Bu harcın kuruma süresi yaklaşık 20 dakikadır.

3.2 Ateşleme Sırasının Belirlenmesi

Binaların statik durumu ve geometrisi, betonarme malzeme özellikleri ile çevresel faktörler göz önünde bulundurulduğunda, literatürde "içine çökertme" olarak adlandırılan yıkım tekniğinin uygulanmasına karar verilmiştir. Bu amaçla, Şekil 11'de sunulan ateşleme sırası önerilmiştir. Kolonlar arası 65 milisaniyeli (ms) gecikmeli NONEL kapsüller kullanılmıştır.

Ateşleme süreci, zemin katta 1, 2 ve 3 numaralı kolonların ateşlenmesiyle başlar, 2.katta 51, 52 ve 53 numaralı kolonların ateşlenmesiyle son bulmaktadır. Zemin katta, ilk olarak 1, 2 ve 3 numaralı kolonlar ateşlenmiş, dikey doğrultuda birbirine paralel olan kolonlar aynı anda ateşlenecek şekilde bina boyunca sırayla ateşleme devam etmiştir. Binanın merdiven boşluklarında kullanılan beton ve demir kalitesinin, binanın diğer bölgelerinde kullanılanlardan daha yüksek olabilme ihtimaline karşılık merdivenler etrafındaki kolonların aynı anda patlatılması uygun görülmüştür.

Zemin katta ilk merdiven boşluğuna gelindiğinde, yani 16 ve 17 numaralı kolonlar ateşlendikten hemen sonra, üst kata (birinci kata) çıkarılan bir diğer hatla birinci kattaki 1, 2 ve 3 numaralı kolonlar ateşlenmeye başlar ve zemin kattaki ateşleme sırasıyla aynı şekilde diğer kolonlar ateşlenmeye devam etmektedir.

1.Katta da ilk merdiven boşluğuna gelindiğinde, yani 16 ve 17 numaralı kolonlar ateşlendikten hemen sonra üst kata (İkinci kat) çıkarılan bir diğer hatla ikinci kattaki 1, 2 ve 3 numaralı kolonlar ateşlenmeye başlamakta ve diğer katlardaki ateşleme sırasıyla aynı şekilde diğer kolonlar ateşlenmeye devam etmekte olup, 51, 52 ve 53 numaralı kolonlarda ateşlendiğinde ateşleme işlemi tamamlanmaktadır.

Betonarme malzeme kalitesi dikkate alındığında en üst katında bulunan yapı elemanlarının yıkım anında tesiri altında kaldığı yükün ve yere çarpmanın verdiği etkiyle parçalanacağı öngörüldüğünden en üst kata patlayıcı yerleştirilmesine gerek duyulmamıştır. Bu tasarımda 477 adet 65 ms gecikme süreli NONEL kapsül kullanılmaktadır.

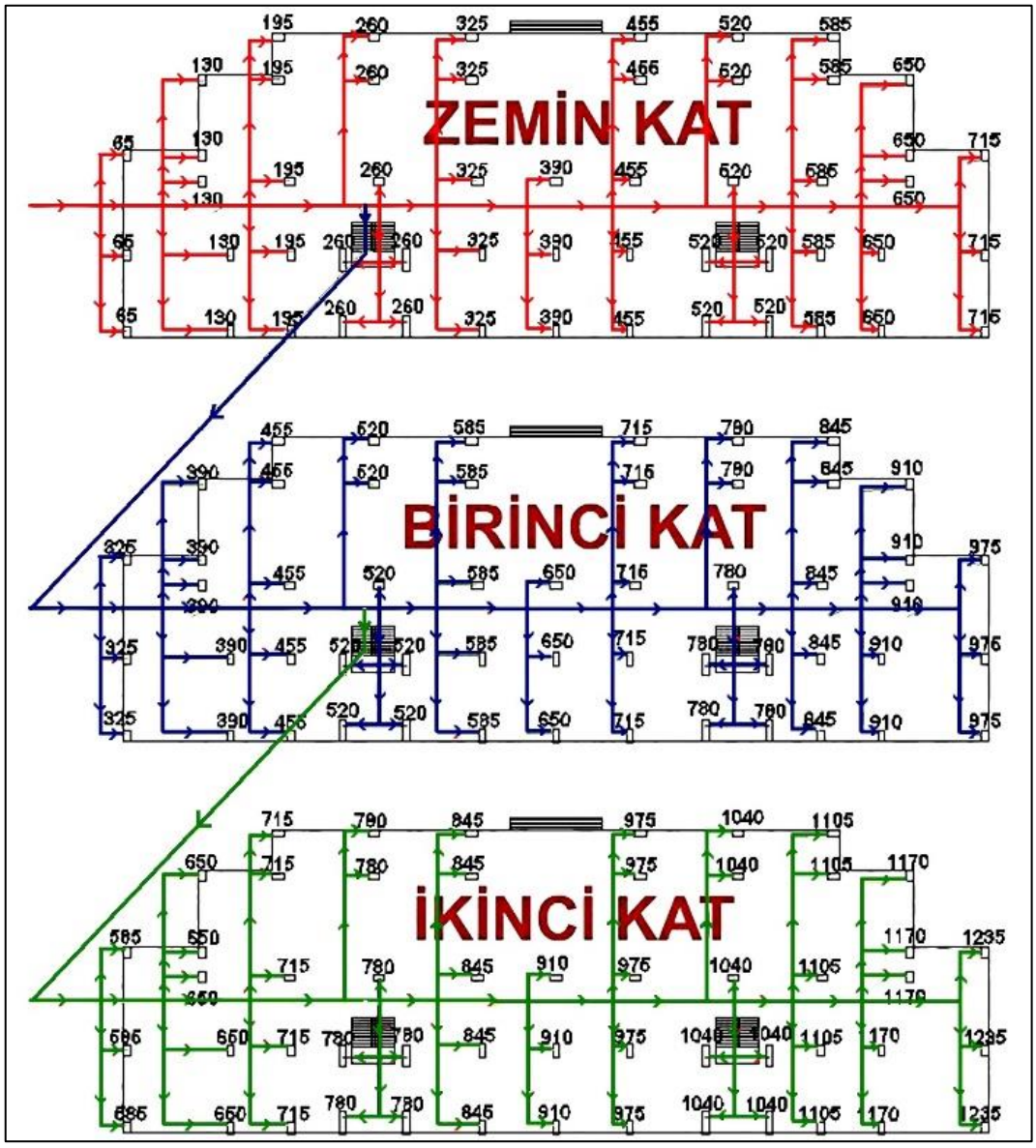
3.3 Yıkım Simulasyonu

Belirlenen yıkım tasarımı, sonlu elemanlar programında oluşturulan model üzerinde test edilmiştir. Yıkım anında binanın davranışı ve kolonlara etkiyen moment ile basınç yükleri tespit edilmiştir.

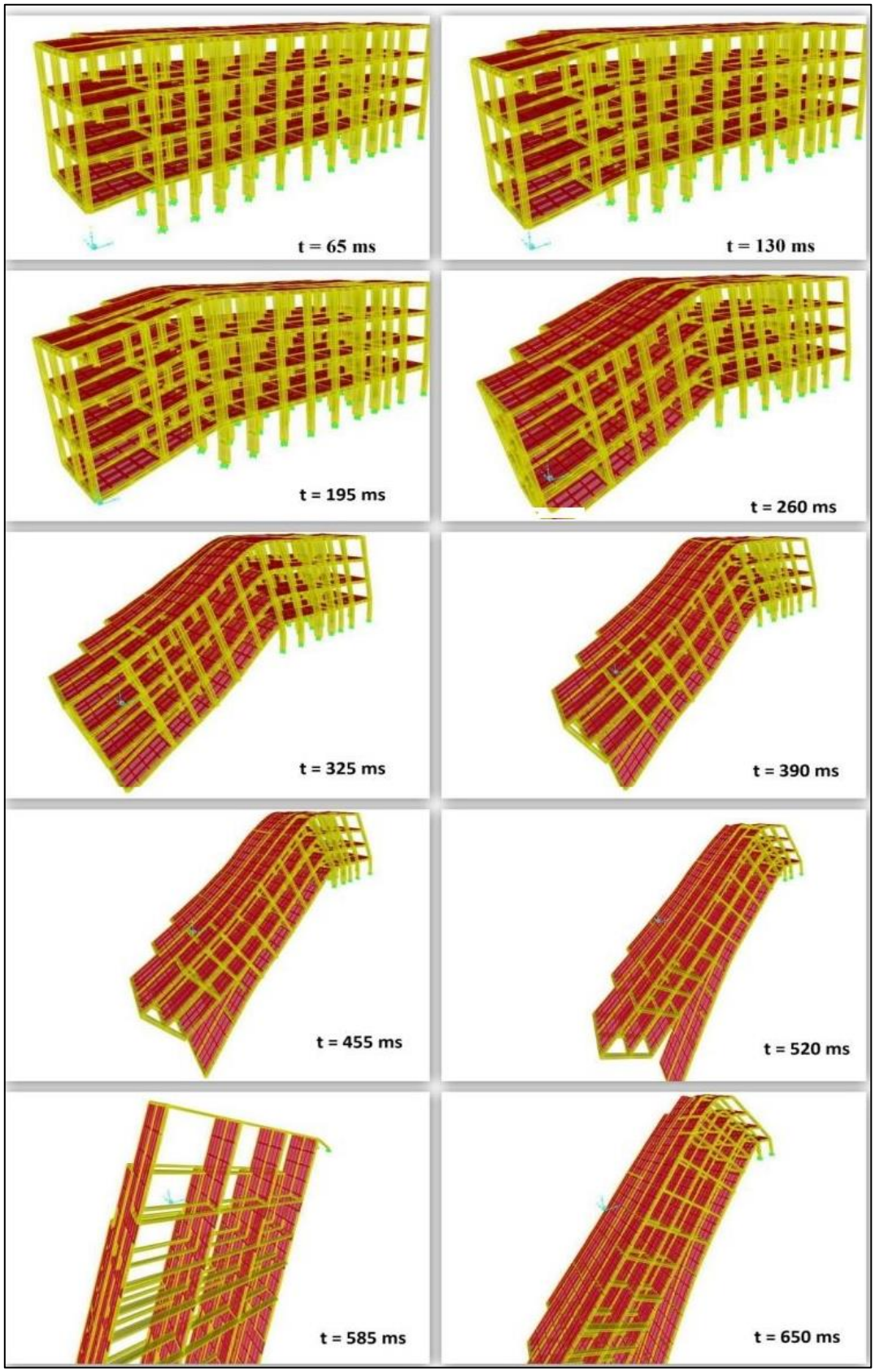
Ateşleme başladığı andan itibaren patlatılan kolonların etrafında bulunan kolonlara etki eden basınç kuvvet ve/veya momentlerde artış gözlenmektedir. Bu artışla beraber bazı kolon ve/veya kirişlerin ateşleme süresince patlayıcı kullanılmadan, tesir altında kaldığı yüklerin etkisiyle deforme olacağı öngörülmüştür.

Ateşlenen kolonların yok olduğu varsayılarak yapılan simülasyon modellerinde ateşlenen kolonların üst kattaki eşdeğerlerinin taşıma özelliği kaybolmuş olup kendi ve taşıdığı yükü, yakın kolonlara aktararak yaptığı deformasyonla oluşturduğu moment diğer uç kolonlara çekme kuvveti şeklinde yansıyarak basınç kuvvetini azaltıcı etkide bulunmuştur (Tablo 6).

Tablo 6'da görüldüğü üzere, t = 0,3 sn'de üçüncü katta belirlenmiş olan 15, 16, 26, 28, 36, 40, 49 ve 52 numaralı kolonlar taşıma kapasitelerinin üzerinde moment yüküne, 2 numaralı kolon ise taşıma kapasitesinin üzerinde moment ve basınç yüküne maruz kalmaktadır. t = 0,6 sn'de ise belirlenmiş olan tüm kolonlar patlatılmış olacak veya taşıma kapasitelerinin üzerinde yüklere maruz kalacaktır. Otojen kırılma gerçekleşeceği de göz önünde bulundurularak bloklara ayrılmış bir moloz yığınının oluşacağı öngörülmüştür. Bu analiz sonunda binanın 260 ms.'de alçalmaya başlayacağı 585 ms.'de ise çökmenin tamamlanacağı öngörülmüştür (Şekil 12).



Şekil 11:
Kolonların Ateşleme Sırası (Özyurt, 2013)



Şekil 12:
Binanın Ateşleme Süresince Tahmini Davranışının Simülasyonu (Özyurt, 2013)

Tablo 6. Ateşleme Süresince Kolonlara Etkiyen Basınç ve Moment Yükleri

Kat	Kolon No	t = 0,3 saniye		t =0,6 saniye		t = 0,9 saniye		t = 1,2 saniye	
		P (kN)	Mx (kN)	P (kN)	Mx (kN)	P (kN)	Mx (kN)	P (kN)	Mx (kN)
0	2	6945*	57	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
0	5	2983*	42	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
0	15	159	152*	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
0	16	430	121	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
0	26	573	75	20181*	1134*	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
0	28	172	60	15812*	1597*	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
0	40	13	215	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
0	49	13	512	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
0	52	25	508*	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
1	2	4925*	65	1865*	3222*	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
1	5	2194*	39	140	2118*	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
1	15	136	577*	84	1289*	38319*	42566*	Patlatıldı	Patlatıldı
1	16	320	543*	118	1448*	16879*	19173*	Patlatıldı	Patlatıldı
1	26	396	302	14183*	3799*	6114*	6960*	Patlatıldı	Patlatıldı
1	28	166	234	12412*	5402*	2922*	3224*	Patlatıldı	Patlatıldı
1	36	3	126	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
1	40	4	144	9	232*	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
1	49	10	353*	9	576*	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
1	52	2	294*	18	642*	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
2	2	3076	156*	1019	486*	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
2	5	1379	23	14	821*	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
2	15	88	346*	15	206*	180224*	1090080*	Patlatıldı	Patlatıldı
2	16	199	401*	124	534*	16384*	996800*	Patlatıldı	Patlatıldı
2	26	227	269*	8049*	3152*	4587520*	1303072*	Patlatıldı	Patlatıldı
2	28	96	179*	7958*	3896*	1220608*	6280824*	Patlatıldı	Patlatıldı
2	36	22	83	11	132*	0	80336*	40	137*
2	40	10	155*	3	147*	267264*	222256*	704	323*
2	49	9	409*	17	411*	5120*	264256*	32	316*
2	52	27	368*	15	406*	14336*	576064*	232	580*
3	2	1444*	142*	455	1242*	577536*	371008*	1328	241*
3	5	609	18	4	1088*	40960*	240000*	0	188*
3	15	27	423*	43	612*	45056*	521856*	152	663*
3	16	82	456*	125	858*	65536*	266240*	32	242*
3	26	87	283*	3058*	3361*	2187264*	156400*	248	370*
3	28	20	194*	3500*	4535*	376832*	271840*	8	120
3	36	27	423*	43	612*	45056*	521856*	152	663*
3	40	82	456*	125	858*	65536*	266240*	32	242*
3	49	87	283	3058*	3361	2187264*	156400*	248	370*
3	52	20	194*	3500*	4535*	376832*	271840*	8	120*

* Kolonların Taşıma Kapasiteleri Aşan Yük Değerleri

3.4 Güvenlik Önlemleri

Parça savrulmasını kontrol atlında tutmak ve güvenliği arttırmak amacıyla her bir kolon tel örgü ile sarılmıştır (Şekil 13). Ayrıca kolonlara sarılmış tel örgünün patlatma esnasında hasar alacağı öngörüldüğünden, parça savrulmasını mininize etmek için binanın açık kısımları branda ile çevrelenmiştir (Şekil 14).



Şekil 13:
Kolonlarda Uygulanan Güvenlik Önlemleri



Şekil 14:
Binanın Yıkıma Hazır Hali (Özyurt, 2013)

4. PERFORMANS ANALİZİ

Yıkım tamamlandığında bina, güney cephesine doğru eğilme göstermiştir. Bu durum, güney cephesinde bulunan kolon sayısının azlığı ve güney cephesinin kuzey cephesinden daha kısa olması ve güney cephesinin daha zayıf olmasının bir sonucudur. Gecikme aralıklarının düşük olması, binanın tesir altında kaldığı yüklerin etkisiyle deforme olmasına izin vermemiştir. Bunun sonucunda döşemeler üst üste binmiştir. Şekil 15, 16 ve 17'de bu net bir şekilde görülmektedir. En üst kata patlayıcı konulmamasından ve gecikme aralıklarının çok düşük olması nedeniyle en üst katta bulunan yapı elemanlarında gözle görülür hasar oluşmamıştır.



Şekil 15:
Binanın Enkazı (Özyurt, 2013)



Şekil 16:
Binanın Enkazı (Özyurt, 2013)



Şekil 17:
Binanın Enkazı (Özyurt, 2013)

Bir video analiz programı kullanılarak yıkımın 3.73 sn'de tamamlandığı, bina yüksekliğinin 6,26 m alçaldığı (Şekil 18) ve binanın güney cephesine doğru 7^{o} açıyla eğildiği (Şekil 19) tespit edilmiştir.



Şekil 18:
Patlatma Sonrası Binanın Alçalma Miktarı (Özyurt, 2013)



Şekil 19:
Patlatma Sonrası Binanın Eğilme Açısı (Özyurt, 2013)

Ateşlenme süresi yaklaşık 1,2 sn olmasına karşın yıkım 3,73 sn tamamlanmıştır. Bu zaman farkı, binanın kendini taşıma süresi veya bir diğer deyişle tepki süresi olarak ifade edilir. Bu sonuçtan yola çıkarak, kontrollü patlatma ile yapı yıkımı projelerinde yapının tepki süresinin hesaplanmasının, çalışma sonuçları üzerinde belirleyici unsur olabileceği anlaşılmıştır. Bina yüksekliğinin yarı yarıya azalması sonucunda bina, makineli yıkım için güvenli bir çalışma ortamı hazırlamıştır.

4.1 Yıkım Kaynaklı Parça Savrulması

Yıkım tamamlandığında, komşu yapılar ile yerleşik nüfusta maddi ve psikolojik bir hasar meydana gelmemiştir. Kullanılan patlayıcı madde miktarındaki artış sonucu maksimum parça savrulma mesafesi, atımlarda elde edilen mesafenin üzerine çıkarak, 45 metreyi bulmuştur. Bu mesafeyi düşürmek adına güvenlik önlemleri arttırılmalıdır.

4.2 Yıkım Kaynaklı Titreşim Kaydı

5 adet titreşim ölçer cihaz yıkımın gerçekleşeceği binanın çevresinde bulunan binaların zemin ve en üst katlarına yerleştirilmiştir. BE10707 ve BE10772 numaralı cihazlar bulundukları binaların en üst katına, diğer cihazlar ise zemin katlara yerleştirilmiştir. Şekil 19'da cihaz istasyonları ve yıkılan binanın konumu, Tablo 7'de ise cihazların kaydettiği değerler sunulmuştur.



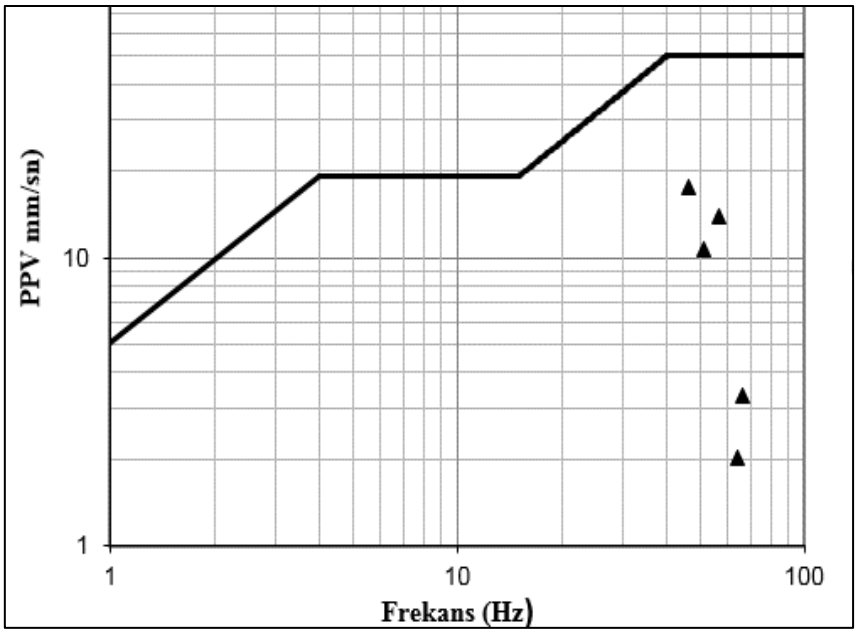
Şekil 20:
Yıkılan Binanın Konumu ve Titreşim Ölçer Cihazı İstasyon Noktaları (Özyurt, 2013)

Tablo 7. Titreşim Ölçer Cihazların Ölçtüğü Titreşim ve Hava Şoku Değerleri (Özyurt, 2013)

Titreşim Ölçer Modeli	Maksimum Parça Hızı (mm/sn)	Frekans (Hz)	Hava Şoku (dB)	Yatay Mesafe (m)
BE10688	17,5	46,5	147,6	37
BE10707	10,7	51,2	147,6	37
BE10708	14	56,9	146,3	52
BE10706	3,3	66,5	141,70	70,66
BE10772	2,03	64	108,00	71,11

Tablo 7'de sunulan parçacık hız bileşenleri oluşum frekansları da dikkate alınarak T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın Çevresel Gürültünün Kontrolü ve Yönetimi Yönetmeliğine göre

yorumu Şekil 20'de sunulmuştur. Meydana gelen titreşimin, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın belirlediği hasar limitlerinin altında kaldığı görülmüştür (Şekil 21).



Şekil 21:
Yıkımda kaydedilen maksimum parçacık hızı ve frekansların T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Normuna göre yorumu (Özyurt, 2013)

4.3 Maliyet Analizi

Binanın patlayıcı ile yıkıma hazır hale getirmek 4 işçi çalıştırılarak 5 günde tamamlanmıştır. Patlayıcı kullanılarak yıkım sonucunda açığa çıkan molozdaki demir ile betonların birbirinden ayrılması ekstra maliyettir. Molozdaki demir ile betonun ayrılması 2 gün sürmekte olup 5233 TL'ye mal olmaktadır. Yapı elemanlarında meydana gelen hasarın daha fazla olması durumunda bu sürenin kısalacağı söylenebilir. Patlayıcı ile binanın yıkım maliyeti Tablo 8'de gösterilmiş olup; toplam maliyet 12243 TL, m2 başına düşen maliyet ise 27,8 TL'dir.

Tablo 8. Binanın Patlayıcı ile Yıkım Maliyeti (Özyurt, 2013)

Masraf	Günlük Maliyet	Toplam Maliyet
Martopikör Kirası + Mazot	50 TL	250 TL
İşçilik	396 TL	1980 TL
Patlayıcı Madde + Kapsül	-	3590 TL
Tel Örgü	-	300 TL
Branda	-	900 TL
Demir İle Betonu Ayırmak	1.383 TL	5223 TL
Toplam	-	12243 TL
m^2 Başına Düşen Maliyet	-	27,8 TL

Aynı özellikte bulunan binaların 23 ton kapasiteli KATO Ekskavatör ile yıkımı 3 günde 8'er saat çalışarak tamamlanmaktadır. Araç kirası, mazot, işçilik, makine nöbeti ve nakliyesi, tamir masrafları göz önünde bulundurulduğunda bir binanın makine ile yıkım maliyeti toplam 8450 TL, m^2 başına ise 19,2 TL'ye karşılık gelmektedir.

Maliyet ve zaman göz önünde bulundurulduğunda, söz konusu binaları makine ile yıkmanın daha avantajlı olduğu görülmektedir. Oturum alanının genişliği ve katsayısını azlığı bu hususta başlıca iki etkendir.

5. SONUÇ

Yıkım sonucu enkaz gözlemlendiğinde, yıkımın amacına tam anlamıyla hizmet edemediği görülmüştür. Bu durumun nedenleri ve çözüm önerileri aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

Patlatılan kolonlar dışında hiçbir kolonun yeterli seviyede hasar görmediği ve döşemelerin üst üste bindiği gözlemlenmiştir. Ancak, Tablo 6'da ilgili kolonların taşıma kapasitelerinin üzerinde basınç ve moment yüküne maruz kaldığı, bunun sonucunda yapı elemanlarının deforme olacağı öngörülmüştür.

Yapı elemanlarının yıkım sonunda deforme olmamasının olası sebepleri;

- Kullanılan patlayıcı madde miktarının yapı elemanlarında istenen yenilmeyi oluşturacak düzeylerde olmaması,
- Yıkım tasarımını oluşturan ateşleme sırası ve gecikme aralığının uygun olmaması,
- Binanın yeterli hızda yere çarpmaması ve kat sayısının az olması sonucu yapı elemanlarına etki eden yükün deformasyon oluşturacak seviyelerde olmaması, dolayısıyla otojen kırılma oluşturmaya yetecek tepki kuvvetinin oluşmamasıdır.

Bu parametrelerin çalışma performansına etkileri aşağıdaki şekilde ayrı ayrı irdelenmiş nedenleri ve çözüm önerileri ortaya konmuştur.

Patlayıcı madde miktarının, kontrol edilemeyen sebeplerden dolayı hesaplanan düzeyde kullanılamamasına rağmen, mevcut tasarımda kolonların yenilmesine yetecek düzeylerde olduğu gözlemlenmiştir.

Mevcut tasarımda, ateşleme süresince kolonlara etkiyen yüklerin kolonu deforme edecek boyutta olduğu, oluşturulan simülasyon modelinde tespit edilmiş, ateşleme sırasının amacına hizmet ettiği; ancak, tepki ve yenilme süresinin karşılayabilecek düzeyde olmadığı görülmüştür. Literatürde ifade edilen "Beton en büyük gerilmeye ulaşıldığında değil, belirli bir deformasyona ulaşınca kırılır (Türk, 2011)." ve "Beton örneğe uygulanan yükün hızı azaldıkça örnek daha küçük bir yükte, yükleme hızı artıkça daha büyük bir yük altında kırılmaktadır (Felekoğlu ve Türkel, 2004)."; bu sonucu doğrulamaktadır.

Uygun yöntemlerle tepki ve yenilme süresinin belirlenmesinin, başarılı bir patlatmalı yıkım tasarımında göz önünde bulundurulması gereken çok önemli iki parametre olduğu, bu parametrelerin doğru hesaplanması durumunda istenilen sonuçlara ulaşılabilir.

Edirne Kapıkule Gümrük Lojmanları Binası'nın patlayıcı ile yıkım maliyeti, makine ile yıkım maliyetinden daha fazladır. Bunun sebebi ise, patlayıcı konulmayan yapı elemanlarının deformasyon derecesinin yeterli olmaması ve kat sayısının azlığıdır. Kat sayısı arttıkça patlatmalı yıkım maliyetinin makina ile yıkım maliyetinden daha düşük olacağı anlaşılmıştır.

Bu çalışma Türkiye'de uygulama bakımından pek çok ilki barındırmakla birlikte akademik olarak analiz yapılan ilk yıkım tasarımı olma özelliği taşımaktadır. Gelişmiş ülkelerde, patlatma ile bina yıkımında ciddi ilerlemeler kaydedilmişken, ülkemiz bu konuda oldukça geri kalmıştır. Depremsel kuşakta bulunan Türkiye'de pek çok bina yapısal ve bölgesel özellikleri nedeni ile güvenlik açısından risk altında bulunmaktadır. Bu binaların azımsanmayacak bir kısmında patlatma ile yıkım tekniğinin uygulanması kaçınılmazdır. Ancak, bu gerekliliğin karşılığında uygulama sayısı oldukça azdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, yapı statiği ve betonarme konusunda paylaştığı bilgi ve tecrübelerinden dolayı Balıkesir Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden Araş.Gör. Halil UYSAL'a, bilgi ve

uygulama imkanı sağladığı için Edirne İl Özel İdaresi ve Edirne İl Özel İdaresi'nden Maden Mühendisi Yasin YILMAZ'a teşekkürü borç biliriz.

KAYNAKLAR

1. Aka, İ., Keskinel, F., Çılı, F., Çelik, O.C., 2001, Betonarme, Birsen Yayınevi, 637 sayfa.

2. Bayülke, N., Aşık, M.S., Hürata, A., 1989, Yapıların Deprem Dayanımına Düşük Dayanımlı Betonun Etkisi ve Sürgü Temel Eğitim Okulu Örneği, TMMOB İMO 1.Ulusal Beton Kongresi, İstanbul.

3. Deprem Yönetmeliği, 1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik.

4. Doğangün, A., 2013, Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Cd İlaveli, 10.Baskı, Birsen Yayınevi, 732 sayfa.

5. Dowding, H.C., 1996, Construction Vibration, pp. 265-283, Prentice Hail, Upper Saddle River, NJ, U.K.

6. Ekiz, İ., 2010, Yapı Statiği I - İzometrik Sistemler, 578 s.

7. Extreme Explosions, 2010, Discovery Channel Belgesel Seti.

8. Felekoğlu, B., Türkel, S., 2004, Yükleme Hızının Beton Basınç Dayanımına ve Elastisite Modülüne Etkisi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt: 6 Sayı: 1 sh.65-75, Ocak 2004.

9. Gustaffson, R., 1981, Blasting Technique, Dynamit Noben Wien, Vienna, 327 s.

10. Jimeno, C.L., Jimeno, E.L., Curceda R.J.A, 1995, "Drilling and Blasting of Rocks", A.A. Balkemo, Rotherdam, pp. 312-322.

11. Koca, O., 2006, "Patlayıcı Maddelerle Kontrollü Yapı Yıkımı", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.

12. Oloffson, S.O., 1980, Applied Explosives Technology for Construction and Mining, ISBN 91-7970-634-7, pp. 268-277.

13. Özer, Ü.; Karadoğan, A., 2012, "Patlatmalı Yapı Yıkım Tekniği, Binada Patlayıcı Kullanılarak Yıkım Tekniği", İleri Yıkım Teknikleri Eğitimi, TMMOB.

14. Özyurt, M.C., 2013, "Patlayıcı Madde Kullanılarak Yapıların Kontrollü Yıkılması ve Verimliliğinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

15. Özyurt M.C., Özer Ü., Karadoğan A., "Edirne Kapıkule Gümrük Lojman Binalarının Kontrollü Patlatma Ile Yıkımı", VII. Delme-Patlatma Sempozyumu, ESKİŞEHİR, TÜRKİYE, 07-08 Kasım 2013, ISBN: 978-605-01-0534-6, ss.21-33.

16. Stevenston, A., 1972, Blasting Practice, Nobel's Explosives Company Limited, Scotland, 284 p.

17. Şimşir, F., Köse, H., 1996, Yapı Yıkımında Patlatma Uygulamaları, T.M.M.O.B. Madencilik Dergisi, CİLT-VOLUME XXXV, Sayı No: 3, Ankara , 3, 39-56.

18. Thomas, K., 1985, Formeln zur landemengenberechnung für das sprengen von bauwerken und bauvverkteilen, Nobel Hefte, April-Juni: 83-90.

19. TS500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

20. TS708, 2010, Çelik – Betonarme İçin – Donatı Çeliği, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

21. TS13633, 2014, Yapıların Tam ve Kısmi Yıkımı İçin Uygulama Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

22. Türk, K., 2011, Betonarme I Ders Notları, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.

23. Uğurlu, A., 2013, Depremde Beton ve Davranışı, İMO Mühendislik Haberleri, Sayı: 476 58/2013-2.

24. Zorbozan, Aydemir, 2013, Bileşik eğilme etkisindeki dikdörtgen kesitli betonarme kolonların karşılıklı etkileşim diyagramları, http://www.yildiz.edu.tr/~caydemir/bet1/abak1.pdf