DEPREM YÖNETMELİĞİ'NDE ÖNGÖRÜLEN TAŞIYICI SİSTEM GÜVENLİK DÜZEYİ KONUSUNDA KARŞILAŞTIRMALI SAYISAL İNCELEME

İ. Keskin[1] ve Z. Celep[2]

[1] *Yüksek Lisans Öğrencisi, Deprem Müh. Programı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*
[2] *Profesör, İnşaat Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*
Email: ihsankeskinn@gmail.com

ÖZET:

Yurdumuzda, 1997'den önce yürürlükte bulunan Deprem Yönetmeliği kurallarına göre tasarlanmış ve inşa edilmiş çok sayıda okul binası bulunmaktadır. 1997'de yürürlüğe giren Deprem Yönetmeliği, yeni tasarlanacak bütün binaların yatay yük güvenlik seviyelerini artırırken, sünek davranışın da oluşturulması için yeni konstrüktif kurallar içermektedir. Deprem Yönetmeliği'nde okul türü binalar, kullanım amacı veya türü bakımından "İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı" binalar sınıfına girmektedir. Özellikle 23 Ekim 2011'de gerçekleşen Van Depremi sonrasında çok sayıda mevcut okul binasının hasar görmesi ve kullanılamaması, bu tür mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesini güncel bir konu haline getirmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmada yurdumuzda tipik olarak uygulanan ve Deprem Yönetmeliği (1975) kurallarına göre boyutlandırılmış, üst katlara doğru düşey taşıyıcı elemanlarının kesitleri küçülen perde-çerçeveli taşıyıcı sisteme sahip beş katlı bir betonarme okul binasının, Deprem Yönetmeliği (2007) kurallarına göre performans seviyesi yönetmelikte öngörülen yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Bir okul binasının tasarımında bir deprem düzeyi göz önüne alınırken, bu kurallara göre okul binasının iki deprem düzeyinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bildiride bu konuda sayısal inceleme yapılmıştır. Deprem güvenliği yetersiz bulunan okul binası, betonarme perdelerle güçlendirilmiş ve bu durum için de deprem güvenliği belirlenmiştir. Bu çözümlerde konu hakkında ayrıntılı yorum yapabilmek amacıyla bina doğrusal olamayan değerlendirme yöntemi kullanılarak statik ve dinamik yükleme ile ayrı ayrı incelenmiş ve binanın zayıf yönlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Okul binasının taşıyıcı sisteminin deprem güvenliği konusunda çok sayıda parametrik çalışma yapılmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak şekillerle verilmiştir. Bunlara örnek olarak, binanın düşey taşıyıcı elemanlarına ait kesitlerin üst katlara doğru değişkenlik göstermesi veya göstermemesi durumu yanında mevcut beton dayanımının projede öngörülen değerden daha az olması durumu verilebilir.

ANAHTAR KELİMELER: Betonarme, okul, Deprem Yönetmeliği, güçlendirme, performans.

1. GİRİŞ

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1975 (AY-1975) ile yürürlükte olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DY-2007) arasındaki önemli farklılıklar güvenlik seviyesinin yükseltilmesi, sünek davranışa verilen önem ve kapasite tasarım kavramının kullanımı olarak belirtilebilir. Kapasite tasarımı ile öngörülenin ötesindeki bir deprem etkisinde güç tükenmesinin gevrek elemanlardan (veya kesitlerden) yerine sünek olanlardan oluşması sağlanır. Buna kirişe göre güçlü kolon tasarımı ilkesi örnek gösterilebilir. Ayrıca, sünek olmadığı için istenmeyen güç tükenme türlerinin (kesme güç tükenmesi, donatı kenetlenmesinin çözülmesi gibi) oluşmasını ve plastik mafsalların toptan göçmeye neden olacak noktalarda oluşmasını engellemek amaçlanır. Bu iki yönetmelik arasındaki en temel farklılıklar; yapısal düzensizlikler, süneklik ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı, elastik tasarım ivme spektrumu, mod birleştirme

yöntemi ve zaman tanım alanda hesap yöntemleri, ikinci mertebe etkilerinin göz önüne alınması, yer değiştirmeler için gerçekçi sınırlamalar getirilmesi, kirişe göre kuvvetli kolon kavramı, sünek davranış sağlanması amacıyla donatı detaylarının ayrıntılı olarak verilmesi ve mevcut binaların deprem güvenliklerinin değerlendirilmesi ve bu binaların güçlendirilmesidir.

Bu çalışmada, AY-1975 ve TS500 (1984)'e göre tasarlanmış, betonarme karma taşıyıcı sisteme sahip ve üst katlara doğru düşey taşıyıcı elemanlarının kesitleri küçülen 5 katlı okul binası ele alınmıştır. Binanın DY-2007'de öngörülen performans seviyesini sağlama durumu, ilgili yönetmelikte verilen doğrusal olmayan yöntemlerden "Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile İtme Analizi" ve "Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz" yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Statik analizden elde edilen itme eğrisi ile çeşitli katsayılar kullanılarak elde edilen dinamik eğri karşılaştırılmıştır. Ayrıca, bu binanın düşey taşıyıcı elemanlarının her katta sabit kaldığı kabul edilerek oluşturulan binanın performans analizi yapılmıştır. Bunlara ek olarak, 2011'de gerçekleşen Van Depremi sonrasında pek çok okul binasında, beton dayanımının projede öngörülen dayanımdan düşük olması sebebiyle çeşitli seviyelerde hasarlar oluşmuştur. Buradan yola çıkarak, farklı beton dayanımları için mevcut yapının performans analizi yapılmıştır. Yapılan analizlerde SAP2000 programı kullanılmıştır (SAP2000, CSI).

1.1. Okul Türü Binalar İçin Hedeflenen Performans Seviyeleri

DY-2007'ye göre okul türü binalar, "İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu ve Değerli Eşyaların Saklandığı" binalar sınıfına girmektedir ve yapılacak yeni tasarımda öngörülen bina önem katsayısı (I) 1.4'tür. Buna karşılık bu tür mevcut binaların DY-2007'de tanımlanan tasarım depremi (D2) ve en büyük depreme (D3) altında, sırasıyla *Hemen Kullanım* ve *Can Güvenliği* performans seviyelerini sağlamaları öngörülmüştür. Bu depremler Tablo 1'de gösterilmiştir. Ayrıca hedeflenen performans seviyeleri de deprem düzeylerine bağlı olarak Tablo 2'de gösterilmiştir.

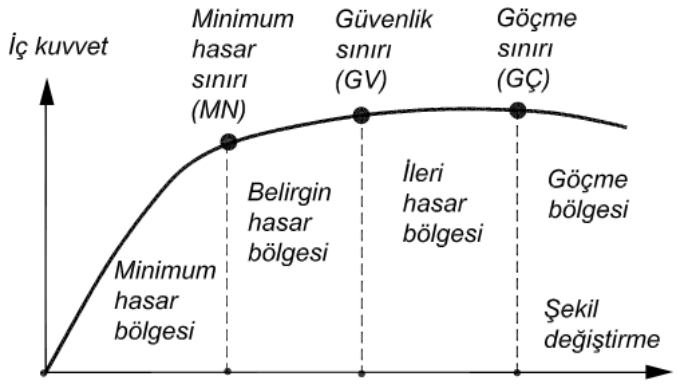
Tablo 1. DY-2007'de tanımlanan deprem düzeyleri

Deprem Türü	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Deprem Etki Katsayısı	Ortalama Dönüş Periyodu
D1 – Servis Depremi	% 50	~0.50	72 yıl
D2 – Tasarım Depremi	% 10	1.00	475 yıl
D3 – En Büyük Deprem	% 2	~1.50	2475 yıl

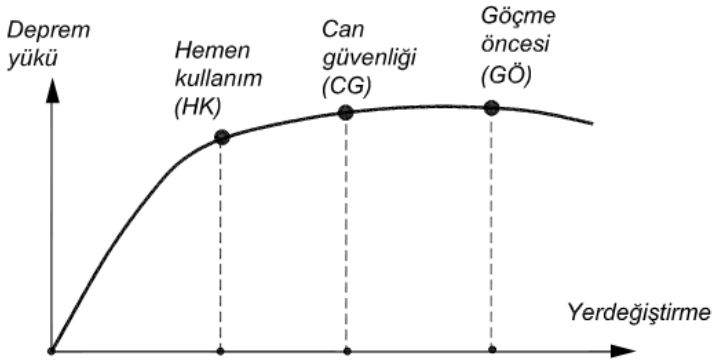
Tablo 2. Farklı deprem düzeyleri için okul türü binalarda öngörülen minimum performans hedefleri

Bina Türü	Deprem Düzeyleri		
	D1	D2	D3
Okul	-	**HK**	**CG**

Yapılacak analizler sonrasında, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların kesit hasar seviyeleri ve daha sonra Şekil 2'de gösterilen sınırlara göre katlara ait hasar seviyeleri ve buradan da bina performans seviyesi belirlenir. D2 depremi için, herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binanın Hemen Kullanım Performans Seviyesi'ni sağladığı kabul edilir. D3 depreminde ise, kirişlerin en fazla %30'u ileri hasar bölgesinde olabilirken, ileri hasar bölgesindeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında olmalıdır.



Şekil 1. DY-2007'ye göre kesit hasar bölgeleri



Şekil 2. DY-2007'ye göre performans seviyesini belirleyen hasar bölgeleri

Hasar sınırlarını belirleyen beton (en dış lifteki şekil değiştirme oranı) ve donatı çeliğine ait DY-2007'de verilen şekil değiştirme sınırları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. DY-2007'ye göre beton ve donatıdaki şekil değiştirme sınır değerleri

Şekil Değiştirme Sınırı	Hasar Sınırı	
	Betonda Birim Kısalma	Donatıda Birim Kısalma ve Uzama
Minimum Hasar Bölgesi	0.0035	0.010
Güvenlik Sınırı	$\min[0.0035+0.010\rho_s/\rho_{sm}; 0.0135]$	0.040
Göçme Sınırı	$\min[0.0040+0.014\rho_s/\rho_{sm}; 0.0180]$	0.060

2. DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

DY-2007'de mevcut yapıların performans seviyelerinin belirlenebilmesi için *doğrusal elastik* ve *doğrusal elastik olmayan* hesap yöntemleri verilmiştir. Teorik olarak farklı olan bu yöntemlerin birebir aynı sonuç vermesi beklenmemelidir. Ancak, sonuçların kendi içinde tutarlı ve yakın olması bir kontrol mekanizması olarak kullanılabilir. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulamasında birinci mod şekli esas alınarak statik itme

eğrisi elde edilirken, zaman tanım alanında hesap yönteminde ise hareket denkleminin çözümü yapıldığı için bir anlamda sistemin bütün modlarının katkısı göz önüne alınmış olur. Ayrıca bu yöntemde sistemin doğrusal olamayan davranışından dolayı, sistemin elastik ötesi davranışla değişen durumu hareket denklemine her çözüm adımında yansıdığı için daha gerçekçi bir çözüm olduğu açıktır. Doğrusal olamayan çözümde plastikleşen kesitler (plastik mafsallar) arasındaki kiriş ve kolon bölümlerindeki kesitlerde çatlamalar olduğu ve eğilme rijitliklerinin azaldığı kirişlerde sabit bir katsayı ile ve kolonlarda düşey yüklerden meydana gelen normal kuvvete bağlı olarak göz önüne alınır. Her iki çözüm yönteminde de normal kuvvet çözüm sürecinde değişmekte ise de bu durumun etkisi küçük olduğu için gözardı edilir. Bu yöntemler ile hesap yapılırken, kesitlerin etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılır:

$$Kirişlerde \rightarrow\rightarrow \{(EI)_e = 0.40 * (EI)_0$$

$$Kolonlarda\ ve\ perdelerde \rightarrow\rightarrow\rightarrow\rightarrow \begin{cases} (EI)_e = 0.40 * (EI)_0 & eğer \quad N_d/(A_c * f_{cm}) \leq 0.10 \\ (EI)_e = 0.80 * (EI)_0 & eğer \quad N_d/(A_c * f_{cm}) \geq 0.40 \end{cases}$$

2.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle İtme Analizi

Birinci modun etkili olduğu bu hesap yönteminin uygulanabilmesi için DY-2007'de aşağıdaki şartlar verilmiştir:

- Toplam kat adedi 8 aşmamalıdır (H ≤ 25 m, H: Binanın toplam yüksekliği),
- Burulma düzensizliği katsayısı 1.4'den küçük olmalıdır,
- Göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci doğal titreşim moduna ait etkin kütle oranının en az 0.70 olması gereklidir.

Bu yöntemde, öncelikle binanın kapasite eğrisi elde edilir (taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirme ilişkisi). Daha sonra, deprem seviyesine uygun olarak tasarım spektrumu kullanılarak depremin talep eğrisi elde edilir. Bu iki eğrinin kesişimi ile ilgili deprem seviyesi için binanın performans noktası elde edilir. Performans noktasına karşı gelen yerdeğiştirme talebine kadar binanın itilmesi sonucunda elde edilen plastik şekil değiştirmeler kullanılarak binanın performans seviyesi belirlenir.

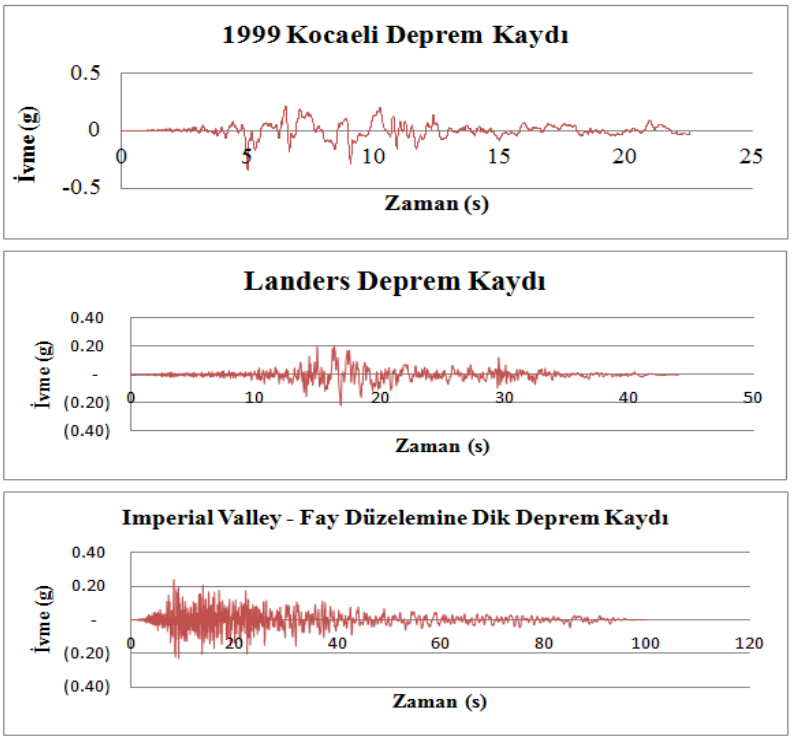
2.2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan

Sistemin hareket denkleminin adım adım çözülmesidir. Analiz esnasında, her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem talebine karşı gelen en büyük değerleri hesaplanır.

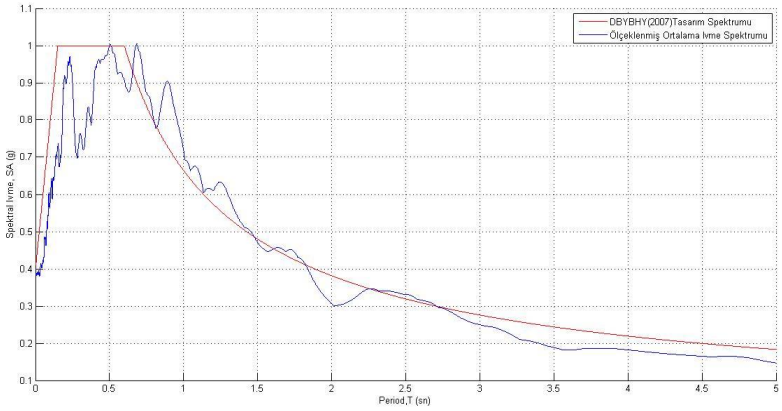
Analizde kullanılan deprem kayıtları Tablo 4'te ve bu kayıtlara ait ivme – zaman grafikleri Şekil 3'te gösterilmiştir. Bu kayıtlar kullanılarak tasarım spektrumları elde edilmiştir ve bu spektrumların ortalaması ile DY-2007'de verilen tasarım spektrumu Şekil 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Analizlerde Kullanılan Deprem Kayıtları

Kayıt No	Deprem Kaydı	Tarih	İstasyon	Kayıt Süresi	M_w	Fay Tipi
1	Kocaeli	1999	Bursa TOFAŞ	27.2 s	7.53	SS
2	Landers	1992	Yermo İtfaiye İstasyonu	32 s	7.28	SS
3	Imperial Vadisi	1979	Vadi	99 s	6.53	SS



Şekil 3. Deprem kayıtlarına ait ivme – zaman grafikleri



Şekil 4. Ölçeklenmiş ortalama ivme spektrumu ve Deprem Yönetmeliği 2007'de tanımlanan tasarım spektrumu

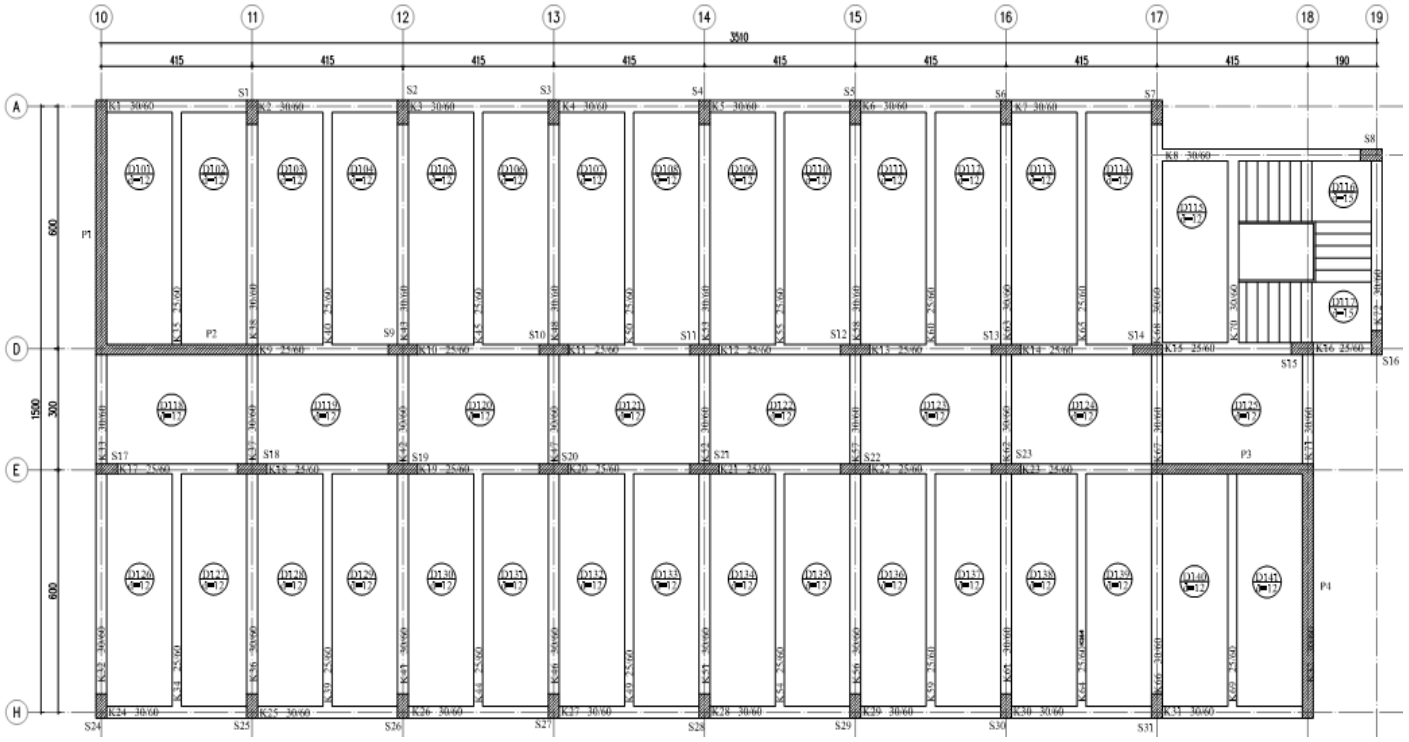
3. SAYISAL ÖRNEK

Bu çalışmada, yurdumuzda tipik olarak uygulanan bir okul binası çeşitli durumlar için incelenmiştir. Bu binaya ait genel bilgiler Tablo 5'te verilmiştir. Kolon ve kirişler çubuk eleman olarak modellenip plastik mafsal teorisine göre değerlendirilirken, perde duvarlar kabuk eleman olarak modellenmiştir. Plastik şekil değiştirmelerin oluştuğu mafsalların tanımlanabilmesi için, SAP2000'de eğrilik ilişkileri sargı etkisi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Her bir hasar sınırına karşı gelen eğrilik değerleri, plastik mafsal boyu ile çarpılarak ($Lp = 0.5 \times h$) kesitlerde oluşması muhtemel plastik dönme talepleri belirlenmiştir.

Tablo 5. Bina Genel Bilgileri

Kat Adedi	*5*		Mevcut Beton Dayanımı, f_{cm1}	*C20*		Donatı Çeliği	*S420a*
Kat Yüksekliği	*3.40 m*		Betonun Elastisite Modülü, E_{c1}	*28.5 GPa*		Çeliğin Elastisite Modülü, E_s	*200 GPa*
Bina Toplam Yüksekliği	*17.0 m*		Mevcut Beton Dayanımı, f_{cm2}	*C16*		Deprem Bölgesi	*1*
Bina Oturma Alanı	*542 m^2*		Betonun Elastisite Modülü, E_{c2}	*27.25 GPa*		Zemin Sınıfı	*Z2*
Kullanım Amacı	*Okul*		Mevcut Beton Dayanımı, f_{cm3}	*C12*		Bilgi Düzeyi Katsayısı	*1.00*
Bina Önem Katsayısı	*1.4*		Betonun Elastisite Modülü, E_{c3}	*25.5 GPa*		Hareketli Yük Katılım Katsayısı	*0.60*

Şekil 5'te görülen kalıp planında 1. kattaki kolonlar 0.30m×0.60m ve 0.80m×0.25m kesitindedir. Üst katlara doğru çıktıkça, 0.30m×0.60m kesitindeki kolonlar, 2. katta 0.30m×0.50m ve diğer katlarda 0.30m×0.40m boyutlarına ve 0.80m×0.25m kesitindeki kolonlar ise, üst katlara doğru 0.10m azalarak 0.40m×0.25m kesitine düşmektedir. Kirişlerin kesitleri ise, 0.30m/0.60m ve 0.25m/0.60m'dir.



Şekil 5. Mevcut binaya ait kalıp planı

4. ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Yapılan sayısal çözümlerin değerlendirilmesi sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Tasarım depremine göre, binanın uzun kenarı doğrultusunda yapılan artımsal eşdeğer deprem yükü ile itme analizi sonucunda, ikinci kattaki kirişlerin yaklaşık %30'u belirgin hasar bölgesine eriştiği için *Hemen Kullanım* performans seviyesi sağlanamamaktadır. Kısa doğrultuda ise, tasarım depreminde amaçlanan performans hedefi sağlanmaktadır. Fakat bu analizlerde ilgili doğrultudaki kütle katılım oranı şartı sağlamamaktadır (her iki yönde de kütle katılım oranı 0.60'dır.). Bu durum binanın devrem davranışında birinci mod yanında daha ileri modların da etkisinin belirli ölçüde bulunduğuna işaret etmektedir.

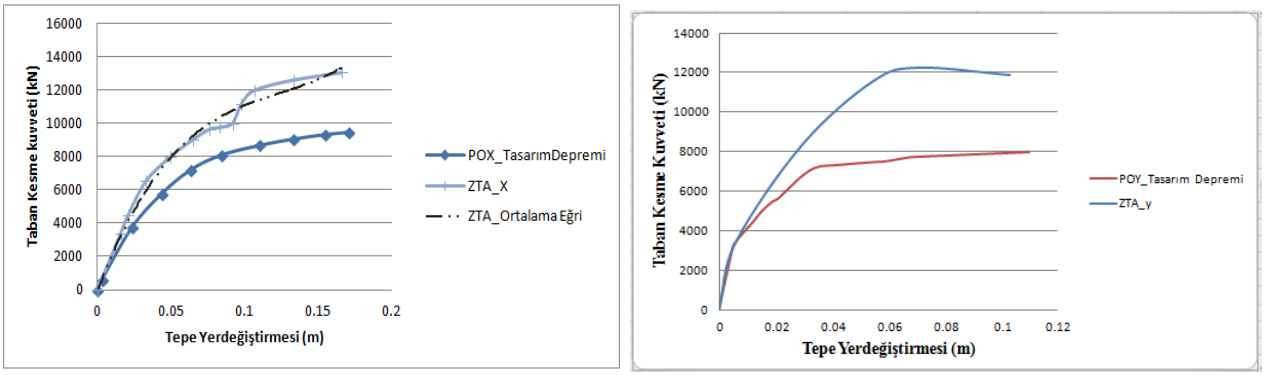
- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılarak yapılan dinamik analiz sonuçlarına göre, tasarım depreminde okul türü binalarda hedeflenen hemen kullanım performans seviyesini sağlamamaktadır. Kolon kesitleri üst katlara doğru azaldığı için, üst katların yatay yük taşıma kapasitesi önemli miktarda azalmaktadır ve üst katlara doğru çıktıkça kolonlarda meydana gelmesi beklenen elastik ötesi şekil değiştirmeler (kontrollü hasar) artmakta ve bu katlarda, öncelikle kolonlarda mafsal oluşarak katlar mekanizma durumuna erişmektedir. Bu durum AY-1975'de kirişlere göre güçlü kolon kontrolünün bulunmamasına bağlanabilir.

- En büyük depreme göre yapılan analizlerde ise, performans noktası bulunamamaktadır, yani deprem talebi taşıyıcı sistem kapasitesi tarafından karşılanamamaktadır ve bütün durumlarda ele alınan bina göçme seviyesine erişmektedir.

- Yapılan analizler sonucu, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak elde edilen taban kesme kuvveti ve yerdeğiştirme değişimi, artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi sonucu elde edilen değerlerden yaklaşık %30 daha fazladır.

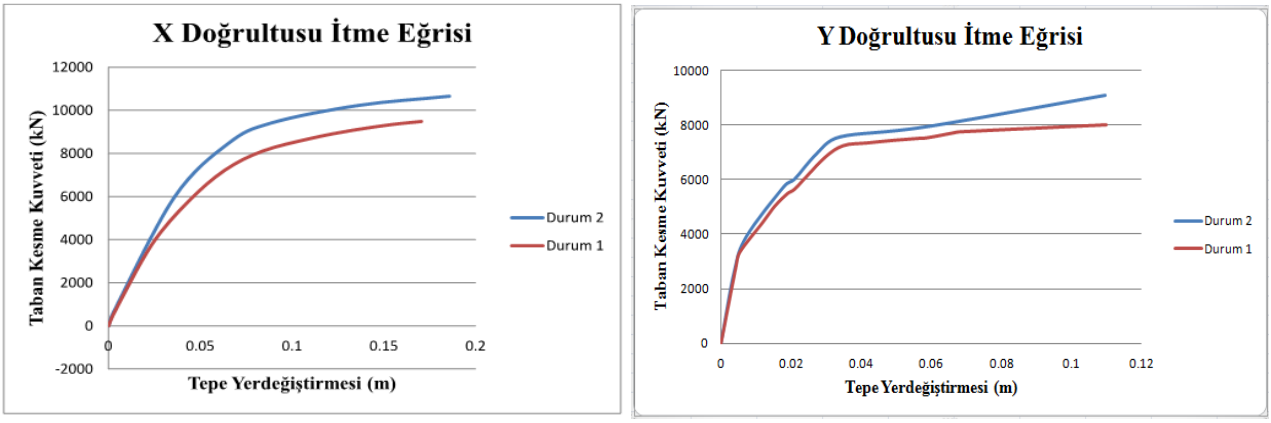
- Elde edilen sonuçlara göre, zaman tanım alanı çözümünde sistemin kapasitesinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu farklılık statik itme analizinde eşdeğer deprem kuvvetlerinin bir modun göz önüne alınarak uygulanmasına bağlanabilir. Zaman tanım alanı çözümünde ise yerdeğiştirmeler sistemin atalet kuvvetleri altında ortaya çıkmaktadır. Yüksek modların etkilerinin daha çok üst katlarda etkili olduğu ve belirli ölçüde birbirini dengeleyebilecek ve düşük taban kesme kuvveti oluşturacak biçimde ortaya çıktığı da hatırlanmalıdır.

- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak yapılan dinamik analizde, deprem kaydı çeşitli katsayılarla değiştirilerek çözüm elde edilmiştir. Tasarım depremine göre yapılan çözüm sonucu elde edilen tepe yerdeğiştirmesi ve taban kesme kuvveti, statik itme eğrisine benzer bir eksen takımında gösterilmiştir (Şekil 6). Burada POX, x doğrultusunda tasarım depremi göz önüne alınarak elde edilen itme eğrisi, ZTA_X ise o doğrultuda zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak elde edilen eğriyi gösterilmiştir. Ayrıca, dinamik analiz sonrasında elde edilen eğrinin ortalaması gösterilmiştir. Bu eğrilerin karşılaştırılması durumunda, zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak yapılan çözümünde depremin talebi, statik yöntemden elde edilen talepten daha büyüktür. Benzer şekilde y doğrultusundaki dinamik analiz sonucu elde edilen eğri ile ilgili yöndeki statik analiz sonucunda elde edilen eğrinin karşılaştırılması Şekil 6'da gösterilmiştir.



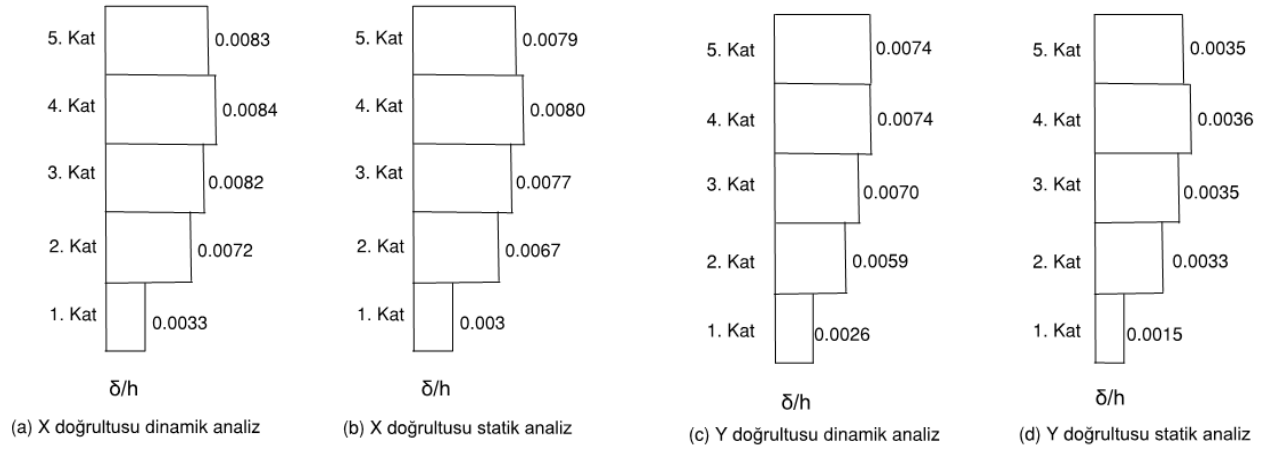
Şekil 6. Statik itme analizi sonucu elde edilen eğri ile, dinamik analizler sonucu elde edilen değerlerin ortalaması olarak çizilen eğrinin karşılaştırılması

- Okul binası gibi bina önem katsayısı yüksek olan ve kat adedi çok fazla olmayan bu tür binalarda düşey taşıyıcı eleman kesitlerinin sabit kalması durumunda, performans seviyeleri birkaç bölgesel hasar dışında yönetmelikte öngörülen performans hedefini sağlamaktadır. Çok küçük farkların bulunduğu bu iki durumda, deprem davranışı açısından önemli derecede süneklik farkı oluşmaktadır. Ayrıca, binanın kuvvet ve yerdeğiştirme kapasitesinin yaklaşık %10 arttığı gözlenmiştir. Şekil 7'de her iki durum için yapılan analiz sonrasında elde edilen x ve y doğrultusuna ait itme eğrileri gösterilmiştir. Durum 1'de x doğrultusunda tasarım depremi için yerdeğiştirme talebi 11.5 cm iken, Durum 2'de 12.2 cm'dir. Y doğrultusunda ise, sırasıyla 6.3 cm ve 7.4 cm'dir.



Şekil 7. Yapının mevcut durumu (Durum 1) ile kolon kesitlerinin sabit olduğu duruma (Durum 2) ait taban kesme kuvveti – tepe yerdeğiştirmesi ilişkisi

- Dinamik ve statik analizler sonucu elde edilen göreli kat ötelenmesi oranları (δ/h), Şekil 8'de gösterilmiştir. Bu okul binasının x doğrultusundaki yerdeğiştirme kapasitesi y doğrultusuna göre daha fazladır. Ayrıca, dinamik analizler sonucu elde edilen deplasman talepleri statik analiz sonuçlarına göre daha büyüktür.

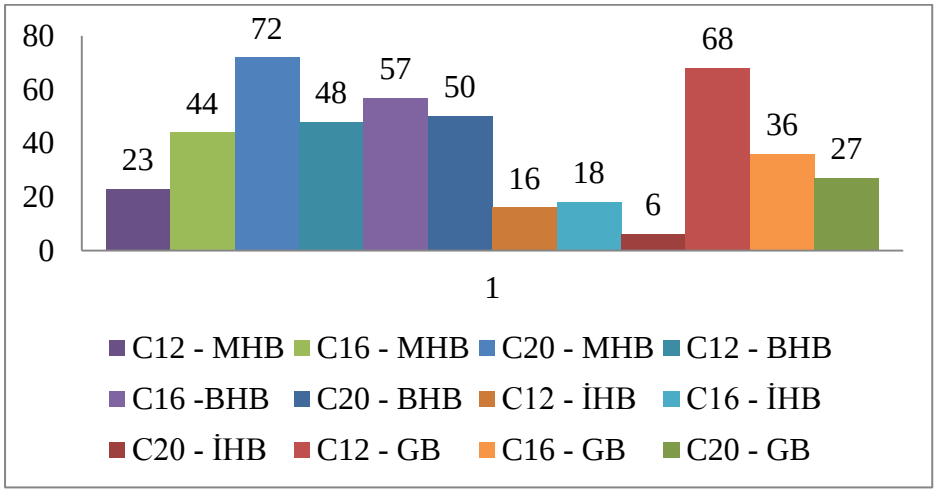


Şekil 8. X ve y doğrultularında dinamik ve statik analizler sonucunda hesaplanan göreli kat ötelenme oranları

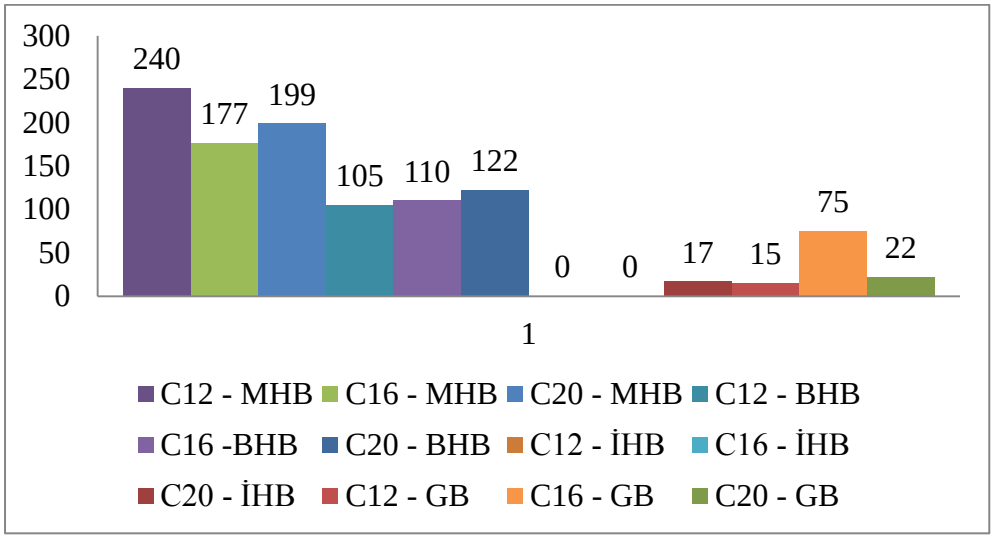
- Kapasite eğrileri değerlendirildiğinde, beton dayanımı azaldıkça, binanın daha kolay şekil değiştirdiği görülür. Bunun sonucu olarak belirli bir depremde performans noktasının daha büyük elastik ötesi hasar sonucu ortaya çıkacaktır.

- Projede öngörülen beton dayanımı ile amaçlanan performans seviyeleri sağlanamazken, çeşitli nedenlerden dolayı beton sınıfının beklenenden düşük olması durumunda davranış daha da gevrekleşerek, kapasite kaybına neden olmaktadır.

- Beton sınıfının beklenenden daha az olması sonucu, plastik mafsalların kolonlarda oluşma yüzdesi artmaktadır ve yapı daha düşük yükler altında mekanizma durumuna erişmektedir. Kapasite tasarımı kapsamında hedeflenen "Kirişten güçlü kolon" davranışı sağlanamamaktadır. Beton sınıfı değişimine göre kolonlarda ve kirişlerde oluşan hasar miktarlarının değişimi Şekil 9 ve Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 9. C12 – C16 ve C20 Beton dayanımları için kolonlara ait hasar seviyeleri



Şekil 10. C12 – C16 ve C20 Beton dayanımları için kirişlere ait hasar seviyeleri

KAYNAKLAR

Celep, Z. (2008). Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul,

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 1975.

Ergüven, E., Celep, Z., Erken, A., Özdemir Çağlayan, P., Taşkın, B., Yazgan, U., Sezen, A., Oyguç, R., Mert Tuğsal, Ü., İstanbul Teknik Üniversitesi-23 Ekim 2011 M7.1 Tabanlı – Van Depremi Raporu.

Keskin, İ. (2013). Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen taşıyıcı sistem güvenlik düzeyi konusunda karşılaştırmalı sayısal inceleme. Yüksek Lisans Tezi, Deprem Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

TS500, (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, SAP2000 v. 14.0.0. Computers and Structures Inc., Berkeley, USA,

SAP2000 Section Designer. Computers and Structures Inc., Berkeley, USA,

SEISMOMATCH v. 2.0.0. Seismo Soft, Pavia,Italy.