



BETONARME BİNALARIN PATLAYICI KULLANILARAK İÇE YIKIMINDA BETON DAYANIMININ YAPI DAVRANIŞINA ETKİSİ

Hakan ÖZMEN^{1,*}, Kurtuluş SOYLUK¹, Özgür ANIL¹

¹ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara

ÖZET

Türkiye’de son yıllarda kentsel dönüşüm çalışmaları hız kazanmıştır. Yapı stokunun yenilenmesi gerekliliğinin ortaya çıkmasında; mevcut betonarme binaların kullanım ömürlerinin dolması, yapım yönetmeliklerini karşılamaması ile depreme karşı yapısal hatalar içermeleri etkili olmuştur. Bu nedenle, ülkemizde uygulamasının zamanla artacağı düşünülen patlatma ile yıkım tekniği üzerine çalışma yapılması ihtiyacı bulunmaktadır. Bu çalışmada, patlayıcı kullanılarak yıkılması planlanan binaların yapısal davranışının analizi ve yıkım sürecine beton dayanımından kaynaklanan yapısal hataların etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda tipik özelliklere sahip betonarme bir yapı modeli üzerinde patlayıcı ile içe yıkım planlaması durumunda yapısal hataların yapı davranışına etkisi incelenmiştir. Tip yapı olarak 12 katlı 5 m aks açıklığı olan 6x6 aks özellikli kare bir bina seçilmiştir. Seçilen yapı Ide Statik programı ile projelendirilmiştir. Aynı yapı ayrıca beton dayanımı C30 (proje değeri), C20 ve C10 (düşük beton dayanımı) dikkate alınarak Extreme Loading for Structures (ELS) programı ile modellenmiştir. Her üç yapı modeli üzerinde aynı patlatma planlaması yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda beton dayanımındaki değişimin patlayıcı ile yapı yıkımında yapısal davranış üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yapı analizi, Betonarme bina, Patlayıcı ile yıkım

THE EFFECT OF CONCRETE STRENGTH ON THE STRUCTURAL BEHAVIOUR OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS UNDER EXPLOSIVE-BASED INSIDE DEMOLITION

ABSTRACT

Since most of the reinforced concrete buildings in Turkey have reached to the end of their economical life-time, urban transformation studies have been accelerated in recent years. Considering the fact that these buildings do not meet the construction regulations and have structural defects in terms of earthquake resistance originated the necessity of renewal of this building stock. For this reason, there is a need to study the explosive based destruction technique which is thought to be used widely in the future in our country. The aim of this study is to analyse the structural behavior of buildings scheduled for demolition using explosives and to demonstrate the effect of low concrete strength based structural faults on the inside demolition process. In this context, the effect of structural defects on structural behavior is investigated under explosive based destruction for a typical reinforced concrete building model. A 12-storey square building in plan with 6x6 axes (5m axle opening) is selected as a numerical structural system. The selected structure has been designed with Ide Statik Structural Program. The same structure is also modeled with Extreme Loading for Structures (ELS) program for concrete strengths of C30 (the project value), C20 and C10 (low concrete strength). All the three building models have been subjected to the same blast planning. As a result, it has been observed that the variation of the concrete strength is effective on the structural behavior of buildings under explosive based demolition.

Keywords: Structural analysis, Reinforced concrete building, Explosive based demolition

1. GİRİŞ

Geçtiğimiz yüzyıl içerisinde ülkemizde yapımı tamamlanan betonarme binaların kullanım ömürlerinin dolması, yapım yönetmeliklerini karşılamaması ve depreme karşı gerek yapısal gerekse tasarım yönünden

*Sorumlu Yazar: hakanozmen_47@hotmail.com

Geliş Tarihi: 24.03.2018 Kabul:01.08.2018

zayıflıklar içermesi ülkemizde yapı stokunun yenilenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Kentsel dönüşüm çalışmaları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Genel Müdürlüğü ve Belediyeler tarafından yürütülmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 2016 yılı Ocak ayı belirlemelerine göre 124469 riskli yapı ve 192 adet riskli alan tespiti yapılmıştır [1].

Ancak, yapı yıkımında patlayıcı kullanılmasının klasik yıkım metotları ile karşılaştırıldığında avantajlarının yanında dezavantajları olduğu açıktır. Yakın mesafedeki yapılara hasar verebilme, yıkımın tam olarak gerçekleşmemesi ve yıkım esnasında serbest kalan parçaların zarar vermesi başlıca risk durumları olarak belirtilebilir. Söz konusu risklerin gerçekleşmesi maliyeti büyük ölçüde artırıp can ve mal kayıplarına neden olabileceğinden uygun miktarda ve yerleşimde patlayıcı kullanılması ile patlama aralıklarının doğru olarak belirlenmesi büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenle, yapı yıkımında patlayıcı kullanılması durumunda planlama aşamasının özenle hazırlanması, yıkıma ilişkin işlemlerin tecrübe sahibi kişiler tarafından gerçekleştirilmesi ve yıkılma mekanizmasının mümkün olduğunca gerçeğe yakın tahmin edilebilmesi zorunlu hale gelmektedir. Kontrollü patlatma ile yapı yıkımı yönteminin başarı ile uygulanabilmesinde yıkım planının doğru hazırlanması ve yapısal davranışın sayısal yöntemlerle yeterli doğrulukta belirlenmesi oldukça önemli olup bu alanda yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur.

Mattern, Blankenhorn ve Schweizerhof (2007) tarafından kontrollü patlatma yolu ile yapı yıkımında rijit yapı modellenmesine alternatif olan yıkım simülasyonları üzerinde çalışılmış ve bu şekilde yapılan büyük ölçekli yapı simülasyonlarında yıkımın, zemin ile etkileşim dikkate alınmak suretiyle yeterli doğrulukta simülasyonu gerçekleştirilmiştir [2].

Griffin (2008) tarafından yapılan tez çalışmasında, kontrollü patlatma yolu ile yapı yıkımlarının bilgisayar destekli modellenmesi yapılmıştır. Modelleme ile patlama aralıkları ve malzeme özellikleri üzerinde düzenlemeler yapılması, yapıda yıkılma mekanizmasını etkileyebilecek taşıyıcı olmayan yapı elemanlarının dikkate alınması gerektiği ortaya konulmuştur [3].

Lupoae ve Bucur (2009) tarafından kontrollü patlatma yolu ile yapı yıkımında bilgisayar modellemesi ile yapı elemanlarında meydana gelen gerilme ve yerdeğiştirmelerin yıkım sürecindeki değişimi incelenmiştir. Yapılan çalışmada ani moment kapasitesinin aşılması sonucu yıkım mekanizmasının tetiklendiği ve perde duvar altındaki yapı elemanlarının düşey yerdeğiştirmede etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır [4].

Doğan, Uzal, Pehlivanoglu ve İycil (2009) tarafından Türkiye’de Diyarbakır 8. Hava Üstü bünyesinde bulunan su kulesinin yıkımı gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucu su kulesinin istenilen yönde yıkımı sağlanmıştır [5].

Sikiwat, Breidt ve Hartmann (2009) tarafından patlayıcı kullanılarak yapı yıkımının bilgisayar destekli basit modellenmesi yapılarak yıkılma mekanizması, temel yapı elemanlarının davranışları ve yıkımın diğer yapılaşmalar üzerindeki etkisi incelenmiştir [6].

2. ANALİZDE KULLANILAN YÖNTEM

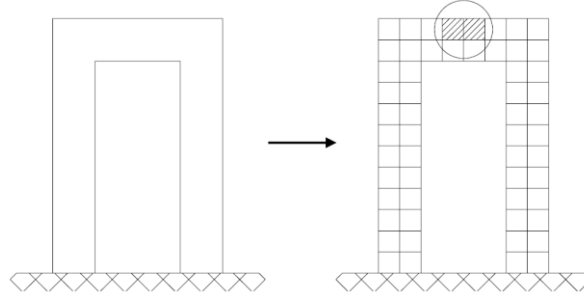
Yapısal analiz uygulamalarında yapının etkisinde kaldığı yükler altında boyutlandırılması ile betonarme yapılarda donatı yerleşiminin belirlenmesi, lineer yapı analizi ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle yeterli doğrulukta sonuç elde edilebilen yaklaşık analiz yöntemleri, Matris Deplasman Yöntemi ve daha ileri yapı analizleri için kullanılan Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) yapısal analizlerde tercih edilmektedir.

Ancak, yapıların kullanım ömürleri içerisinde çeşitli sebeplerle tasarım yüklemelerinin üzerinde fazladan yüklere maruz kalması veya patlatma ile yıkım planlaması yapılması durumunda yükleme anından yıkılmanın tamamlanmasına kadar yapı davranışının belirlenebilmesi gerekmektedir.

Yapıların lineer olmayan davranışı ile ilk yüklemeden yıkılmanın tamamlanmasına kadar olan sürecin analiz edilmesine yönelik Meguro ve Tagel-Din (1998, 1999, 2000, 2002) tarafından yapılan çalışmalarda klasik analiz yöntemleri ve Sonlu Elemanlar Yönteminin (FEM) uygulanmasındaki zorluklar sonucu daha uygun bir analiz yöntemi olarak Uygulamalı Elemanlar Metodu (Applied Element Method –AEM) geliştirilmiştir [7-11].

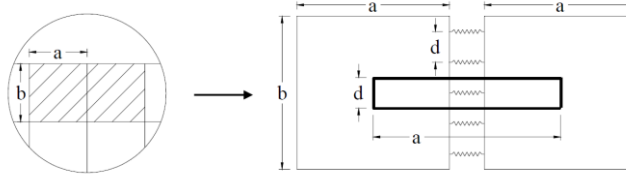
Uygulamalı Elemanlar Metodu (AEM) yapıların lineer ve lineer olmayan davranışlarının yükleme altında elastik davranış, plastik davranış, çatlak oluşumu ve parçalanma süreçlerini de içerecek şekilde analiz edilmesine olanak sağlayan sayısal bir analiz yöntemidir. Uygulamalı Elemanlar Metodu (AEM) ile modellemeyle; yapının yük altındaki elastik davranış sonrası çatlak oluşumu ve ilerlemesi, betonarme yapılarda donatı akması, yapının parçalara ayrılması, parçaların serbest hareketi ile birbirleri veya diğer yapılar ile çarpma etkileşimleri doğrudan dikkate alınmaktadır.

Şekil 1’de görüldüğü üzere Uygulamalı Elemanlar Metodunda (AEM) yapı, Sonlu Elemanlar Metodunda (FEM) olduğu gibi kendini temsil edecek şekilde sonlu elemanların birleşiminden oluşacak şekilde modellenmektedir.



Şekil 1. Yapının temsili elemanlara bölünmesi

Ancak, sonlu elemanların Sonlu Elemanlar Metodunda (FEM) olduğu şekilde yapısal özellikleri köşe birleşim noktalarına aktarılması yerine, Şekil 2’de görüldüğü gibi yüzey teması yapan iki sonlu elemanın birbirine temas yüzeyi boyunca aynı malzeme özelliklere sahip olacak şekilde normal ve kesme yay çiftleri ile bağlı olduğu varsayılmaktadır.

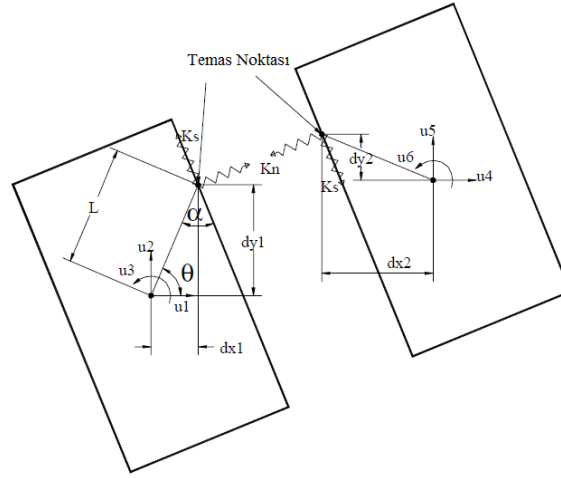


Şekil 2. Sonlu elemanların temas yüzeyi boyunca yay çifti ile bağlanması

E elastisite modülü, G kayma modülü, t eleman kalınlığı, d yay etkili yüzey uzunluğu ve a yay uzunluğunu göstermek üzere normal yay rijitlik katsayısı (K_n) ve kesme yayı rijitlik katsayısı (K_s) Denklem 1 ile elde edilmektedir.

$$K_n = \frac{E \times d \times t}{a} \quad K_s = \frac{G \times d \times t}{a} \quad (1)$$

Şekil 3'ten görülebileceği gibi iki boyutlu bir sistemde her bir yay çifti için üç serbestlik derecesi olacağı dikkate alındığında, eleman rijitlik matrisi 6x6 boyutunda olacaktır. Sonlu eleman simetrik rijitlik matrisi çeyrek kısmı, elemanın çevresi boyunca tanımlanan yay çiftlerinin rijitlik matrislerinin toplanması ile Denklem 2'den hesaplanabilir. Statik çözümler için yerdeğiştirmeler $[K][U] = [F]$ genel denklemi ile kolayca hesaplanabilmektedir.



Şekil 3. Eğik yüzeyde tek yay çifti ile birleştirmede serbestlik derecesi

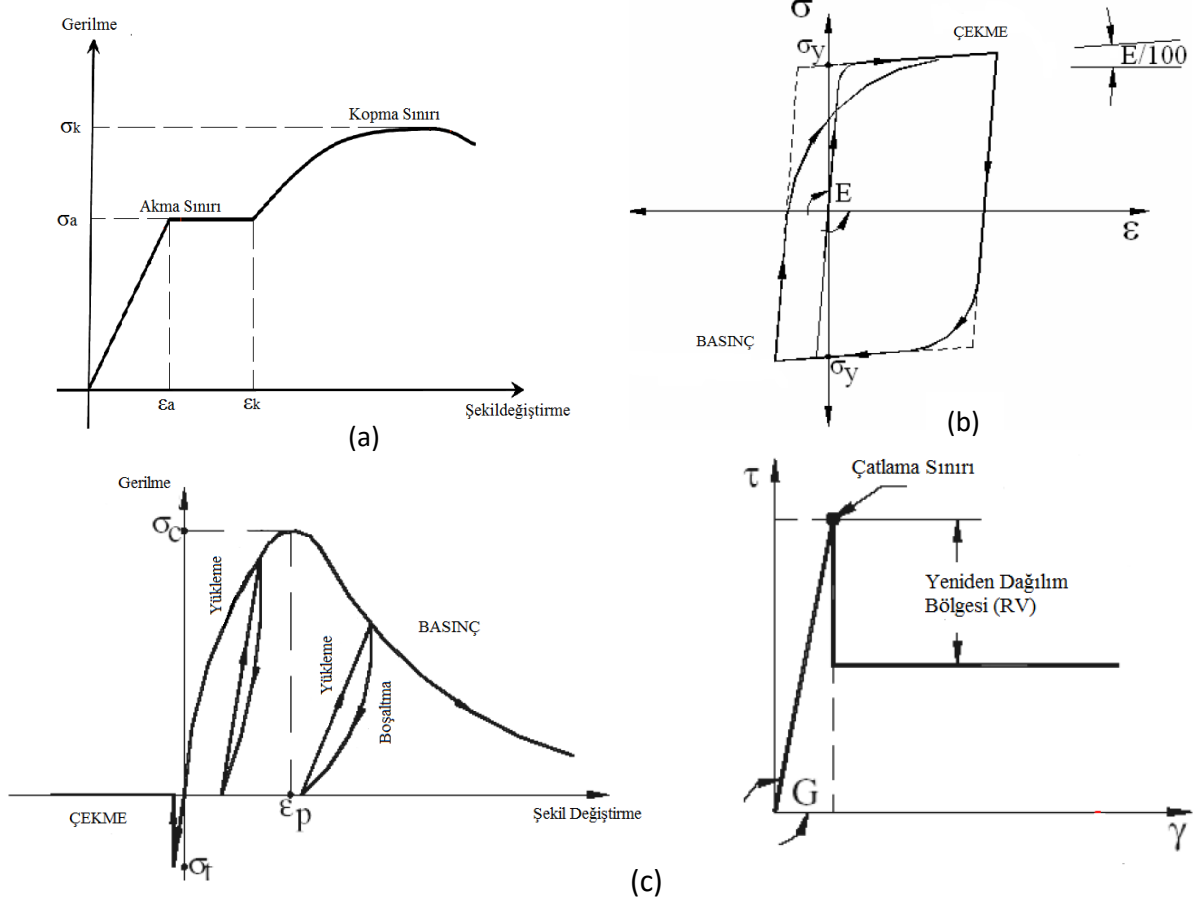
$$\begin{bmatrix} \sin^2(\theta + \alpha)K_n & -K_n \sin(\theta + \alpha) \cos(\theta + \alpha) & \cos(\theta + \alpha)K_s L \sin(\alpha) \\ + \cos^2(\theta + \alpha)K_s & + K_s \sin(\theta + \alpha) \cos(\theta + \alpha) & - \sin(\theta + \alpha)K_n L \cos(\alpha) \\ -K_n \sin(\theta + \alpha) \cos(\theta + \alpha) & \sin^2(\theta + \alpha)K_s & \cos(\theta + \alpha)K_n L \cos(\alpha) \\ + K_s \sin(\theta + \alpha) \cos(\theta + \alpha) & + \cos^2(\theta + \alpha)K_n & + \sin(\theta + \alpha)K_s L \sin(\alpha) \\ \cos(\theta + \alpha)K_s L \sin(\alpha) & \cos(\theta + \alpha)K_n L \cos(\alpha) & L^2 \cos^2(\alpha)K_n \\ - \sin(\theta + \alpha)K_n L \cos(\alpha) & + \sin(\theta + \alpha)K_s L \sin(\alpha) & + L^2 \sin^2(\alpha)K_s \end{bmatrix} \quad (2)$$

Elastik sınırlar içerisinde malzeme modellemesi, elastisite modülü ve kayma modülü dikkate alınarak malzeme özelliklerine göre yapılmaktadır. Şekil 4'te Extreme Loading for Structures (ELS) programı hesaplamalarında kullanılan örnek malzeme modelleri görülmektedir.

3. NÜMERİK ÇÖZÜMLER

Tip yapı olarak 12 katlı 5 m aks açıklığı olan 6x6 aks özellikli kare bir bina seçilmiştir. Yapı seçiminde 12 katlı (36 m) bina seçilmesinin nedeni Patlayıcı ile Yıkım Tekniği Uygulama Kitapçığı (2017) çalışmalarında yıkım için ekonomik sınır olarak bu yüksekliği göstermesinden kaynaklanmıştır [12].

Tablo 1’de verilen ve tip yapı tasarımı için kullanılacak yapı özellikleri, yük ve malzeme değerleri TS500 (2000) Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları ile TS 498 (1997) Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri standartlarından alınarak ön tasarım hesaplamalarında kullanılmıştır [13,14].



Şekil 4. (a) Normal gerilme altında betonarme çeliği (b) normal gerilme altında betonarme eleman (c) normal gerilme ve kayma gerilmesi altında beton malzemesi

Tablo 1. Yapı tasarım kriterleri, yapı malzemeleri tasarım taşıma kapasiteleri ve ağırlık miktarları

Kat Adeti	Kat Yüksekliği	Zemin Sınıfı	Deprem Bölgesi	Yapı Önem Katsayısı			
12 (Zemin+11)	3 m	Z1	2. Derece	1			
Malzeme Taşıma Kapasiteleri (MPa)			Malzeme Ağırlıkları (kN/m ³)				
Beton C30 (f_{ck})	Donatı S420 (f_{yk})	Donatı S220 (f_{yk})	Betonarme	Tuğla	Sıva (4cm)	Döşeme Kaplama	Hareketli Yük
30	420	220	24	15	20	1	2

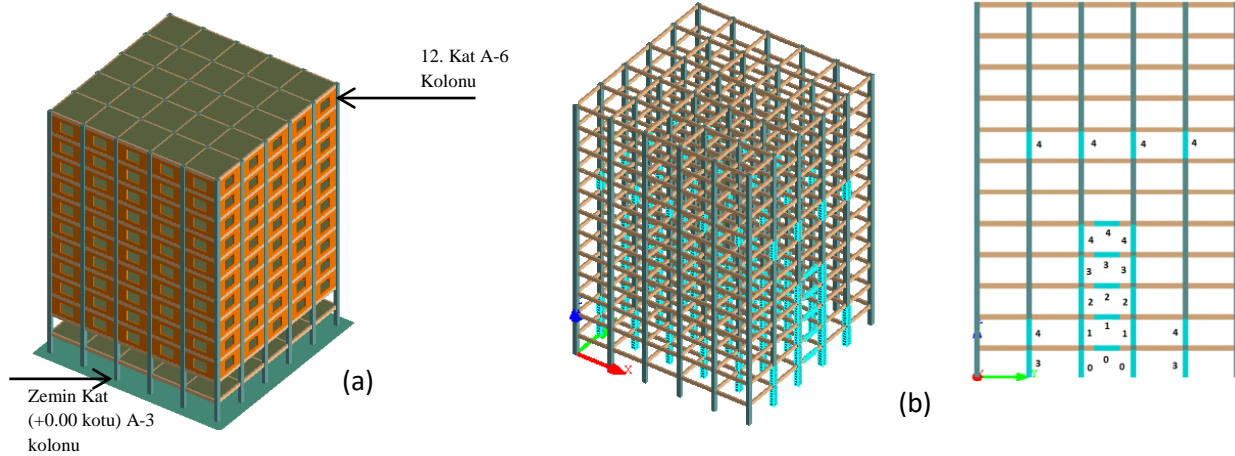
Yapı elemanlarının ön boyutlandırması sonrası Idecad Structural 4.01 kullanılarak yapısal çözümleme yapılmıştır. Böylelikle elde edilen kesit ve donatı planlarına uygun olarak, Extreme Loading for Structures Technical Manual (2006) kullanılarak Extreme Loading for Structures (ELS) programında her bir eleman

için donatı tanımlaması ayrı ayrı yapılarak çerçeve modeli elde edilmiştir. İçe yıkım planlaması yapılan yapı sisteminde 1. ve 2. kat duvarları zayıflatma amacı ile kaldırılmıştır. Şekil 5’te 12 katlı yapı için modelleme ve içe yıkım planlama örnekleri görülmektedir. Yapı sisteminin yıkım planlamasında, Jahromi ve diğerleri (2012) tarafından önerilen taşıyıcı sistemdeki ana taşıyıcı elemanlar için eleman yok etme metodunun kullanılması uygun bulunmuştur [15, 16].

Yapının kendi içine yıkılma planlaması yapılırken, temel yaklaşımda yapının en çok yük altında bulunan zemin kat iç kolonlarından başlanarak üst katlara doğru içten dışa ve yukarı patlatma ile içe yıkım gerçekleştirilmektedir [12].

Şekil 5’ten yapının patlatılması planlanan kolonları ve patlatma sıralaması sıfırdan dörde kadar numaralandırılarak gösterilmiştir. Extreme Loading for Structures (ELS) programı patlatma sırası ve zaman aralığına göre kolon elemanları sistemden çıkararak yıkım analizini gerçekleştirebilmektedir. Bu yükleme senaryo özelliği kullanılarak yapının kendi içine yıkım planlaması için modellemeyen 108 kolon ve 30 kiriş elemanı silme yöntemi ile uygun olarak belirlenen 0.25 sn patlatma zaman aralığında sistemden çıkarılmıştır.

12 katlı (36 m) yapı modellemesi üzerinde projeye uygun tasarım ile imalat sırasında beton dayanımının projeye göre düşük olması durumunu incelemek için projede öngörülen C30 betonu yerine daha düşük dayanıma sahip C20 ve C10 beton dayanımlarındaki iki ayrı model dikkate alınmıştır. Oluşturulan modeller üzerinde karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla analiz sonuçları; kolon yerdeğıştirmeleri, kolon normal kuvvet değişimi, enkaz etkileme alanı ve dairesel enkaz etkileme alanı ile enkaz yüksekliği dikkate alınarak değerlendirilmiştir.


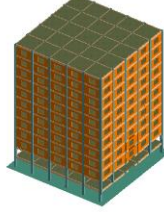




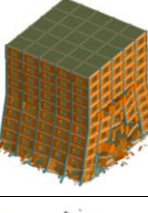


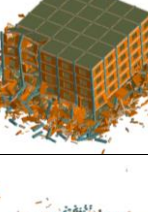
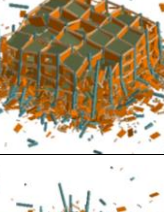
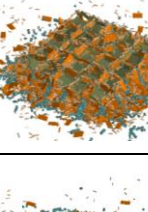
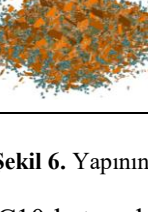




Şekil 5. (a) ELS programıyla yapı modeli, (b) yapının kendi içine yıkım planı (patlatma aralığı: 0.25 sn)

Projede öngörülen C30 beton dayanımının C20 ve C10 beton dayanımına düşürülmesiyle, her üç durum için yapının kendi içine yıkım planlaması karşılaştırmalı olarak 5 sn süresince 1 sn zaman aralığı ile Şekil 6’da adım adım gösterilmiştir. Beklenildięi gibi beton dayanımındaki azalmaya bağlı olarak bina sistemleri daha hızlı yıkılmıştır. C30 beton dayanımı için yıkım 5 sn sonunda tamamlanırken, C10 betonu için yıkım 4 sn sonunda tamamlanmıştır.

Şekil 7’de C30, C20 ve C10 beton dayanımı için 12. Kat A-6 kolonu x, y ve z yerdeğiştirmelerinin ve zemin kat A-3 kolonu +0.00 kotu normal kuvvet değişiminin karşılaştırması yapılmıştır. Yıkım işleminin tamamlandığı 6. sn sonunda C30, C20 ve C10 beton dayanımları için x doğrultusunda ölçülen

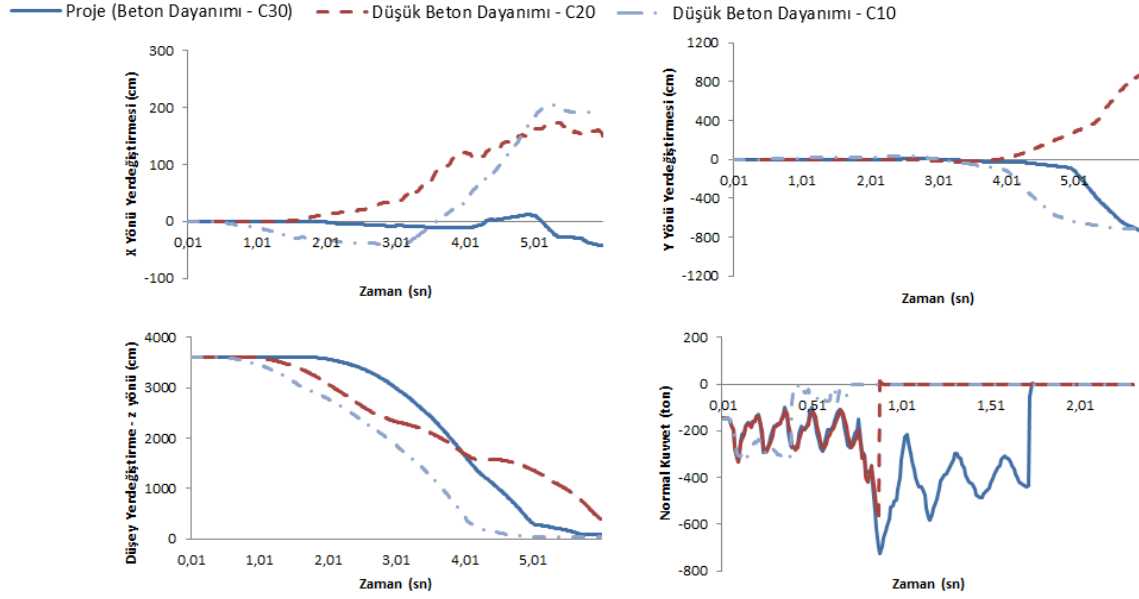
yerdeğiştirme değerleri -43 cm, 152 cm, 191 cm ve y doğrultusunda ölçülen yerdeğiştirme değerleri -734 cm, 876 cm ve -711 cm olarak bulunmuştur. Buradan beton dayanımındaki farklılığın yıkım mekanizması üzerinde değişiklik meydana getirdiği sonucuna ulaşılmıştır. C30, C20 ve C10 beton dayanımları için z doğrultusundaki yerdeğiştirme değerleri incelendiğinde, C10 beton dayanımı için yıkım işleminin daha kısa sürede sonuçlandığı anlaşılmaktadır. Yıkım süresince zemin kat A-3 kolonuna gelen eksenel kuvvet değişiminin karşılaştırıldığı grafikten, C10 beton dayanımı için kolonun eksenel yük taşıma kapasitesinin C20 ve C30 beton dayanımına göre daha kısa sürede kaybolduğu görülmüştür.

Zaman	Beton	C30	C20	C10
1 sn				
2 sn				
3 sn				
4 sn				
5 sn				

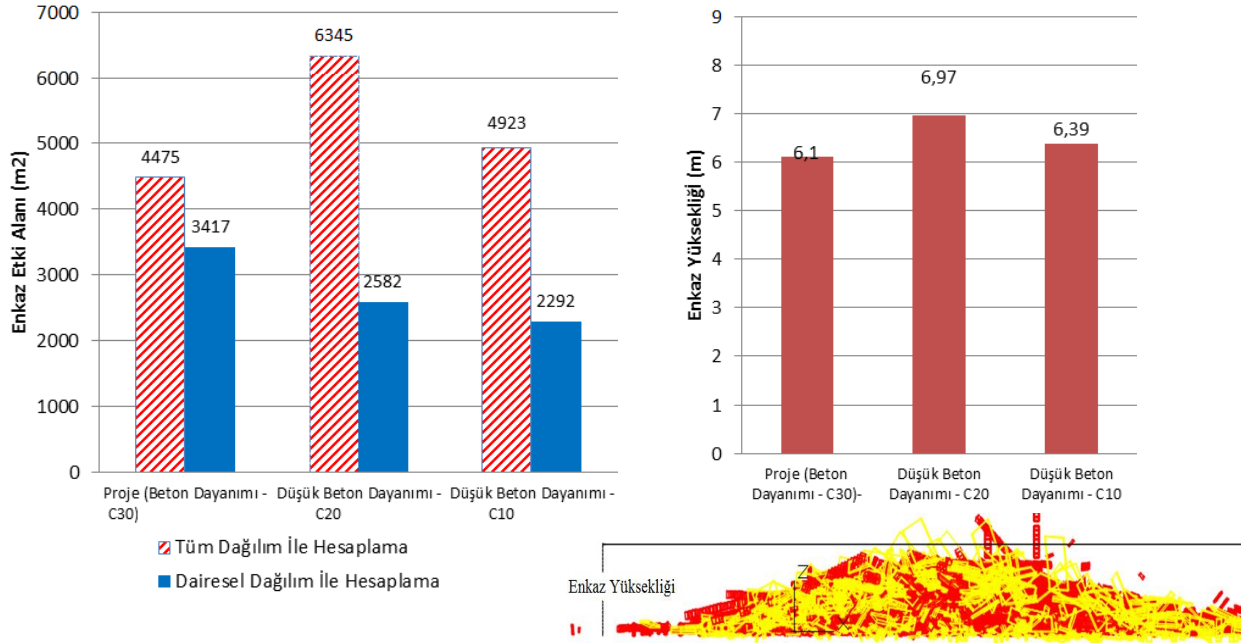
Şekil 6. Yapının kendi içine yıkılmasında yapı davranışı karşılaştırması

Şekil 8’de C30, C20 ve C10 beton dayanımları için enkaz etkileme alanı, dairesel enkaz etkileme alanı ve enkaz yüksekliği karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Yıkılan tüm parçaların dikkate alındığı toplam enkaz etki alanının, beton dayanımı düştükçe genel olarak arttığı gözlenmiştir. Bunun yanında ana dağılımın esas alındığı enkaz etki alanının ise beton dayanımı düştükçe azaldığı tespit edilmiştir. Enkaz yüksekliğinin ise

beton dayanımı düştükçe arttığı görülmüştür. Bu durum, düşük beton dayanımı için enkaz etki alanının küçük olmasından kaynaklanmıştır. Enkaz etki alanı küçüldükçe enkaz yüksekliğinin artması beklenen bir durumdur.



Şekil 7. 12. kat A-6 kolonu (x,y,z) yerdeğiştirmesi, zemin kat A-3 kolonu normal kuvvet değişimi



Şekil 8. Yapının içe yıkılma planlaması durumunda enkaz etkileme alanları, enkaz yüksekliği

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, patlayıcı kullanılarak içe yıkılması planlanan binaların yapısal davranışının analizi ve beton dayanımının düşürülmesinin yıkım sürecine etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- ✓ Beton dayanımının düşürülmesi, yapısal elemanların plan üzerindeki yerdeğişmelerini etkileyerek yapının yıkılma davranışını değiştirmiştir.
- ✓ Beton dayanımının düşürülmesi, yıkılmanın daha erken gerçekleşmesine neden olmuştur.
- ✓ Yıkılan tüm parçaların dikkate alındığı toplam enkaz etki alanı, beton dayanımı düştükçe genel olarak artmıştır.
- ✓ Ana dağılımın esas alındığı enkaz etki alanı, beton dayanımı düştükçe azalmıştır.
- ✓ Enkaz yüksekliği, beton dayanımının azalmasıyla artmıştır.

REFERANSLAR

- [1] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Rakamlarla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Türkiye, 2017.
- [2] Mattern S, Blankenhorn G, Schweizerhof K Computer-aided destruction of complex structures by blasting, Universitat Karlsruhe. High Performance Computing in Science and Engineering, 2007, 06, 449-457.
- [3] Griffin WJ, Experimental and Analytical Investigation of Progressive Collapse through Demolition Scenarios and Computer Modeling. The Thesis of Master of Science, North Carolina State University, ABD 2008.
- [4] Lupoae M, Bucur C, Building Demolition: Positive Aspect of Progressive Collapse. Military Technical Academy (MTA), 2009, Review 19, 4.
- [5] Doğan E, Uzal B, Pehlivanoğlu K, İycil E, Patlayıcı Kullanılarak Betonarme Bir Su Kulesi Yıkımı. Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH) 2009; 457, 35-44.
- [6] Sikiwat T, Breidt M, Hartmann D, Computational Steering for Collapse Simulation of Large Scale Complex Structures. 18th International Conference on the Application of Computer Science and Mathematics in Architecture and Civil Engineering, Weimar, Germanys 2009.
- [7] Meguro K, Tagel-Din H, A New Simplified And Efficient Technique For Fracture Behavior Analysis Of Concrete Structures. 3rd Int. Conf. on Fracture Mech. of Concrete and Concrete Struct, 1998; 911-920.
- [8] Tagel-Din H, Meguro K, Applied Element Method: A New Efficient Tool for Design of Structure Considering its Failure Behavior. 5th U.S. National Conference on Lifeline Earthquake Engineering, 1999, 13-30.
- [9] Meguro K, Tagel-Din H, Applied Element Method for Structural Analysis: Theory and Application for Linear Materials. Structural Eng. Earthquake Eng. 2000, JSCE, 17, 21-35.

- [10] Tagel-Din H, Meguro K, Analysis of A Small Scale Rc Building Subjected To Shaking Table Tests Using Applied Element Method. 12th World Conference on Earthquake Engineering, 2000, 464.
- [11] Tagel-Din H, Meguro K, Applied Element Method Used for Large Displacement Structural Analysis. Journal of Natural Disaster Science, 2002, 24, 25-34.
- [12] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017. Patlayıcı ile Yıkım Tekniği Uygulama Kitapçığı. Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Genel Müdürlüğü, Türkiye.
- [13] TS 500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Türkiye.
- [14] TS 498, 1997, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. Türk Standartları Enstitüsü, Türkiye.
- [15] Extreme Loading for Structures Technical Manual, 2006, Applied Science International, ABD.
- [16] Jahromi HZ, Izzuddin BA, Nethercot DA, Donahue S, Hadjioannou M, Williamson EB, Engelhardt M, Stevens D, Marchand K, Waggoner M, 2012, Robustness Assessment of Building Structures under Explosion. Buildings 2, 497.