

TÜM EMEK İŞ SİTESİ BİNALARININ PATLAYICI KULLANILARAK YIKIMI DEMOLITION OF THE TÜM EMEK İŞ BUILDINGS BY USING EXPLOSIVES

Ümit Özer*
Abdulkadir Karadoğan**
Meriç Can Özyurt***
Ülkü Kalaycı****
Uğur Tutar*****
Bahattin Demir*****
Fazlı Toprak*****

ÖZET

Bu çalışmada, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kentsel Dönüşüm ve Altyapı Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından kentsel dönüşüm çalışmaları kapsamında, İstanbul ili Kartal ilçesinde bulunan Tüm Emek İş Sitesi'ne ait 4 adet binanın kontrollü patlatma tekniği ile yıkımı açıklanmıştır.

Çalışma kapsamında binaların planı, konumu ve durumu, betonarme malzeme özellikleri ile komşu yapılar dikkate alınarak, yıkım tasarımı belirlenmiştir. Nihai patlatma tasarımları, bir inşaat mühendisliği yazılımında oluşturulan model üzerinde test edilerek bina davranışı ve yıkılma şekli simüle edilmiştir. Ateşleme süresi boyunca kolonlara tesir eden yüklerin kolonların taşıma kapasitelerinin üzerine çıktığı görülmüştür. Bu simülasyon modelinden yola çıkarak binaların planlanan şekilde yıkılacağı ve beklenen ölçüde parçalanmanın oluşacağı öngörülmüştür. Yıkım tamamlandığında, sonucun planlama aşamasında öngörülen şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Patlayıcı, Betonarme Yapı, Yıkım, Simulasyon

ABSTRACT

In this study, the demolition study of of buildings of Tüm Emek İş Buildings in Kartal-Istanbul by controlled blasting technique, within the scope of urban renewal works by Republic of Turkey, Ministry of Environment and Urbanisation, Directorate General of Infrastructure and Urban Transformation Services, was explained.

The applicable demolition designs for Tüm Emek İş Buildings were determined, according to the buildings geometry, statics, material properties of reinforced concrete and vicinity structures. Ultimate demolition designs were tested on a model developed by using a construction engineering software, to simulate buildings response during the demolition. As a result of these simulations, it was anticipated that the buildings would be demolished as planned and the fragmentation degree would be desired level. When the demolition was completed, the outcomes of field application validated to the anticipated results in the planning phase.

Keywords: Explosive, Reinforced Concrete Structure, Demolition, Simulation

* İstanbul Üniv., Müh. Fak., Maden Müh. Böl., Avcılar/İSTANBUL, uozer@istanbul.edu.tr
** İstanbul Üniv., Müh. Fak., Maden Müh. Böl., Avcılar/İSTANBUL
*** İstanbul Üniv., Müh. Fak., Maden Müh. Böl., Avcılar/İSTANBUL
**** İstanbul Üniv., Müh. Fak., Maden Müh. Böl., Avcılar/İSTANBUL
***** Egenitro Patlayıcı Madde Tic. Ltd. Şti, İZMİR
***** T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ANKARA
***** T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ANKARA

GİRİŞ

Ülkemizde, kentsel dönüşüm kapsamında yıkılması söz konusu olan milyonlarca bina bulunmaktadır. Bu binaların klasik yöntemlerle yıkımının uzun sürede gerçekleşmesi sonucu çevreye verilen rahatsızlık, yüksek maliyet ve emniyetsiz çalışma şartlarını beraberinde getirmektedir. Bu yüzden 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.

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).

Binaların 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).

Binaların, 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'de bu iki yöntemin model üzerinde uygulanması ile bina davranış modeli sırasıyla sunulmuştur (Özyurt, 2013).

Stevenston (1972), Olofsson (1980), Gustafsson (1981), Jimeno vd. (1995), Dowding (1996), gibi araştırmacılar patlayıcı kullanılarak yapı yıkımına değinmişlerdir. Gustafsson yapı elemanlarının patlayıcı kullanılarak yıkılmasına dair patlatma tasarımı önerilerinde bulunmuştur. Hauser, Werner ve Thomas ise şarj miktarının belirlenmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Yapı elemanlarının patlama sırasının belirlenmesi kontrollü patlatma tekniğinin en önemli aşaması olup düzgün belirlenemediği takdirde yıkım istenildiği gibi sonuçlanmayabilir (Şimşir ve Köse, 1996; Koca,

2006; Özer ve Karadoğan, 2012; Özyurt, 2013).

Kontrollü patlatma tekniğinin bir diğer önemli aşaması gecikme aralığının belirlenmesidir. Uygulanan gecikme aralığı, betonarme malzemenin tepki ve yenilme süresini karşılayabilecek düzeyde olmalıdır. Aksi takdirde öngörülen parçalanma sağlanmayabilir. Literatürde gecikme aralığının belirlenebilmesine dair bir yaklaşım bulunmamakta olup proje ekibinin tecrübesi ile belirlenmektedir (Özyurt vd., 2013).

Yapı yıkımında genel olarak yüksek hassasiyetli dinamitler, T.N.T. v RDX ile PETN içerikli plastik patlayıcılar kullanılmaktadır. Yüksek hassasiyetli dinamitler genellikle beton veya betonarme malzemede kullanılırken, lineer şekilli plastik patlayıcılar çelik malzemelerin yıkımında kullanılırlar. Beton veya betonarme malzemede patlayıcılar yapı elemanında delinen deliklere yerleştirilirken, çelik yapılarda patlayıcı yapı elemanının yüzeyine yerleştirilir (Koca, 2006; Extreme Explosions, 2010).

Sıkılama için kâğıt, kum, balçık, toprak ve sıva kullanılabilir. Yüzeysel patlayıcıları sıkılanmak için kum torbaları veya kontrplak ve dayanıklı kumaşlar birlikte kullanılır (Oloffson, 1980; Özer ve Karadoğan, 2012).

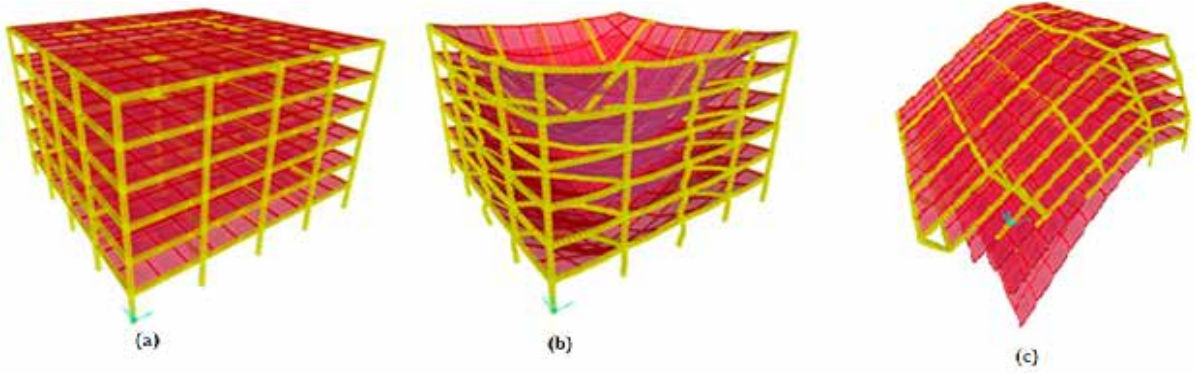
Patlatma kaynaklı çevresel etkiler; parça savrulması, yer sarsıntısı, gürültü ve toz oluşumudur.

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).

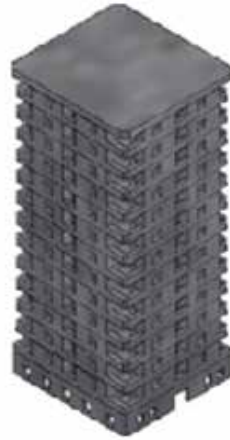
Yıkım süresince toz oluşumunun tamamen önüne geçmek oldukça güçtür. Bu hususta, yapı ıslatılabilir veya yıkım anında yapı, su püskürtme makineleri ile sulanabilir (Özyurt, 2013).



Şekil 1. (a) Betonarme Bina Modeli (b) Betonarme Binanın Kendi İçine Doğru Çökertilmesi, (c) Betonarme Binanın Yana Devrilmesi (Özyurt, 2013)



(a)

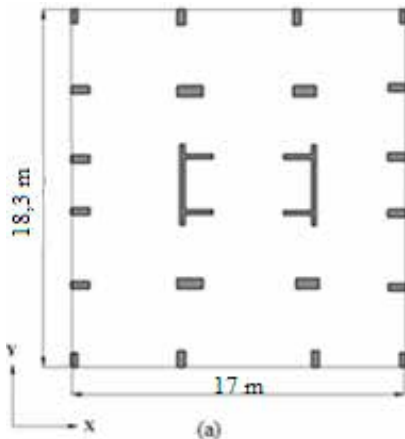


(b)

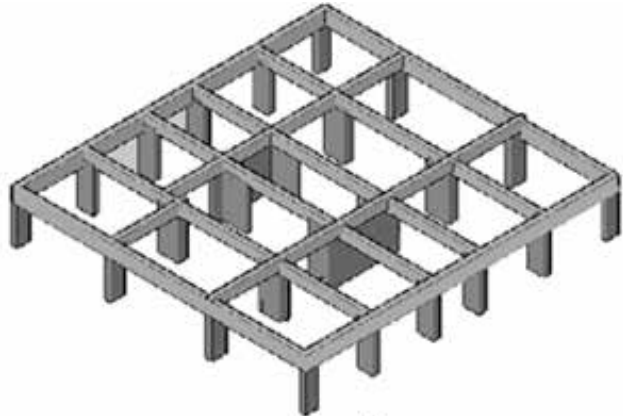


(c)

Şekil 2. (a) Tüm Emek İş Sitesi Binalarının Fotoğrafları, (b) 1, 2 ve 3 Numaralı Binaların Modeli, (c) 4 Numaralı Binanın Modeli



(a)



(b)

Şekil 3. (a) Binaların Planı, (b) Binaların Taşıyıcı Sistem Geometrisi

1. TÜM EMEK İŞ SİTESİ

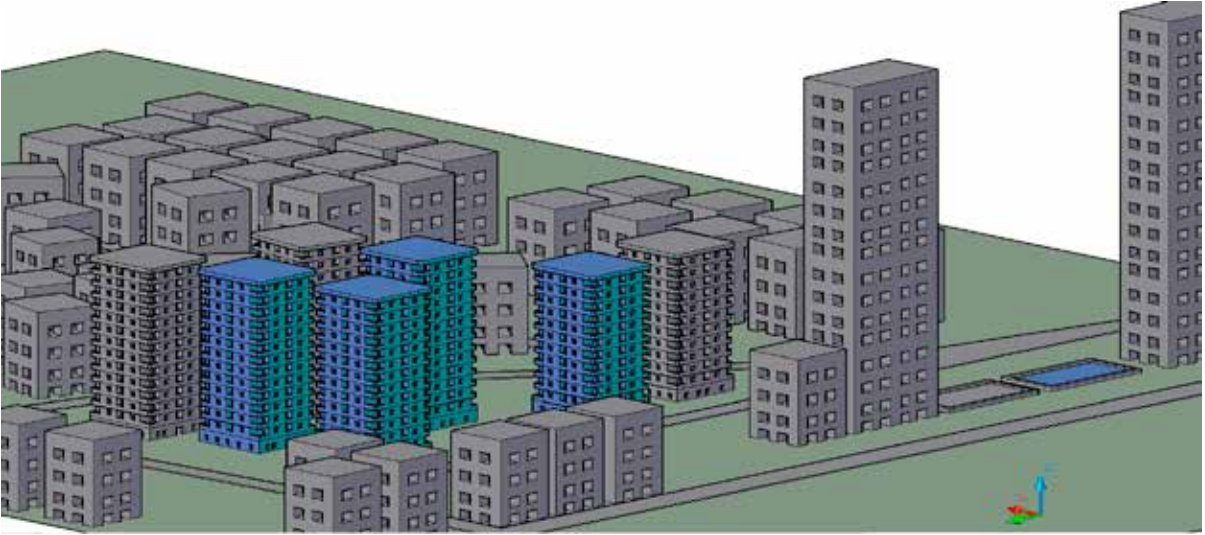
Tüm Emek İş Sitesi, İstanbul ili Kartal ilçesindedir. Sitede 7 adet bina mevcuttur. Binaların kat planı aynı olup net alanı 254 m^2 'dir. Yıkımına karar verilen 4 adet binanın üç tanesi 14 katlı, bir tanesi 12 katlıdır. Her katta 20 adet kolon, 6 adet betonarme duvar mevcuttur.

Binaların fotoğrafları ve üç boyutlu modelleri Şekil 2'de, binaların planı ile taşıyıcı sistem geometrisi ise Şekil 3'te sunulmaktadır.

Tüm Emek İş Sitesi, çevre yerleşim birimleri ve risk arz eden yapılara olan mesafeler Şekil 4 ve 5'te sunulmuştur.



Şekil 4. Tüm Emek İş Sitesi ve Çevre Yapıların Uydu Görüntüsü



Şekil 5. Tüm Emek İş Sitesi ve Çevre Yapıların Üç Boyutlu Modeli

Yıkım tasarımı yapılırken göz önünde bulundurulması gereken ilk husus; binanın statik durumunun tespit edilmesidir.

Söz konusu binalarda bulunan betonun TS500 (2000) standardının çok altında kalan C10 sınıfı betona eşdeğer olduğu, donatı çeliğinin ise TS708 (2010) standardında ifade edilen en düşük dayanımlı çelik olan ise S220a çeliği olduğu bilgisi bina projesinden edinilmiştir.

Binalarda 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

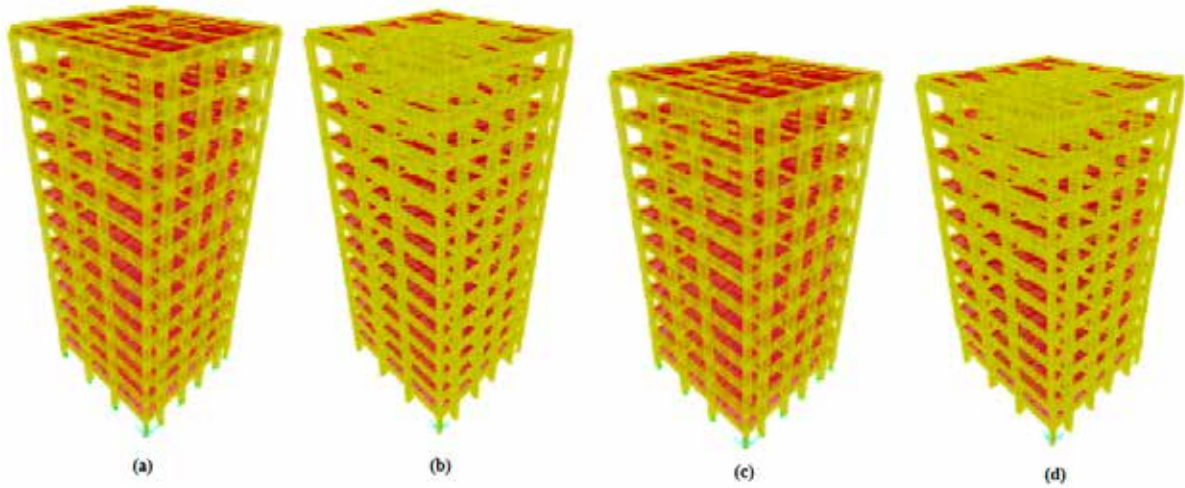
edilir. Taşıma kapasiteleri hesaplanırken "Simetrik Donatılı Kolonların Karşılıklı Etki Diyagramı" kullanılmıştır (Zorbozan ve Aydemir, 2013). Bu diyagram yardımıyla belirli bir basınç yükünün etkisi altında olan yapı elemanının taşıyabileceği maksimum moment değerinin belirlenmesi sağlanmaktadır. Taşıma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

Binalar, sonlu elemanlar yöntemini baz alarak hesaplama yapan bir simulasyon yazılımında modellenmiştir. Modeller üzerinde yapılan sta-

Çizelge 1. Binaların Zemin Katında Bulunan Kolonların Bir Kısımının Taşıma Kapasitesi ve Tesiri Altında Kaldığı Yükler

Kat	Kolon No	Max. Taşıma Kapasitesi (kN)			1, 2 ve 3 Numaralı Bina			4 Numaralı Bina		
		f_{ck}	Mx	My	Başlangıç Anında Kolonlara Tesir Eden Yükler (kN)			Başlangıç Anında Kolonlara Tesir Eden Yükler (kN)		
					P	Mx	My	P	Mx	My
Zemin	2	2304	276	124	1774	4	47	1533	4	43
	7	4000	300	600	1539	37	5	1312	32	4
	9	2520	132	340	2359	0	0	2153	0	0
	13	2520	132	340	1986	73	0	1673	67	0
	20	1680	176	76	1579	38	6	1393	35	6

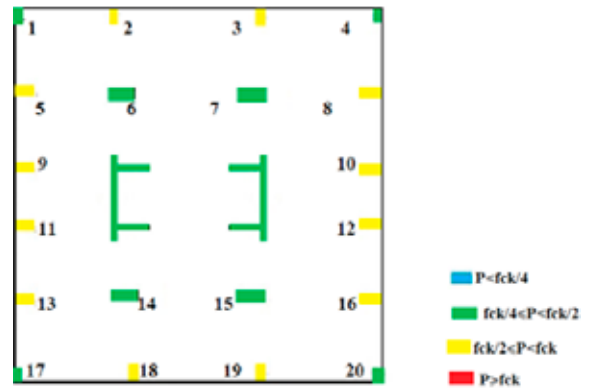
f_{ck} : Betonarme malzemenin basınç yüküne karşı gösterdiği direnç, P: Yapı elemanına tesir eden basınç yükü, Mx: Yapı elemanına x doğrultusunda tesir eden moment yükü veya moment yüküne karşı gösterdiği direnç, My: Yapı elemanına y doğrultusunda tesir eden moment yükü veya moment yüküne karşı gösterdiği direnç.



Şekil 6. (a) 1, 2 ve 3 Numaralı Binaların Modeli, (b) 1, 2 ve 3 Numaralı Binaların Ölü Yükler Altındaki Davranışını, (c) 4 Numaralı Binanın Modeli, (d) 4 Numaralı Binanın Ölü Yükler Altındaki Davranışı

tik analizde taşıyıcı sisteme tesir eden yükler belirlenmiştir. Taşıyıcı sisteme tesir eden yükler kolonların taşıma kapasitesi ile karşılaştırılmış, bunun sonucunda binaların TS500 ve Deprem Yönetmeliği (1998)'ne göre çürük sınıfına girdiği anlaşılmıştır. Çizelge 1'de binaların zemin katındaki kolonlardan bazılarının taşıma kapasiteleri ile başlangıç anında (t=0 sn) tesiri altında kaldığı yükler sunulmuştur.

Binaların modeli ve ölü yükler altındaki davranışına ait görüntüleri Şekil Şekil 6'da, zemin katta bulunan kolonların risk durumu ise Şekil 7'de sunulmuştur.



Şekil 7. Binaların zemin katında bulunan kolonların risk durumu

Bina döşemelerinin iç kısımlarında deplasmanlar görülmektedir. 2 numaralı binada, kat sayısının az olması sebebiyle binada oluşan ölü yükler daha düşüktür, bu nedenle gözlenen eğilme miktarı diğer binalara nazaran daha düşüktür.

Şekil 7'de görüldüğü üzere, binaların kenar kısımlarında kalan kolonların yenilme olasılığı merkez kolonlara göre daha fazladır. Bunun sebebi; merkez kolonların yüzey alanının çevre kolonların yüzey alanından büyük olması ve bina merkezinde oluşan ölü yükün büyük bir kısmının perdeler tarafından taşınmasıdır.

2. YIKIM TASARIMI

Binaların statik durumu ve geometrisi, betonarme malzeme özellikleri ile çevresel faktörler göz önünde bulundurulduğunda, literatürde "içine çökertme" olarak adlandırılan yıkım tekniğinin uygulanmasına karar verilmiştir. "İçine çökertme"

yöntemi uygulanırken çevresel riskleri minimize etmek amacıyla çok düşük bir açıyla yıkımın bir yöne yönlendirilmesine karar verilmiştir (Şekil 8). Binaların statik durumu göz önünde bulundurulduğunda, sadece kolon ve perdelerle patlayıcı yerleştirilmesine karar verilmiştir.

Her bir elemanın taşıyıcı özelliğini yitirmesine neden olacak patlayıcı madde miktarını hesaplamak için Thomas'ın geliştirdiği hacme bağlı şarj miktarı hesabı (Eşitlik 1) kullanılmıştır.

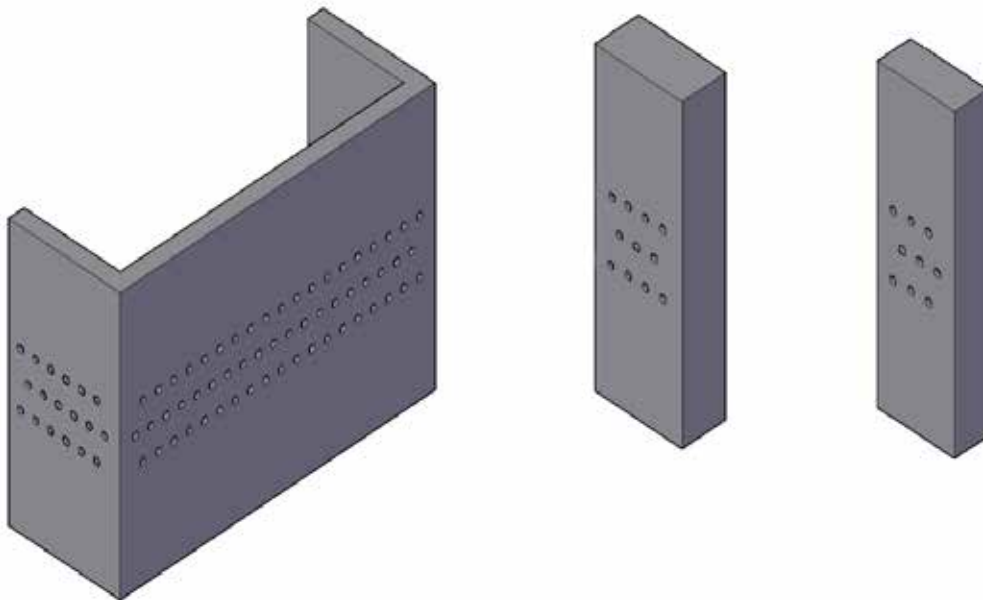
$$L = V \cdot q \quad (1)$$

Burada; L: Şarj miktarı (kg) , V: Taşıyıcı elemanın hacmi (m³), q: Tecrübe katsayısıdır. Tecrübe katsayısı (q), literatür araştırması sonucu elde edilmiştir.

Delikler, taşıyıcı elemanların uzun kenarına dik, kısa kenar uzunluğunun 2/3'si kadar delinmiştir.



Şekil 8. Yıkım Sonucu Oluşması Planlanan Yiğın Yönleri



Şekil 9. Yapı Elemanlarında Uygulanan Delik Geometrisi Örnekleri



Ateşleme Grupları	Kat	Yapı Elemanı	Kat	Yapı Elemanı
1	Bodrum ve Zemin	Perdeler		
2	1	Perdeler		
3	2	Perdeler		
4	3	Perdeler		
5	4	Perdeler		
6	5	Perdeler	Bodrum ve Zemin	Merkez Kolonlar
7	6	Perdeler	1	Merkez Kolonlar
8	7	Perdeler	2	Merkez Kolonlar
9	8	Perdeler	3	Merkez Kolonlar
10	4	Merkez Kolonlar		
11	5	Merkez Kolonlar		
12	6	Merkez Kolonlar	Zemin	Çevre Kolonlar
13	7	Merkez Kolonlar	1	Çevre Kolonlar
14	8	Merkez Kolonlar	2	Çevre Kolonlar
15	9	Merkez Kolonlar	3	Çevre Kolonlar

Şekil 10. Yapı Elemanlarının Ateşleme Sırası

Çizelge 2. Her Bir Bina İçin Tasarım Parametreleri

Tasarım Parametreleri	Birim	Bina No.				Toplam
		1.Blok	2.Blok	3.Blok	4.Blok	
Kat sayısı (bodrum+zemin+katlar)	Adet	14	14	14	12	
Patlayıcı konulacak kat sayısı	Adet	9	9	9	9	
Bir kattaki kolon sayısı	Adet	20	20	20	20	
Toplam kolon sayısı	Adet	280	280	280	240	
Patlayıcı konulmayacak kolon sayısı	Adet	214	206	206	172	
Patlayıcı konulacak toplam kolon sayısı	Adet	66	74	74	68	
Delik düzeni	-	Şeşbeş	Şeşbeş	Şeşbeş	Şeşbeş	
Bir kolondaki delik sayısı	Adet	9-11	9-11	9-11	9-11	
Kolonlardaki toplam delik sayısı	Adet	626	707	707	645	
Bir kattaki betonarme duvar sayısı	Adet	6	6	6	6	
Patlayıcı konulacak toplam betonarme duvar sayısı	Adet	54	54	54	54	
Birinci betonarme duvardaki delik sayısı	Adet	31-45	31-45	31-45	31-45	
İkinci betonarme duvardaki delik sayısı	Adet	10-15	10-15	10-15	10-15	
Üçüncü betonarme duvardaki delik sayısı	Adet	9-16	9-16	9-16	9-16	
Dördüncü betonarme duvardaki delik sayısı	Adet	30-43	30-43	30-43	30-43	
Beşinci betonarme duvardaki delik sayısı	Adet	9-17	9-17	9-17	9-17	
Altıncı betonarme duvardaki delik sayısı	Adet	10-15	10-15	10-15	10-15	
Duvarlardaki toplam delik sayısı	Adet	1,091	1,091	1,091	1,091	
Toplam delik sayısı	Adet	1,717	1,798	1,798	1,736	
Bir delikteki patlayıcı miktarı	Kg	0.050-0.100	0.050-0.100	0.050-0.100	0.050-0.100	
Patlayıcı madde	-	(Dinamit (Nobelex-TG				
Ateşleme Sistemi	-	(Elektriksiz Kapsüller (NONEL				
Toplam patlayıcı miktarı	Kg	109.375	112.350	115.450	110.800	447.975
Toplam kapsül miktarı	Adet	1,717	1,798	1,798	1,736	7,049
Kablo	Metre	750	750	750	750	3,000

Delikler, delik boyuna bağılı olarak 50 gr, 75 gr veya 100 gr dinamit ve sıkılama malzemesi (toprak ve alçı) ile doldurulmuştur. Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmış şarj miktarı, bir delikteki dinamit miktarına bölünerek delik adedi belirlenmiştir.

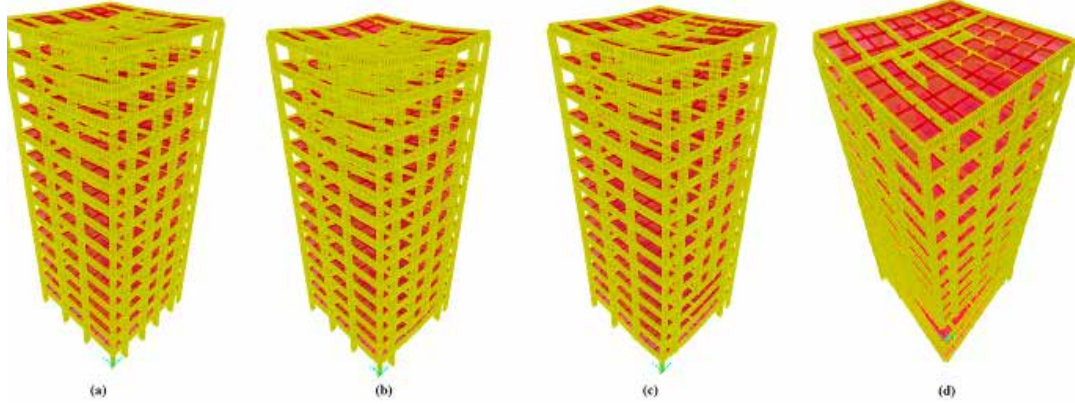
Binaların “içe çökertme” tekniği ile yıkılması için yapı elemanları ateşleme sırasına göre gruplandırılmıştır. Her bir ateşleme grubu içerisinde bulunan yapı elemanları, yıkımın çok düşük bir açıyla bir yöne yönlendirilebilmesi için sırası-

la patlatılacaktır. Bu sıra, her bir bina için yıkım eğim yönüne bağılı olarak değişmektedir.

Yapı elemanlarında uygulanan delik geometrisi Şekil 9’da, ateşleme grupları Şekil 10’da, tasarımlara ait detaylı bilgiler ise Çizelge 2’de sunulmuştur.

2.1. Yıkım Simülasyonu

Şekil 6’da sunulan bina modelleri, nihai tasarıma uygun olarak simülasyon programı ile test edil-



Şekil 11. 1 Numaralı Binanın Yıkım Simülasyonu (a) 1. Sn, (b) 2. Sn, (c) 3. Sn, (d) 4. Sn

Çizelge 3. Ateşleme Süresince 1 Numaralı Binadaki Kolonlara Etkiyen Basınç ve Moment Yükleri

Kat	Kolon No	t = 1 sn			t = 2 sn			t = 3 sn			t = 4 sn		
		P kN	M2 kN	M3 kN	P kN	M2 kN	M3 kN	P kN	M2 kN	M3 kN	P kN	M2 kN	M3 kN
1	2	1929	8	53	3661	14	136	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	7	3169	1	67	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	9	2368	132	7	2722	210	6	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	13	1769	45	15	2233	89	17	3259	45	45	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	20	997	15	20	1295	23	20	28	11	7	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
4	2	1444	13	48	2436	14	213	608	307	82	212	590	183
	7	2422	7	95	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	9	1744	122	16	2022	168	13	1046	146	369	103	6	172
	13	1372	49	32	1718	111	29	2794	189	52	2631	428	922
	20	818	22	33	1079	44	33	191	26	22	2499	155	309
7	2	989	17	46	1419	29	127	687	227	106	362	428	125
	7	1651	8	75	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	9	1174	129	21	1388	162	18	1049	171	269	111	132	279
	13	962	51	41	1198	103	36	2018	188	14	3498	425	665
	20	587	25	40	786	53	39	204	9	3	1477	132	196
10	2	549	19	45	723	46	92	421	162	94	263	312	11
	7	923	8	64	51	48	150	70	194	295	27	585	246
	9	651	122	24	791	169	20	670	158	240	50	99	386
	13	545	53	46	680	108	40	1129	222	71	2279	511	605
	20	328	27	45	447	57	43	139	11	13	757	88	233
13	2	114	22	68	148	56	119	89	159	126	20	317	24
	7	219	10	81	42	83	164	76	319	300	42	956	279
	9	150	214	28	183	294	24	171	287	248	46	206	443
	13	132	96	53	161	183	47	251	371	90	604	827	611
	20	48	33	62	72	69	60	33	19	10	59	87	278

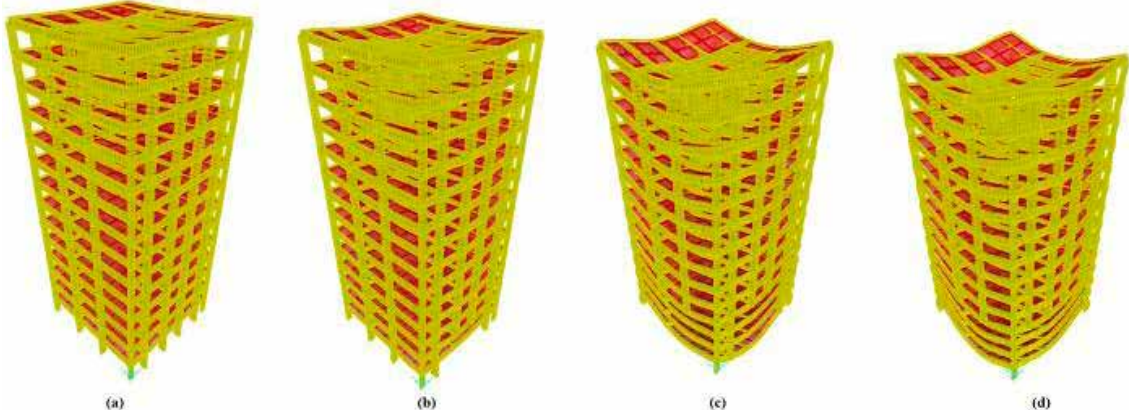
miştir. Ateşleme süresince oluşacak yüklerin kolonların taşıma kapasitelerinin üzerine çıkacağı tespit edilmiştir (Çizelge 3, 4, 5 ve 6).

Betonun en büyük gerilmeye maruz kaldığında değil, belirli bir deformasyona ulaşıldığında kırılması (Türk, 2011) ve farklı yükleme hızları altında basınç dayanımı ile elastisite modülünün değiştiği (Felekoğlu ve Türkel, 2004) göz önünde bulun-

durulduğunda, uygun gecikme aralığı ile tüm kolonların yenileceği öngörülmüştür. Nihai tasarım parametreleri kullanılarak oluşturulan yıkım simülasyonları Şekil 11, 12, 13 ve 14'te gösterilmiştir.

2. 2. Güvenlik Önlemleri

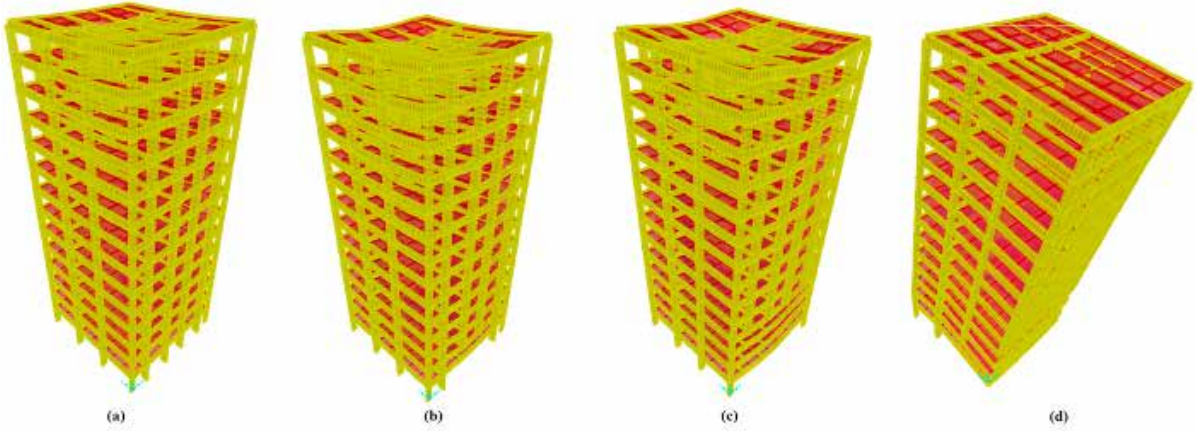
Yıkım esnasında oluşması muhtemel çevresel etkilerin önlenmesi veya en aza indirilmesi amacıyla



Şekil 12. 2 Numaralı Bina'nın Yıkım Simülasyonu (a) 1. Sn, (b) 2. Sn, (c) 3. Sn, (d) 4. Sn

Çizelge 4. Ateşleme Süresince 2 Numaralı Binadaki Kolonlara Etkiyen Basınç ve Moment Yükleri

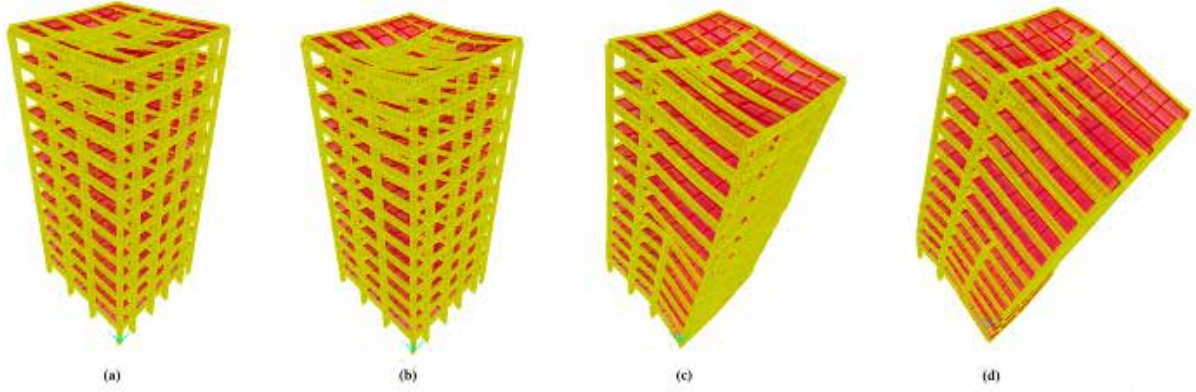
Kat	Kolon No	t = 1 sn			t = 2 sn			t = 3 sn			t = 4 sn		
		P kN	M2 kN	M3 kN	P kN	M2 kN	M3 kN	P kN	M2 kN	M3 kN	P kN	M2 kN	M3 kN
2	2	1929	8	53	3661	14	136	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	7	3169	1	67	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	9	2368	132	7	2722	210	6	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	13	1769	45	15	2233	89	17	6138	338	201	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	20	997	15	20	1295	23	20	3058	235	40	9102	368	516
4	2	1444	13	48	2436	14	213	257	222	69	98	325	131
	7	2422	7	95	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	9	1744	122	16	2022	168	13	546	207	164	167	209	174
	13	1372	49	32	1718	111	29	3838	269	198	854	267	592
	20	818	22	33	1079	44	33	2516	215	93	6364	298	717
7	2	989	17	46	1419	29	127	339	184	79	309	218	109
	7	1651	8	75	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	9	1174	129	21	1388	162	18	629	218	111	77	198	166
	13	962	51	41	1198	103	36	4210	233	154	1668	236	342
	20	587	25	40	786	53	39	1732	182	97	3206	220	349
10	2	549	19	45	723	46	92	227	153	80	234	172	101
	7	923	8	64	51	48	150	9	153	98	7	154	127
	9	651	122	24	791	169	20	438	207	84	20	179	143
	13	545	53	46	680	108	40	1294	240	127	1156	243	246
	20	328	27	45	447	57	43	937	166	93	1489	185	218
13	2	114	22	68	148	56	119	56	170	111	55	187	138
	7	219	10	81	42	83	164	16	250	112	21	252	148
	9	150	214	28	183	294	24	114	381	84	27	336	147
	13	132	96	53	161	183	47	304	405	128	314	412	235
	20	48	33	62	72	69	60	147	181	119	222	198	237



Şekil 13. 3 Numaralı Binanın Yıkım Simülasyonu (a) 1. Sn, (b) 2. Sn, (c) 3. Sn, (d) 4. Sn

Çizelge 5. Ateşleme Süresince 3 Numaralı Binadaki Kolonlara Etkiyen Basınç ve Moment Yükleri

Kat	Kolon No	t = 1 sn			t = 2 sn			t = 3 sn			t = 4 sn		
		P kN	M2 kN	M3 kN	P kN	M2 kN	M3 kN	P kN	M2 kN	M3 kN	P kN	M2 kN	M3 kN
1	2	1929	8	53	3661	14	136	4544	230	248	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	7	3169	1	67	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	9	2368	132	7	2722	210	6	1823	433	17	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	13	1769	45	15	2233	89	17	691	234	34	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	20	997	15	20	1295	23	20	0	0	0	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
4	2	1444	13	48	2436	14	213	3955	332	282	21253	295	866
	7	2422	7	95	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	9	1744	122	16	2022	168	13	1290	106	35	125	954	120
	13	1372	49	32	1718	111	29	550	89	70	769	326	80
	20	818	22	33	1079	44	33	400	251	208	820	403	153
7	2	989	17	46	1419	29	127	3050	223	268	12941	32	709
	7	1651	8	75	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı
	9	1174	129	21	1388	162	18	790	124	46	229	117	97
	13	962	51	41	1198	103	36	404	50	87	1033	310	130
	20	587	25	40	786	53	39	397	166	182	469	143	129
10	2	549	19	45	723	46	92	1857	150	232	6725	83	568
	7	923	8	64	51	48	150	122	64	414	3	324	285
	9	651	122	24	791	169	20	360	57	49	299	71	101
	13	545	53	46	680	108	40	220	51	90	676	324	170
	20	328	27	45	447	57	43	246	118	165	204	115	112
13	2	114	22	68	148	56	119	337	147	327	1245	107	696
	7	219	10	81	42	83	164	123	108	433	39	503	341
	9	150	214	28	183	294	24	88	93	55	56	189	115
	13	132	96	53	161	183	47	72	88	98	115	572	194
	20	48	33	62	72	69	60	5	111	204	21	121	136



Şekil 14. 4 Numaralı Binanın Yıkım Simülasyonu (a) 1. Sn, (b) 2. Sn, (c) 3. Sn, (d) 4. Sn

Çizelge 6. Ateşleme Süresince 4 Numaralı Binadaki Kolonlara Etkiyen Basınç ve Moment Yükleri

Kat	Kolon No	t = 1 sn			t = 2 sn			t = 3 sn			t = 4 sn			
		P kN	M2 kN	M3 kN	P kN	M2 kN	M3 kN	P kN	M2 kN	M3 kN	P kN	M2 kN	M3 kN	
1	2	1479	12	42	2758	18	163	267	3	210	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	
	7	2355	5	57	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	
	9	2122	112	5	2238	176	5	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	
	13	1641	35	12	1718	84	17	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	
4	20	887	18	17	956	21	20	1087	14	55	7229	4128	854	
	2	1289	35	139	1989	35	155	712	10	156	1745	661	294	
	7	486	54	134	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	
	9	1500	149	10	1590	179	13	12	132	151	26	217	82	
7	13	1227	106	27	1276	98	31	1129	124	318	33	336	153	
	20	749	40	33	766	36	34	1121	28	111	2869	556	90	
	2	942	42	106	1283	46	145	683	32	154	1705	461	290	
	7	401	45	103	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	Patlatıldı	
10	9	935	139	15	976	183	18	28	137	126	68	15	78	
	13	472	47	37	815	106	39	987	123	227	59	138	142	
	20	749	40	33	499	47	40	752	42	119	1160	367	91	
	2	942	42	106	484	46	140	293	48	147	710	318	300	
10	7	501	45	103	33	70	148	52	79	205	182	159	552	
	9	935	139	15	376	158	20	31	120	114	39	45	78	
	13	758	100	33	320	112	42	436	130	191	19	171	135	
		20	472	47	37	179	53	45	260	47	120	374	306	133

yapılacak çalışmaların başında patlatma öncesi ve sonrasında patlatma alanını da içine alan "Güvenli (yasak) Bölge"nin oluşturulması gerekmektedir.

Güvenli bölgenin oluşturulmasının temel amacı patlatma sırasında yıkım olayını izlemesi muhtemel seyirci kitlesinin ve civarda ikamet eden insanların ve yapıların güvenliğini sağlamak ve patlatma kaynaklı muhtemel etkilerden izole et-

mektir. Güvenli (yasak) bölgenin kapsadığı alanlar dört ana grupta toplanırlar. Bunlar; plan alanı, tasarlanan devrilme alanı, tahmin edilen enkaz alanı ve tampon bölgedir (Özer vd., 2013).

Güvenli bölge üzerinde, binaların durumu, patlayıcı çeşidi ve miktarı, çevre yapıların varlığı ve konumu direk olarak etkilidir. Bunlara ilaveten çalışmayı izlemek için bölgede bulunan halkın güvenliği de göz



Şekil 15. Yıkımda Oluşturulan Güvenli Bölge (Özer vd., 2013)

önünde bulundurulur, oluşturulan güvenli bölgenin kısımları ve sınırı Şekil 15'te gösterilmiştir.

Güvenli bölge içerisinde kalan alanın elektrik ve doğalgaz bağlantısı kesilmiş ve yapılar doğabilecek hasarlara karşı sigortalatılmıştır. Ayrıca, güvenli bölgenin dışında kalan havuzun üzeri branda ile kapatılmıştır.

Yıkımı planlanan binalar yerleşim yerinde bulunduğu için, parça savrulması önemli bir risk olarak görülmüştür. Bu nedenle, patlayıcı yerleştirilen yapı elemanlarına uygun kalınlıkta ve sağlamlıkta tel örgü sarılmıştır. Ayrıca, ilk 4 katın çevresi bina dışarısından uygun kalınlıkta ve sağlamlıkta tel örgü ve branda ile sarılmıştır.

3. DEĞERLENDİRME

Yıkım sahasında yapılan kontrollerde binaların tahmin edilen enkaz alanı içerisinde yıkıldığı görülmüştür (Şekil 16).

Yapı elemanlarının, yıkım simülasyonlarında öngörüldüğü gibi yenildiği, yıkım sonrası yerinde yapılan incelemelerle tespit edilmiştir. Parçalanma seviyesi, oluşan yığının ikincil kırma işlemine tabi tutulmadan yüklenip taşınabileceği düzeyde gerçekleşmiştir.

Yıkım sonunda, ilgili yerleşim birimlerinde herhangi bir hasar meydana gelmemiştir.

3.1. Titreşim Kaydı

Yıkım kaynaklı titreşim ve hava şokunu belirlemek amacıyla 5 adet titreşim ölçer cihazı yasak bölge içerisinde bulunan risk noktalarına yerleştirilmiştir. Şekil 17'de binaların ve cihaz istasyon noktalarının uydu görüntüsü, Çizelge 7'de ise titreşim ölçer cihazların kaydettiği maksimum parçacık hızı, frekans ve hava şoku değerleri sunulmuştur.

Cihaz kayıtlarından anlaşılacağı üzere, kayde-



Şekil 16. Yıkım Öncesinde ve Yıkım Anında Binaların Görüntüsü



Şekil 17. Binaların ve Cihaz İstasyon Noktalarının Uydu Görüntüsü

Çizelge 7. Titreşim Ölçer Cihaz Kayıtları

Cihaz no	Titreşim Kaydı			Yatay uzaklık (m)
	Maksimum parçacık hızı (mm/sn)	Frekans (Hz)	Hava şoku (dB)	
İstantel BE10687	4,44	85,3	146,9	39,05
İstantel BE10688	4,06	100	147,5	102,07
İstantel BE10771	*	*	*	99,92
İstantel BE10772	*	*	*	95,80
İstantel BE10773	*	*	*	95,27
T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Limitleri	19			

* Yeterli genlikte sismik dalga oluşmadığından kayıt alınamamıştır

dilen olaylarda ortaya çıkan maksimum parçacık hızlarına karşılık gelen frekans değerlerinin dağılımları incelendiğinde, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın önerdiği limitlerin altında kaldığı görülmüştür.

SONUÇLAR

İstanbul ili, Kartal İlçesi'nde bulunan Tüm Emek İş Sitesine ait 4 adet binanın planları incelenmiş, yapı elemanlarının boyutları, çevredeki yapıların durumu ve mesafeleri göz önünde bulundurularak patlatma tasarımları yapılmıştır. Yıkım öncesinde, sırasında ve sonrasında oluşabilecek çevresel etkilerin neler olduğu ve bu etkilerin azaltılabilmesi için yapılması gerekenler belirlenmiştir.

Belirlenen parametreler doğrultusunda gerçekleştirilen yıkım, planlandığı gibi başarılı bir şekilde ve herhangi bir çevresel hasara sebebiyet vermeden tamamlanmıştır. Kolonlara yerleştirilen patlayıcı madde, kolonların sahip olduğu taşıyıcı özelliğini yitirmesine yol açarak, binaların yıkılmasını sağlamıştır.

Uygun gecikme aralığının belirlenebilmesi; yapıların tepki ve yenilme süresinin uygun yöntemlerle belirlenmesine bağlıdır.

Mevcut tasarımda, ateşleme süresince kolonlara etkiyen yüklerin, kolonları deforme edecek boyutta olduğu, oluşturulan simülasyon modelinde tespit edilmiştir. Binalarda meydana gelen parçalanma seviyesi gözlemlendiğinde gecikme aralığı ve ateşleme sırasının uygun olarak belirlendiği anlaşılmıştır.

Ülkemizde kentsel dönüşüm kapsamında yıkılması planlanan binaların birçoğu yerleşim yeri içerisinde veya yakınında bulunmaktadır. Bu durum; ülkemizde kontrollü patlatma tekniğinin uygulanabilirliğine dair ön yargı oluşturmaktadır. Bu çalışma ile beraber ön yargıların önüne geçerek, kontrollü patlatma tekniğinin ülkemizde uygulanabilir olduğu ortaya konmuştur.

Teşekkür

Yazarlar, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü'ne, İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü'ne, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na ve Egenitro Patlayıcı Madde Tic. Ltd. Şti. çalışanlarına ve yetkililerine teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Deprem Yönetmeliği, 1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

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

Extreme Explosions, 2010, Discovery Channel Belgesel Seti.

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.

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.

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

Oloffson, S.O., 1980, Applied Explosives Technology for Construction and Mining, pp. 268-277.

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

Özer, Ü., Karadoğan, A., Kalaycı, Ü., Özyurt, M.C., "İstanbul-Kartal Emek Sitesi Kontrollü Patlatma İle Yıkımı Ön Tasarımı Ve Risk Analizi", Döner Sermaye Projesi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul, 2013.

Özyurt, M.C., 2013, "Patlayıcı Madde Kullanılarak Yapıların Kontrollü Yıkılması ve Verimliliğinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü.

Özyurt M.C., Özer Ü., Karadoğan A., «Edirne Kapıkule Gümrük Lojman Binalarının Kontrollü Patlatma İle Yıkımı», 2013, VII. Delme-Patlatma Sempozyumu, ESKİŞEHİR, TÜRKİYE, 07-08 Kasım 2013, ss.21-33

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

Şimşir, F. Ve Köse, H., 1996, Yapı Yıkımında Patlatma Uygulamaları, T.M.M.O.B. Madencilik Dergisi, İstanbul, 3, 39-56.

TS500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, İstanbul

TS708, 2010, Çelik – Betonarme İçin – Donatı Çeliği, Türk Standartları Enstitüsü, İstanbul

TS13633, 2014, Yapıların Tam ve Kısmi Yıkımı İçin Uygulama Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, İstanbul

Türk, K., 2011, Betonarme I Ders Notları, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Zorbozan ve Aydemir, 2013, Bileşik eğilme etkisindeki dikdörtgen kesitli betonarme kolonların karşılıklı etkileşim diyagramları (Ara donatısız S220)

Zorbozan Ve Aydemir, 2013, Bileşik eğilme etkisindeki dikdörtgen kesitli betonarme kolonların karşılıklı etkileşim diyagramları (Ara donatısız S220), <http://www.yildiz.edu.tr/~caydemir/bet1/abak1.pdf>

Bu Makale 19-20 Kasım 2015 tarihinde düzenlenen VIII. Delme-Patlatma Sempozyumu'nda bildiri olarak sunulmuştur.