

Mevcut Betonarme Bir Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Belirlenmesi ve Güçlendirme Önerisi

Ömer Keleşoğlu¹, Halime Çakar¹, Alper Polat^{2*}

¹Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

²Munzur Üniversitesi, İnşaat Teknolojisi Bölümü, Tunceli, Türkiye

*E-mail: alperpolat@munzur.edu.tr

Makale gönderme tarihi:13.09.2017, Makale kabul tarihi: 20.12.2017

Öz

Bu çalışmada deprem hesabı 1975 deprem yönetmeliğine göre yapılmış 5 katlı çerçeve sistemli betonarme bir bina ele alınmıştır. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik 2007 Bölüm 7'ye göre konut türü yapılar için ön görülen "Can Güvenliği" performans seviyesi araştırılmıştır. Bina taşıyıcı elemanlarına ait eğilme moment kapasiteleri, mevcut malzeme dayanımları ve donatı miktarlarına göre hesaplanmış, yatay yük analizlerinden elde edilen deprem etkileri de göz önüne alınarak her bir eleman üzerinde oluşacak hasar seviyeleri belirlenmiştir. Bu çalışma sonunda yapının "Can güvenliği" performans seviyesini karşılamadığı görülmüş, yapı için alternatif bir güçlendirme önerisi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güçlendirme, can güvenliği, hasar düzeyi, TDY-2007, performans analizi

Determination of the Performance of an Existing Reinforced Concrete Structure According to the 2007 Earthquake Regulations and Strengthening Proposal

Abstract

In this study, a reinforced concrete building with a 5-story frame system constructed according to the 1975 earthquake regulations was dealt with. Regulation on Buildings to be performed in Earthquake Regions 2007 According to Chapter 7, the "Life Safety" performance level for residential buildings was researched. Bending moment capacities of building bearing elements are calculated according to existing material strengths and reinforcement quantities and damage levels to be formed on each element are determined by considering earthquake effects obtained from horizontal load analyzes. At the end of this study, it was found that the build did not meet the "Life Safety" performance level and an alternative strengthening proposal was given for the structure.

Keywords: Strengthening, life safety, the level of damage, TDY-2007, performance analysis

GİRİŞ

Son yıllarda ülkemizde meydana gelen depremler sonrasında, mevcut yapı stokumuzun önemli bir bölümünün deprem güvenliğinin ne denli yetersiz olduğunu ortaya çıkarmıştır. Özellikle ülkemiz sanayi tesislerinin ve nüfusunun en yoğun olduğu bölgede meydana gelen 1999 yılı depremleri bilânçolarına bakıldığında, bizlere gerek çok büyük acılar yaşatmış gerekse de ülkemiz ekonomisine büyük zararlar vermiştir. Sismik bir yer hareketinde yapılarımızın yıkılmasında ve ciddi hasarlara uğramasındaki en önemli faktör; yapılarımızın inşa edildikleri dönem mevcut yönetmeliklere uygun yapılmadığı gerçeğidir. Bina taşıyıcı sistem ve tasarım hataları, kullanılan kalitesiz

malzeme ve yetersiz işçiliğin yanı sıra bina yapım aşamasındaki yetersiz kontrol ve denetim, çoğu mevcut binalarımızın olası bir depremde istenilen performansı gösteremeyeceği gerçeğini son yıllarda yapılan incelemeler ortaya çıkarmıştır.

Deprem yükleri etkisi altında betonarme karkas yapıların taşıyıcı elemanlarında çeşitli şekillerde yapısal hasarlar meydana gelmektedir. Yapı güvenliğini yeniden sağlamak için, tüm sistemin ve hasar görmüş elemanların onarılması ve güçlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle yeni deprem yönetmeliğine uygun olmayan yapılarda hasar görmemiş sistemlerin de güçlendirilmesi, son yıllarda zorunlu olarak uygulama alanı bulmuştur. Bunun temel nedeni ise, seçilmiş olan

taşıyıcı sistemin düzenli akslara sahip olmayan çerçeveli sistem olması ve genelde yerinde ölçümler ile elde edilen beton dayanımlarının, proje dayanımının çok altında olmasıdır (Celep, 2005).

Bu çalışmada, 1975 yılında yapılmış mevcut çerçeve sistemli betonarme bir binanın 2007 deprem yönetmeliğine göre performans analizi yapılarak güçlendirme önerisi yapılmıştır. Bu kapsamda “2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmeliği” bölüm 7’ye göre konut türü yapılar için öngörülen “Can Güvenliği” performans seviyesi araştırılmıştır (Özer, 2005; TDY-2007).

Çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, donatı tespit cihazı ile yapının taşıyıcı elamanlarındaki donatı çap ve adetlerinin projedeki donatı çap ve adetlerine uygunluğundan tespit edilerek projedeki mevcut donatılar sisteme girilmiştir. Mevcut yapıdan alınan karot numuneleri ile beton kalitesine göre yapı tanımlanmış ve yapının kapasitesi ortaya çıkartılmıştır. Bunun için yapı elemanlarının hasar durumu belirlenmiştir. Elemanlarda oluşacak hasarın sınıflandırılması için hasar sınırları belirlenmiştir. Yapıdaki bütün elemanların hasarı belirlendikten sonra, yapı içindeki hasar dağılımına ve oranına göre yapının performansı ortaya çıkarılmıştır (Altun, 2003).

İkinci aşamada ise yapı "Deprem Yapı Güçlendirme Projesi" için "Çatlamış kesite göre analiz" ve bütün yapının mevcut malzeme dayanımları alınacaktır. Yapılan performans analizi sonucunda, bazı kolonlarda kesit yetersizliği, kesme güvelliği yetersizliği ve kuşatılmış kolon kontrolünü sağlamayan taşıyıcı kolon elemanları tespit edilmiştir. Bu kolonlar mevcut yapıda güçlendirilmesi gereken sünek elemanlardır. Bu elemanların kesme kapasite yetersizliği nedeniyle bina sisteminin iyileştirilmesine yönelik güçlendirme önerisine gidilmiştir. Güçlendirme önerisi için, deprem yapı güçlendirme projesi opsiyonunda, yapılacak takviye elemanlar için panel ve mantolama seçilmiştir. Yapı performans analizi tekrar yapılmış ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda yapıdaki düzensizlikler ve kolon kapasiteleri kontrol edilmiştir.

Bu çalışma sonunda yapının “Can Güvenliği” performans seviyesini karşıladığı görülmüş ve yapı için alternatif bir güçlendirme önerisi verilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Güçlendirilmesi Yapılacak Binanın Performansının Belirlenmesi

Binanın genel özellikleri
Bina 1975 yılında yapılmış betonarme karkas yapı olup, Zemin+ 4 Normal kat olarak inşa edilmiştir. İncelenen yapı 1975 Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanmış olup, düşey taşıyıcı elemanları çerçeve yapı tipindedir. Binaya ait herhangi bir nedenden dolayı güçlendirme yapılmamıştır.

Binadan toplanan bilgiler

Yerinde yapılan incelemeler sonucunda sisteme ait bir takım parametreler elde edilmiştir.

Kiriş Boyutları;

Ana Kirişler; 20/60 cm.

Kolon Boyutları; 25/40-25/75 cm.

Perde Duvar Boyutları; 25/310 cm.

Elde edilen bulgular, binanın taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin hesaplanmasında ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacaktır. Eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler ışığında ele alınan binanın betonarme ve mimari projelerinin mevcut olması ile yapının “kapsamlı bilgi düzeyi” nde olduğu kabul edilmiştir. ‘Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 Bölüm 7.2.2 maddesi uyarınca incelenen bina taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacak mevcut malzeme dayanımını belirlemek için “bilgi düzeyi katsayısı” 1.00 alınır.

Yapının modellenmesi

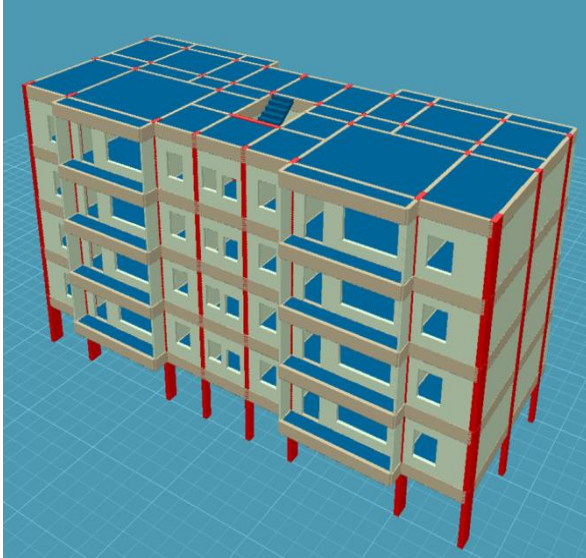
Mevcut yapının taşıyıcı sistemi betonarme çerçeve yapı tipinde olup, kolonlar y yönünde atılmıştır. Yapının üç boyutlu modellenmesinde Structural Analysis For Computer Aided Design v13.1(Sta4-CAD v13.1) programı kullanılıp, yapı iki durumda incelenmiştir (STA4CAD-v13.1).

Birinci durumda yapının tanımlanması bittiğinde, yapının kapasitesi ortaya çıkacak ve yapı elemanlarının hasar durumu belirlenecektir. TDY-2007 Bölüm 7.5.2’de elemanlarda oluşacak hasarın sınıflandırılması için hasar sınırları ve aralıkları kavramları getirilmiştir.

Çizelge 1. Binaya ait röleve bulguları

Kat Adedi	5
Kat yüksekliği	2.80 m
Döşeme kalınlığı	14 cm
Döşemelerde sıva + kaplama ağırlığı	0.562 t (m ²) ⁻¹
Hareketli yükler	0.32 t (m ²) ⁻¹ Merdiven 0.702 t (m ²) ⁻¹
Ölü Yük:	0.727 t (m ²) ⁻¹
Dış duvar kalınlığı	19 cm
Dış duvar malzemesi	Delikli tuğla (20/20/19 cm)
Dış duvar birim ağırlığı	1.52 t m ⁻¹
İç duvar kalınlığı	13 cm
İç duvar malzemesi	Delikli tuğla (20/20/13 cm)
İç duvar birim ağırlığı	1.24 t m ⁻¹
Yerel zemin sınıfı	Z3 D Grubu (Ta=0.15, Tb=0.60)
Bina önem katsayısı	1.0
Deprem bölge katsayısı A ₀	0.4
Beton sınıfı	C12 (f _{ck} = 12MPa)
Çelik sınıfı	S220 (f _{yk} = 220 MPa)

İkinci durumda ise, hasarlı elemanlar mantolama ve ilave perdeler ile güçlendirildikten sonra binanın performansı yeniden belirlenmiştir.



Şekil 1. Binanın 3 boyutlu görüntüsü

Yapının deprem performansının belirlenmesi

TDY-2007'de mevcut yapıların değerlendirilmesinde "dayanım" yerine "kapasite" kavramı ortaya sürülmüştür. Bilindiği gibi yeni bir yapı tasarlanırken bu yapıya gelen dış yükler belirlenmekte, yapının bu dış yükler altında gerekli dayanım ve koşulları sağlanması beklenmekte ve buna göre tasarım yapılmaktadır. Mevcut bir yapının yeterli olup olmadığı incelenirken karşımıza kapasite kavramı çıkar. Buna göre belirlenen dış yükler altında yapının davranışı incelenir, doğrusal ve doğrusal olmayan davranış altında bazı elemanlarda hasarlar oluşmasına izin verilebilir. Fakat doğrusal olmayan davranış gereği yapıda hasar gören elemanların karşılamadığı kuvvetler hasar görmeyen elemanlara aktarılacak, yani yapı kapasitesine göre yüklere mukavemet edecektir (Sucuoğlu, 2007).

Bina deprem performansının doğrusal elastik yöntem ile belirlenmesinde, düşey yükler altında ve deprem yükleri altında olmak üzere iki ayrı analiz yapılmalıdır (Kayhan, 2006).

Binadan toplanan bilgilerden yararlanarak düşey yük analizi $G+nQ$ yüklemesi altında Doğrusal Elastik Analiz yapılır ve yatay yük analizi için TDY-2007 Bölüm 2.7'deki doğrusal elastik yöntem olan "Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" ile binanın performansı belirlenir.

Yapının tipine göre yapıdan beklenen performans seviyeleri değişmektedir. Yapıdan beklenen performans seviyeleri Çizelge 2'de belirtilmiştir. Bu Çizelgeye göre tasarım ivme spektrumu ve istenen yapı performansı değişecektir.

Çizelge 2'ye göre, yapı 1. Derece deprem bölgesinde, her katta burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} \leq 2$ koşulunu sağladığından ve toplam bina yüksekliği $H=10m \leq H_N=25m$ olduğundan "Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" uygulanır.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile analizde Yönetmelik Bölüm 2.7'de belirtilen kurallara ek olarak dikkat edilmesi gereken hususlardan bazıları şunlardır: Taban kesme kuvvetinin Yönetmelik Denk. 2.4' e göre hesabında deprem yapı davranış katsayısı $R_a=1$ veya yapı önem katsayısı $I=1$ olarak alınacaktır ve denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılacaktır. I katsayısı birinci moda ait kütle katılımını göz önünde bulundurmaktır. Bodrum hariç bir ve iki

Çizelge 2. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri (TDY, 2007)

Binanın Kullanım Amacı	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 Yılda %50	50 Yılda %10	50 Yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

HK:Hemen Kullanım, CG:Can Güvenliği, GÖ:Göçme öncesi

Çizelge 3. Kirişlerin hasar yüzdeleri

Kat No	-X				+X				-Y				+Y			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
5	93.9	6.1	0.0	0.0	93.9	6.1	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
4	93.9	6.1	0.0	0.0	93.9	6.1	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	92.1	7.9	0.0	0.0
3	93.9	6.1	0.0	0.0	93.9	6.1	0.0	0.0	94.7	5.3	0.0	0.0	92.1	7.9	0.0	0.0
2	93.9	6.1	0.0	0.0	93.9	6.1	0.0	0.0	97.4	2.6	0.0	0.0	94.7	5.3	0.0	0.0
1	93.9	6.1	0.0	0.0	93.9	6.1	0.0	0.0	97.4	2.6	0.0	0.0	84.2	15.8	0.0	0.0
Max.									100.0					15.8		0.0

Çizelge 4. Kolon kesme kuvveti dağılımı

Kat No	-X				+X				-Y				+Y			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
5	69.5	30.5	0.0	0.0	68.1	31.9	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
4	43.0	57.0	0.0	0.0	41.5	58.5	0.0	0.0	97.9	2.1	0.0	0.0	95.0	5.0	0.0	0.0
3	31.7	68.3	0.0	0.0	35.5	64.5	0.0	0.0	68.7	31.3	0.0	0.0	82.9	17.1	0.0	0.0
2	49.1	50.9	0.0	0.0	49.5	50.5	0.0	0.0	61.9	38.1	0.0	0.0	60.0	39.3	0.0	0.0
1	88.5	11.5	0.0	0.0	88.6	11.4	0.0	0.0	80.4	19.6	0.0	0.0	62.3	37.3	0.0	0.0
Max.						100.0			100.0						0.7	

katlı binalarda 1.0 değerlerinde 0.85 olarak alınır (Keleşoğlu, 2017; Özer, 2005).

Bina performansının belirlenmesi

Doğrusal elastik hesap yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılan performans analizi sonucunda ele alına yapının taşıyıcı elemanlarında her iki doğrultudaki deprem etkisi altında hesaplanan hasar yüzdeleri Çizelge 3, Çizelge 4 ve Çizelge 5'te "MH: Minimum Hasar, BH: Belirgin Hasar, IH: İleri Hasar, GB: Göçme Bölgesi" hasarları özetlenmektedir.

Çizelge 5. Can güvenliğini sağlamayan elemanların dağılımı

Kat No	X		Y	
	Kiriş %	Kolon %	Kiriş %	Kolon %
5	0/33 (%0.0)	0/33 (%0.0)	0/38 (%0.0)	0/33 (%0.0)
4	0/33 (%0.0)	0/33 (%0.0)	0/38 (%0.0)	0/33 (%0.0)
3	0/33 (%0.0)	0/33 (%0.0)	0/38 (%0.0)	0/33 (%0.0)
2	0/33 (%0.0)	0/33 (%0.0)	0/38 (%0.0)	1/33 (%0.0)
1	0/33 (%0.0)	0/33 (%0.0)	0/38 (%0.0)	1/33 (%0.0)

Bu çalışmada *kolon-kiriş birleşimi* olarak tanımladığımız *kesit yetersizliği*, *kesme güvelliği yetersizliği* ve *kuşatılmış kolon birleşim* sonucu güçlendirilmesi gereken sünek elemanlar olarak *S003, S004, S005, S006, S008, S015, S023, S025, S027, S028, S031, S032, S102, S103, S104, S105, S106, S107, S108, S109, S115, S22, S124, S127, S128, S129, S130, S131, S132, S133, S202, S203, S204, S205, S206, S207, S208, S209, S227, S228, S229, S230, S231, S232, S302, S303, S305, S306, S308, S309, S327, S328, S331, S332, S427, S428, S431 ve S432* kolonları görülmektedir.

Hemen Kullanım Durumu Yeterlilik Kontrolü

Çizelge 3 ve Çizelge 4'ün incelenmesi neticesinde görüleceği gibi, her bir kattaki kirişlerin ve kolonların%10'dan fazlasının belirgin hasar bölgesinde olduğu ve bu nedenle binanın hemen kullanım koşulunu sağlayamadığı anlaşılmaktadır.

Can Güvenliği Yeterlilik Kontrolü

Çizelge 3, Çizelge 4 ve Çizelge 5'te görüleceği gibi yapıda ileri hasar bölgesinde kiriş veya kolon bulunmamaktadır. Dolayısıyla binanın can güvenliği performans düzeyini sağladığı anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda ele alınan yapının can güvenliği performans düzeyini sağladığı, hemen kullanım koşulunu sağlayamadığı, bazı kolonların sünek davranış gösterdiği ve bu kolonların güçlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Mevcut Binanın Güçlendirme Önerisi

TDY-2007, Bölüm 7.9'da binaların güçlendirilmesi, deprem hasarlarına neden olacak kusurlarının giderilmesi, deprem güvenliğini arttırmaya yönelik olarak yeni elemanlar eklenmesi, kütle azaltılması, mevcut elemanlarının deprem davranışlarının geliştirilmesi, kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması türündeki işlemleri içerir.

Güçlendirme uygulamaları, her taşıyıcı sistem türü için eleman ve bina sistemi düzeyinde olmak üzere iki farklı kapsamda değerlendirilecektir.

Binanın kolon, kiriş ve birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin artırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemler, eleman güçlendirmesi olarak tanımlanır.

Binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin artırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması, binaya yeni elemanlar eklenmesi, birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi, deprem etkilerinin azaltılması amacıyla binanın kütesinin azaltılması işlemleri sistem güçlendirmesi olarak tanımlanır.

Bu çalışmada, güçlendirilen elemanların deprem güvenliklerinin hesaplanmasında, mevcut binalar için hesap yöntemleri ve değerlendirme esasları kullanılacaktır. Güçlendirme yapılacak elemanların tasarımında, verilen özel kurullarla birlikte, yürürlükte olan diğer standart ve yönetmeliklere uyulacaktır (TS498,TS500, TDY 2007).

Bina güçlendirme önerisi

Şekil 1’de verilen mevcut binanın 3D modeli oluşturularak, Sta4Cad v13.1 bilgisayar paket programı kullanılarak güçlendirmesi yapılmıştır. Sta4Cad v13.1’de TDY-2007 Bölüm 7’yi esas alan bir güçlendirme bölümü bulunmaktadır.

Güçlendirme önerisinde izlenecek yol; ilk olarak, yapının matematiksel modeli oluşturularak kapasitesinin belirlenmesi gerekmektedir. Yapı tanımlaması iki başlık altında toplanabilir;

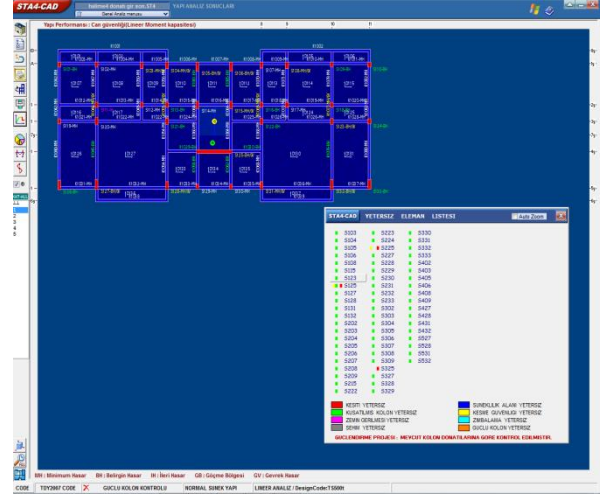
- Geometri ve malzemenin belirtilmesi,
- Yapının içinde bulunan donatının belirtilmesi.

Bu çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada yapı tanımlaması bittiğinde, yapının kapasitesi ortaya çıkartılmıştır. Bunun için yapı elemanlarının hasar durumu belirlenmiştir. Elemanlarda oluşacak hasarın sınıflandırılması için hasar sınırları ve aralık kavramları getirilmiştir: Yapıdaki bütün elemanların hasarı belirlendikten sonra, yapı içindeki hasar dağılımına ve oranına göre yapının performansı ortaya çıkarılmıştır.

Malzeme ataması bittikten sonra, genel yapı bilgisi penceresinde süneklilik katsayısı $R=4$ alınmış ve süneklilik katsayısı sadece yeni eklenen malzemeler için kullanılmıştır. Mevcut elemanların değerlendirilmesinde bu katsayı kullanılmayacaktır.

İkinci aşamada ise yapı Sta4Cad v13.1’de deprem yapı güçlendirme projesi bölümünden çatlamış kesite göre analiz opsiyonu seçilerek yapının mevcut malzemesi $E2(E=27000 \text{ kg (cm}^2)^{-1}, C16$ ve $f_{yk}=2200 \text{ kg (cm}^2)^{-1}$ seçilmiştir. Şekil 1’de mevcut yapının güçlendirme malzemesi $E1 (E= 302500 \text{ kg (cm}^2)^{-1}, C25$ ve $f_{yk}=4200 \text{ kg (cm}^2)^{-1}$) proje opsiyonları verilmiştir.

- Bina bilgi düzeyi katsayısı, TDY-2007 yönetmelikte tanımlanan Tablo 7.2’deki değerleri içerir ve 1.0 alınır.
- Donatı kenetlenme boyu, TDY-2007 yönetmeliğinin 7.4.15’teki kesit kapasite hesaplarında kullanılır.
- Kiriş düşey yük moment çarpanı, TDY-2007 yönetmeliğinin 7.5.2.3-a’ da ki kiriş kapasite hesaplarında kullanılan $Mg + Mq$ toplam momentinin çarpanı olarak hesaplarda dikkate alınır. TS500’deki yeniden moment dağılımı gibi düşünülebilir.



S107, S108, S109, S115, S22, S124, S127, S128, S129, S130, S131, S132, S133, S202, S203, S204, S205, S206, S207, S208, S209, S227, S228, S229, S230, S231, S232, S302, S303, S305, S306, S308, S309, S327, S328, S331, S332, S427, S428, S431 ve S432 kolonları olarak tespit edilmiştir. Bu kolonlar mevcut yapıda güçlendirilmesi gereken sünek elemanlardır. Bu elemanların kesme kapasite yetersizliği nedeniyle TDY-2007 Bölüm 7.10'da verilen 'betonarme binaların güçlendirmesi'ne göre, bina sistemin iyileştirmesine yönelik güçlendirme önerisine gidilmiştir.

Güçlendirme önerisi için, programa ait deprem yapı güçlendirme projesi opsiyonun da, yapılacak takviye elemanlar için panel ve manto opsiyonları seçilmiştir. Yapının yaşı, yapı sistemi ve mevcut malzeme özellikleri göz önüne alınarak yeni takviye elemanlarının kullanılması için R katsayısı 4 alınmıştır.

Perdelerin modellenmesi

Perde duvarın güçlendirmesi kolonlar arası bölme duvarların yerine kullanılarak az hacim kaybı ve az maliyetle yapılmıştır.

- Perdenin yapı boyunca sürekliliği sağlanmıştır.
- Yüksek sünek perde özelliklerine uyulmuştur.

- İki kolon arasındaki güçlendirme, perdenin dar kesiti 35 cm seçilmiştir.

Mantoların modellenmesi

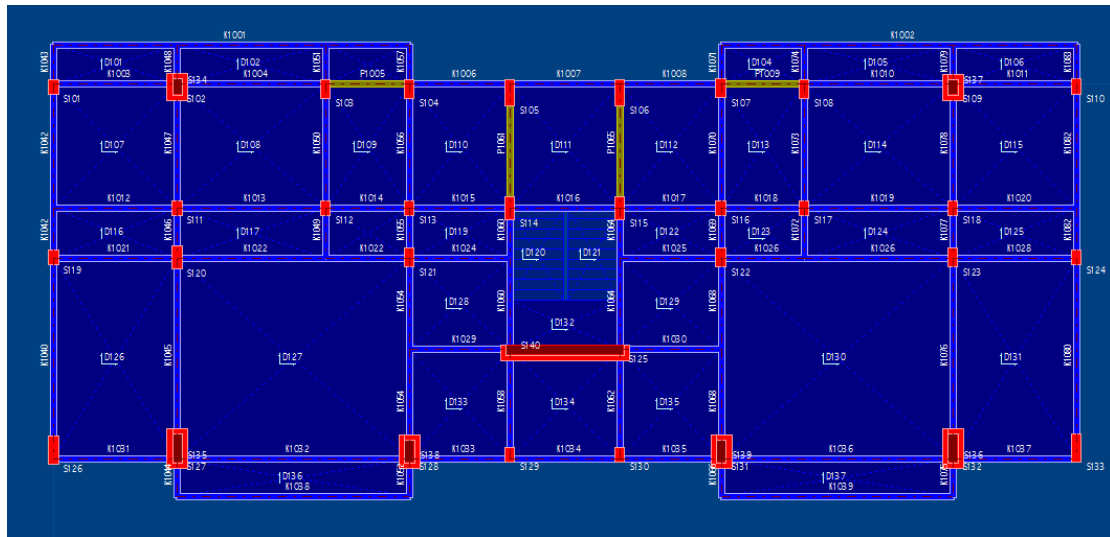
- Düşey yükler altında yetersizlik gösteren kolonlar, lokal bir takviye elemanı olan mantolama 15 cm kalınlığında tüm kat boyunca yapılmıştır. Kolonların mantolaması eksenel yük, moment ve kesme kuvveti taşıma güçleri artırılmıştır.

Çizelge 6. Güçlendirilmiş bina görelî kat öteleme kontrolü

max (R. Δ /h): MH < 0.01 < BH < 0.03 < IH < 0.04 < GB					
Kat	hi	X yönü	Rx. Δ x /h	Y yönü	Ry. Δ y /h
5	3.00	0.0084171	MH	0.0064053	MH
4	2.80	0.0092993	MH	0.0075713	MH
3	2.80	0.0094465	MH	0.0080917	MH
2	2.80	0.0081125	MH	0.0074234	MH
1	2.80	0.0043960	MH	0.0043417	MH

MH:Min. Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme

Çizelge 6'da verilen görelî kat ötelemelerinin, TDY-2007'de verilen can güvenliği performans seviyesinin çok altında olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Bina güçlendirme kalıp planı

Çizelge 7. Kiriş hasar yüzdeleri

Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
5	93.5	6.5	0.0	0.0	93.5	6.5	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
4	93.5	6.5	0.0	0.0	93.5	6.5	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
3	93.5	6.5	0.0	0.0	93.5	6.5	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
2	93.5	6.5	0.0	0.0	93.5	6.5	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
1	93.5	3.2	0.0	0.0	93.5	3.2	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0
Max.		6.5							100							

MH:Min. Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme

Çizelge 8. Kolon kesme kuvveti dağılımı

Kat No	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
5	92.4	7.6	0.0	0.0	92.4	7.6	0.0	0.0	95.4	4.6	0.0	0.0	98.9	1.1	0.0	0.0
4	96.2	3.8	0.0	0.0	96.2	3.8	0.0	0.0	95.5	4.5	0.0	0.0	97.9	2.1	0.0	0.0
3	97.7	2.3	0.0	0.0	97.7	2.3	0.0	0.0	95.4	4.6	0.0	0.0	98.2	1.8	0.0	0.0
2	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	99.2	0.8	0.0	0.0	98.9	1.1	0.0	0.0
1	69.1	30.9	0.0	0.0	69.1	30.9	0.0	0.0	93.8	6.2	0.0	0.0	95.4	4.6	0.0	0.0
Max.	100				30.9											

MH:Min. Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme

Çizelge 9. Alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı

Kat No	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
5	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
4	99.5	0.5	99.5	0.5	100	0.0	100	0.0
3	99.6	0.4	99.6	0.4	100	0.0	99.1	0.9
2	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
1	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
Max.	100							0.9

MH:Min. Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme

Çizelge 10. Can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı

Kat No	X Yönü		Y Yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
5	0/31 (%0.0)	0/44 (%0.00)	0/36 (%0.00)	0/44 (%0.00)
4	0/31 (%0.0)	0/44 (%0.00)	0/36 (%0.00)	0/44 (%0.00)
3	0/31 (%0.0)	0/44 (%0.00)	0/36 (%0.00)	0/44 (%0.00)
2	0/31 (%0.0)	0/44 (%0.00)	0/36 (%0.00)	0/44 (%0.00)
1	0/31 (%0.0)	0/44 (%0.00)	0/36 (%0.00)	0/44 (%0.00)

Kiriş ve kolonların can güvenliğini sağlamayan eleman dağılımı Çizelge 10'da verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi kiriş ve kolon elemanların tamamı hasar yüzdelerine baktığımızda hasarlı elemana rastlanmamış ve bu durumun can güvenliğini sağlamayan eleman olmadığı anlaşılıyor.

Çizelge 11. Güçlendirilmiş bina performans sonucu

Bina yatay yük kapasite oranı 1. kat : $V_r/V_e=650.26/465.5=1.397$
Can güvenliği durumu, Güçlendirme yeterlidir.
Can güvenliği yeterlilik kontrolü:
Kiriş Hasar oranı= $(IH=0.0 \leq 30), (GB=0)$
Kolon Hasar oranı= $(IH=0.0 \leq 20), (GB=0)$
Ust kat V_c oranı= $(IH=0.0 \leq 40), (GB=0)$
Plastiklesen kolon V_c oranı= $(BH+IH+GB=0.9 \leq 30), (GB=0)$

Bina performans sonucu Çizelge 11'de taşıyıcı eleman olan kirişlerde göçme bölgesi hasar oranı olmadığı ve kolonlarda ise hasar oranının %1.1 olduğu görülmektedir. Yani güçlendirme sonrası bazı kolonlarda ortaya çıkan hasar miktarı göz ardı edilebileceği ve binanın güçlendirilmiş haliyle yönetmeliğin öngördüğü hemen kullanım ve can güvenliği performans seviyesine uygun bir deprem performansı sergileyeceği düşünülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, 1975 Deprem Yönetmeliğine Göre Yapılmış Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 Yönetmeliğine Göre Güçlendirme Önerisi ve Kat Artırımı Yapılması incelenmiştir. Binanın TDY-2007'de verilen doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre deprem performansı irdelenip, buna uygun bir güçlendirme sunulmuştur.

Binanın mevcut projesi ile yerinde toplanan bilgilerin Sta4Cad v13.1 paket programına

aktararak yapının modellenmesi oluşturulmuştur. Daha sonra, yapısal elemanların mevcut donatı miktarları ve tespit edilen beton basınç dayanımı göz önüne alınarak, TDY-2007'de öngörülen şartlara uygun olarak elemanların eğilme momentleri ve kesme kuvveti kapasiteleri hesaplanmıştır.

Yapının her bir taşıyıcı elemanı için r (etki/kapasite) oranları hesaplanmış, TDY 2007'de verilen sınır değerlerle karşılaştırılarak elemanların hasar düzeyleri belirlenmiştir.

Doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapılan çalışmanın sonucunda;

Güçlendirme Öncesi

- Çizelge 3 ve Çizelge 4 görüleceği gibi Binanın X yönünde istenilen performansı sağlayamadığı ve bu yöndeki kolon ve kirişlerin %10'dan fazlasının belirgin hasar bölgesinde olduğu tespit edilmiştir. X yönünde oluşan hasarlardan dolayı hemen kullanım koşulunu sağlayamadığından sünek elemanların güçlendirilmesine ihtiyaç duyulmuştur.
 - X yönünde %10'dan fazlasının belirgin hasar bölgesinde olması sebebi, bu yönde deprem perdesinin olmaması ve kolonların tümünün Y yönünde atılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum da kolonların kesit yetersizliği, kesme güvenliği yetersizliği ve kuşatılmış kolon probleminin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.
 - Sonuç olarak, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda ele alınan yapının can güvenliği performans düzeyini sağladığı ancak hemen kullanım koşulunu sağlayamadığı, bazı kolonların sünek davranış gösterdiği ve bu kolonların güçlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.
- ### Güçlendirme Sonrası
- Binanın X ve Y doğrultusunda ileri hasar bölgesinde kiriş ve kolon bulunmadığından

“Can Güvenliği Performans” düzeyi sağlanmıştır.

- Bina güçlendirme sonrası performansı kirislerde ve kolonlarda göçme bölgesi hasar oranına rastlanmadığı görülmektedir. Güçlendirme sonrası binanın güçlendirilmiş haliyle yönetmeliğin ön gördüğü hemen kullanım ve can güvenliği performans seviyesine uygun bir deprem performansı sergilediği düşünülmektedir.
- Bu çalışmada, güçlendirme modeli olarak tüm katlarda sünek eleman davranışı sağlayan kolonlar arasına ilave perdeler ve kolon mantolamaları yapılmıştır. İlave perdeler ve kolonların beton dayanımı C25, donatıları S420 seçilerek yapının genel malzeme özellikleri iyileştirilmeye çalışılmıştır.
- Sonuç olarak; ele alınan yapı örneğinde de ortaya çıktığı gibi ülkemizdeki birçok yapının depreme dayanıklı olarak yapılmadığı bilinmektedir. Özellikle stratejik ve sosyal öneme sahip resmi binalar (okullar, hastaneler, vb.) depremlere karşı yeterince dayanıklı değildir ve bu yapıların güçlendirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Altun, F., Kara, H.B., Uncuoğlu, E., Karahan, O.,** 2003. Betonarme yapılarda deprem hasarları ve 6 katlı bir yapının güçlendirme çalışmaları, *G.Ü.Fen Bilimleri Dergisi*, 16(2):309-318.
- Celep, Z., Kumbasar, N.,** 2005. Betonarme yapılar. Beta Dağıtım, İstanbul.
- Çelik, U.,** 2007. 2007 Deprem yönetmeliğine göre mevcut bir betonarme yapının performansının değerlendirilmesi. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- İnel, M., Bilgin, H. ve Özmen, H. B.,** 2007. Mevcut kamu yapılarının performans

değerlendirmesi Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı/444-445-2006/4-5

- Kayhan, A.H., Yılmaz, S., Özmen, H.B.,** 2006. Yeni deprem yönetmeliğinde yer alan doğrusal değerlendirme yönteminin mevcut bir binanın incelenmesinde uygulanması. *Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu*, Denizli, 7-8 Aralık.
- Keleşoğlu, Ö., Aksoy U.T., Esen Y., Şirvanlı Y.T.,** 2017. 2007 Deprem yönetmeliğine göre mevcut betonarme bir yapının performansının belirlenmesi. *ISS2017 2nd International Science Symposium*, Tbilisi, Georgia, September 5-8.
- Murat, S.,** 2013. Fırat Üniversitesi teknik eğitim fakültesi yapı atölyesi binasının 2007 deprem yönetmeliğine göre güçlendirme projesinin hazırlanması. *Bitirme Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Özer, E.,** Mayıs 2005. Betonarme binaların deprem performansının belirlenmesi için bir yaklaşım. <http://www.atilimlab.com.tr/makaleler/Betonarme.pdf>
- STA4CAD-v13.1,** 20. Yapıların üç boyutlu dinamik analiz ve tasarımını yapabilen bilgisayar programı.
- Sucuoğlu, H.,** 2007. 2007 Deprem yönetmeliği performans esaslı hesap yöntemlerinin karşılaştırılması. Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı/444-445-2006/4-5.
- TS-498,** 1997. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS-500,** 2001. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Deprem Yönetmeliği,** 2007. (TDY-2007). Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik (2007). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.