



20. ULUSAL MEKANİK KONGRESİ  
05 - 09 Eylül 2017, Uludağ Üniversitesi, Bursa

## KENTSEL DÖNÜŞÜM KAPSAMINDAKİ BETONARME BİR BİNANIN PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN HESAP YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ

Zeynep Fırat Alemdar ve Deniz Caymazer  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

### ABSTRACT

In this study, the nonlinear time history analysis, which is one of the nonlinear analysis methods given in Turkish Earthquake Code (TEC-2007) was performed for a reinforced concrete building within the scope of urban regeneration in order to determine the earthquake performance of the building. The evaluation of the earthquake performance of the buildings is related to the expected damage status of the buildings under the applied earthquake loads. The performance of the structural elements was determined according to the TEC-2007 by finding the cross-sectional plastic strain demands of the reinforced concrete members and the plastic curvature demands that occur in the system during the nonlinear time history analysis. The performance level of the building was determined according to the damage levels obtained in the structural elements and as a result it was determined whether or not the building investigated was safe under earthquake loads.

### ÖZET

Bu bildiriye, kentsel dönüşüm kapsamındaki betonarme bir binanın deprem performansının belirlenmesi amacıyla Deprem Bölgelerinde Yapılan Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007’de verilen elastik olmayan doğrusal hesap yöntemlerinden birisi olan Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile yapılan analiz ve sonuçları açıklanmaktadır. Binaların deprem performansının belirlenmesi, uygulanan deprem itkisi altında binada oluşması beklenen hasar durumu ile ilişkilidir. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi ile analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen plastik şekil değiştirme istemleri ile betonarme elemanların kesit birim şekil değiştirme değerleri bulunarak, taşıyıcı sistem elemanlarının performansı DBYBHY-2007’ye göre belirlenmiştir. Taşıyıcı elemanlarda elde edilen hasar bölgelerine göre binanın hangi performans düzeyinde olduğu saptanmış ve sonuç olarak bu betonarme binanın depreme dayanıklı olup olmadığı belirlenmiştir.

### GİRİŞ

Bu çalışmada, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile performansı belirlenmek istenen bina; İstanbul ili, Zeytinburnu İlçesinde bulunan 1991 yılında inşa edilmiş, betonarme çerçeve sistemli 5 katlı (Bodrum kat + Zemin kat + 3 Normal kat) bir yapıdır. Binaya ait mimari ve statik projeler ilgili belediyeden temin edilmiş olup, yapılan incelemede binanın geometrik özellikleri ve kullanılan donatılarının projesine uygun olduğu

görülmüştür. Mevcut beton dayanımını tespit edebilmek için ise kolon ve perdelerinden karot örnekleri alınmıştır. Binanın üç boyutlu modeli SAP2000 programında oluşturulmuş ve X-Y doğrultularında 1999 Kocaeli depremi verileri kullanılarak Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Yöntem ile analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analize bağlı olarak binadaki şekil değiştirme ve kesme kuvveti istemlerine bağlı performans değerlendirmesi yapılmıştır.

### YAPIYA İLİŞKİN BİLGİLERİN TOPLANMASI

İstanbul ili, Zeytinburnu ilçesinde, bulunan binanın 16.05.2012 tarih ve 6306 Sayılı Afet Riski Taşıyan Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında riskli yapı olup olmadığının tespiti için mimari ve statik projeleri Zeytinburnu Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü arşivinden temin edilmiştir.

#### Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi

İlgili yasa gereği mevcut donatı düzenini belirlemek için kritik katta sıyırma ve röntgen adı verilen tahribatsız yöntemle tespitler yapılmıştır. Çelik sınıfının S220 olduğu ve donatı düzeninin projesine uygun olduğu görülmüştür.

Mevcut beton dayanımının belirlenmesi amacıyla kritik kat kolon ve perdelerinden en az 10 elemanda tahribatsız yöntemler kullanılmış ve en düşük sonucun alındığı 5 yerden beton numunesi alınmıştır. İlgili yasaya göre kat oturum alanı 400 m<sup>2</sup>'ye kadar olan yerlerden 5 adet numune, bu alanın üzerinde oturum alanına sahip binalar için ise her 80 m<sup>2</sup> için bir adet numune fazladan alınır. İlgili binanın kat oturum alanı 94,9 m<sup>2</sup> olduğundan 5 adet numune alınmıştır. Alınan numuneler üzerinde yapılan deney sonucunda mevcut beton dayanımının 10,5 MPa olduğu saptanmıştır.

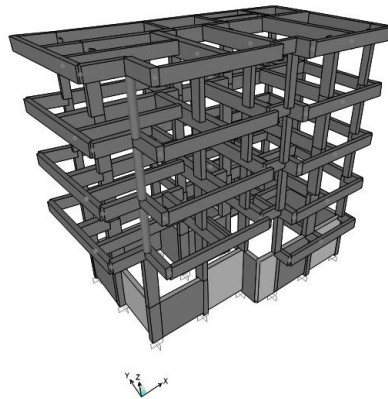
Yerinde yapılan incelemede bina geometrisinin ve taşıyıcı sistem kesitlerinin projesine uygun olduğu tespit edilmiştir.

#### Kritik Kat Kavramı

Kritik kat, rijitliği diğer katlara oranla çok küçük olan (betonarme çevre perdeleri bulunmayan) veya yanal ötelenmesi zemin tarafından tutulmamış en alt bina katıdır. İncelenen binada kritik kat, binanın zemin katıdır.

### YAPININ MODELLENMESİ

Yapı SAP2000 programında yerinde alınan numunelere uygun özelliklerde malzemeler tanımlanarak modellenmiştir (Şekil 1). Kolon, kiriş ve perde kesit ve aks aralıkları projesine uygun olduğundan projedeki değerler kullanılarak tanımlanmıştır. Daha sonra kiriş ve döşeme üzerindeki ölü ve hareketli yükler tanımlanmıştır. Döşemeler ise modellenmeyip öz yükü ve üzerindeki yükler kirişlere aktarılmıştır.



Şekil 1. Yapının 3 Boyutlu Modeli

**KOLON VE KİRİŞLERİN PLASTİK MAFSAL ÖZELLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

İncelenen binadaki tüm kolon ve kiriş elemanların kesitleri XTRACT programı kullanılarak tanımlanmış ve gerekli analizler yapılmıştır. Plastik mafsal özellikleri belirlenmiştir. Doğrusal olmayan davranışları temsil eden bu özellikler SAP2000 programında tüm kesitlere tanımlanmıştır.

**ETKİN EĞİLME RİJİTLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Zaman Tanım Alanında analizlerin yapılabilmesi için özellikle kolon, kiriş ve perdeler için DBYBHY2007 'de tanımlanan etkin eğilme rijitlik oranlarının belirlenmesi gerekmektedir. Böylece eğilme etkisindeki betonarme elemanların eğilme rijitlikleri çatlamış kesite ait eğilme rijitliklerine dönüştürülmüş olur. Etkin eğilme rijitlik oranları yönetmeliğe uygun olarak hesaplanmıştır.

**ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMİ**

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım hesaplanmasıdır. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır.

Zaman tanım alanında yapılacak analizde kullanılan yapay, kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketleri DBYBHY-2007'nin ilgili bölümlerinde belirtildiği gibi kullanılır. Deprem performansını belirlediğimiz binada 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depreminin deprem kaydı kullanılmıştır.

**BETONARME ELEMANLARIN KESİT BİRİM ŞEKİL DEĞİŞTİRME  
KAPASİTELERİ**

Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile plastikleşmeyi de göz önüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki aksenal kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrultulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan  $\phi_y$  eşdeğer akma eğriliği,  $\phi_p$  plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki  $\phi_t$  toplam eğrilik istemi elde edilmiştir:

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekil değiştirme istemi ile donatı çeliğindeki birim şekil değiştirme istemi, toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanmıştır.

Beton ve donatı çeliğinin birim şekil değiştirmeleri cinsinden elde edilen deprem istemleri, DBYBHY2007' de tanımlanan birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenmiştir.

## BETONARME TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ KESME KUVVETİ KAPASİTELERİ

Kolon-kiriş birleşim bölgeleri dışında tüm betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının gevrek kırılma kontrollerinde kullanılacak kesme kuvveti dayanımları TS-500'e göre belirlenmiştir. Kesme kuvveti dayanımının kesme kuvveti isteminden daha küçük olduğu elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanmıştır ve göçme bölgesinde oldukları kabul edilmiştir.

Ayrıca, betonarme kolon-kiriş birleşimleri için hesaplanan kesme kuvveti isteminin verilen kesme dayanımını aşmaması gerekir. Kesme kuvveti isteminin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek olarak hasar gören eleman olarak tanımlanmıştır ve göçme bölgesinde oldukları kabul edilmiştir.

### SONUÇLAR

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Zaman tanım alanında hesap yönteminin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi DBYBHY-2007 esaslarına göre belirlenmiştir.

Performans değerlendirmesi için İstanbul ili, Zeytinburnu ilçesinde 1991 yılında inşa edilmiş olan betonarme bir bina dikkate alınmıştır. Binaya ait projeler ve deneysel yollarla elde edilen malzeme özellikleriyle yapılan hesaplarda binanın göçme durumunda olduğu anlaşılmıştır. Bina kentsel dönüşüm kapsamında yıkılıp yenilenecektir.

Bina için yapılan kesme kontrollerinde gevrek kırılmaya maruz kalan 12 adet kolon tespit edilmiştir. Bu kolonların gevrek eleman olması nedeni ile göçme bölgesinde oldukları kabul edilmiştir.

Kirişlerde ve kolonlarda elde edilen performans değerlendirmeleri Tablo.1 ve Tablo.2'de verilmiştir. Buna bağlı olarak incelenen binanın sonuç performans düzeyi yapısal elemanların performanslarının en elverişsiz olması durumuna göre değerlendirilmiş ve Tablo.3'de gösterilmiştir.

KAT	Kiriş SAYISI	MİNİMUM HASAR BÖLGESİ	BELİRGİN HASAR BÖLGESİ	İLERİ AHSAR BÖLGESİ	GÖÇME BÖLGESİ	SONUÇ
BODRUM KAT	8	0%	12.50%	0%	0%	CAN GÜVENLİĞİ
ZEMİN KAT	26	0%	0%	0%	0%	HEMEN KULLANIM
1. NORMAL KAT	26	3.80%	30.80%	0%	0%	CAN GÜVENLİĞİ
2. NORMAL KAT	26	7.70%	3.80%	0%	0%	HEMEN KULLANIM
3. NORMAL KAT	26	0%	0%	0%	0%	HEMEN KULLANIM

Tablo 1. Kirişler İçin Performans Değerlendirmesi

KAT	$\Sigma V(MH)$ (kN)	$\Sigma V(BH)$ (kN)	$\Sigma V(iH)$ (kN)	$\Sigma V(GH)$ (kN)	$\Sigma V(MH)/\Sigma V$ (kN)	$\Sigma V(BH)/\Sigma V$ (kN)	$\Sigma V(iH)/\Sigma V$ (kN)	$\Sigma V(G)/\Sigma V$ (kN)	SONUÇ
BODRUM KAT	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	HEMEN KULLANIM
ZEMİN KAT	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	HEMEN KULLANIM
1. NORMAL KAT	0	255.53	0	892.61	0%	22.3%	0%	77.7%	GÖÇME
2. NORMAL KAT	106.35	349.41	46.25	390.51	11.9%	39.2%	5.2%	43.7%	GÖÇME
3. NORMAL KAT	119.94	119.84	0	0	21.30%	21.3%	0%	0%	CAN GÜVENLİĞİ

Tablo 2. Kolonlar İçin Performans Değerlendirmesi

KOLONLAR	KİRİŞLER
GÖÇME	CAN GÜVENLİĞİ
<b>GÖÇME</b>	

Tablo 3. Bina İçin Performans Değerlendirmesi

### KAYNAKLAR

- [1] Adem Doğançün, *Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı* (2009)
- [2] Arda Karabulut, *TDY 2007 Yönetmeliği ve FEMA 440 Raporunda Tanımlanan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinin Mevcut Betonarme Binalar İçin Karşılaştırılması* (2011)
- [3] Prof. Dr. Mustafa Düzgün, Öğr. Gör. Dr. Özgür Bozdağ, *Betonarme Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi*
- [4] *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Olan Binalar Hakkında Yönetmelik*, 2007.
- [5] *TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, Şubat 2000.
- [6] *SAP2000. (2015). Version 15.1, Structural analysis program. Computers and Structures Inc., Berkeley, California.*
- [7] *XTRACT (2004). Cross sectional analysis of structural components, Imbsen and Associates Inc., Sacramento.*