

MEVCUT PERDELİ BETONARME BİR YAPININ DOĞRUSAL OLMAYAN YÖNTEMLE DEPREM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Özlem ÇAVDAR¹, Ender BAYRAKTAR¹, Ahmet ÇAVDAR¹

Gümüşhane Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 29000, Gümüşhane, Türkiye

ÖZET

Birçok ülkenin yapı mühendisliği ile ilgili yönetmeliklerinde yer alan deprem hareketi ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri Ülkemiz yönetmeliğinde de önemli bir yer teşkil etmektedir. Özellikle bir önceki deprem yönetmeliğine oranla çok ciddi bir disiplinle konuyu ele alan 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) ile ülkemizdeki yapı güvenliğinin artacağı umut edilmektedir. Deprem mühendisliğinde performansa dayalı tasarım yöntemi, deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans düzeyinin belirlenmesi için kullanılır.

Bu çalışmada mevcut perdeli betonarme bir binanın deprem yönetmeliğinde tanımlı doğrusal olmayan analiz yöntemi ile performansı belirlenmiştir. Çalışmaya konu olan bina Gümüşhane ilinde yer almaktadır. Betonarme perdeli binanın performans analizinde zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz için üç farklı deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Bunlar; Adana Ceyhan 1998, Bingöl 2003 ve Van 2011 deprem ivme kayıtlarıdır.

Seçilen depremlere göre betonarme binanın performans seviyesinin ise göçme durumu olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem İvme Kayıtları, Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz, Perdeli Yapılar, Performans Analizi.

DETERMINATION OF EARTHQUAKE PERFORMANCE OF EXISTING A REINFORCED CONCRETE SHEAR WALL STRUCTURE WITH NONLINEAR METHOD

ABSTRACT

The earthquake movement and earthquake resistant structural design principles taking places on regulations of structural engineering of many countries are constitutes an important place in the regulation in Our Country. It is expected in Our Country that the structural reliability increases especially with “Specification for Structures to be built in Earthquake Areas-2007 (SSBEA-2007)” that goes in to operation in 2007 and tackles the matter very seriously compared to the previous earthquake regulations. In earthquake engineering, Performance-based design method is used to determine the level of expected performance of the structure under earthquake.

In this study, the performance of the existing a reinforced concrete shear wall building is determined by non-linear analysis method defined in Seismic Code. The building that are subject of this study is located in Gümüşhane. Three different earthquake acceleration records are used for nonlinear dynamic time history analysis in performance analysis of reinforced concrete shear wall building. These are Adana Ceyhan, 1998, Bingöl 2003, and Van 2011 earthquake acceleration records.

As a result of the analysis for the selected earthquakes, performance level of reinforced concrete shear wall is determined as collapsed.

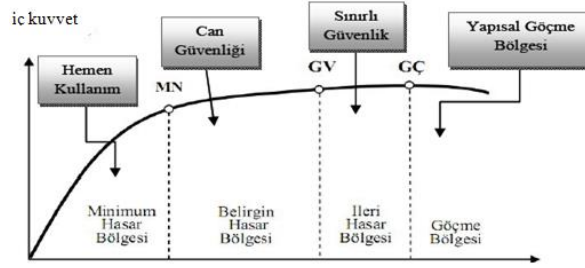
Keywords: Earthquake Acceleration Records, Nonlinear Time History Analysis, Shear Wall Structures, Performance Analysis.

1.GİRİŞ

Yapı sistemlerinin performans analizi son yıllarda oldukça önem kazanmış ve yaygınlaşmıştır. Son dönemde yıkıcı etkisi yüksek depremlerin gerek ülkemizde gerek dünyanın çeşitli bölgelerinde yaygınlaşması depreme dayanıklı yapı tasarımının önemini anlaşılmasını sağlamış ve farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bahsi geçen farklı yöntemlerin özü performans tasarımıdır ki bu tasarım da temelde doğrusal ve doğrusal olmayan olarak ikiye ayrılmaktadır.

Performansa dayalı tasarım temelde üç parametreden oluşmaktadır. Bunlar kapasite, talep ve performanstır. Kapasite; binanın taşıyıcı sistemi, malzemesi, kesit geometrisi vb. unsurların bir bileşkesi olarak düşünülebilir. Binanın yatay yer değiştirebilme kapasitesi (süneklik) ve yatay yük taşıma kapasitesi (rijitlik) genel anlamda kapasite olarak tanımlanır (Celep 2004). Talep; sismik hareketlerin yapıdan karşılanmasını istediği yer değiştirme ve kesit tesirleri olarak tanımlanabilir. Performans ise yapının kapasitesinin sismik talepleri hangi oranda karşılayabileceği ile ilgilidir.

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Celep, 2008). Kesit hasar sınırları ve bu hasar sınırları içerisinde kalan hasar bölgeleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Şekil değiştirme-iç kuvvet grafiği (DBYBHY 2007; Özer, 2007).

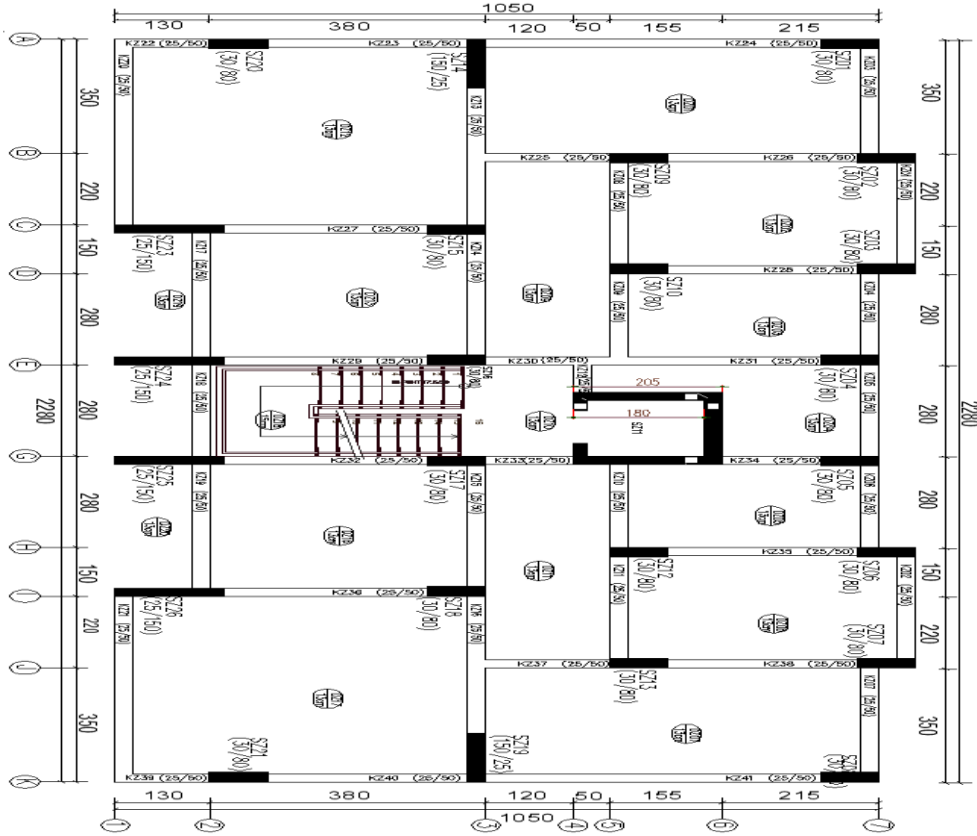
Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin iki temel parametresi istem (talep) ve kapasitedir. İstem, yapıya etkileyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir. Mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesi için uygulanan yöntemler dayanım bazlı doğrusal elastik hesap yöntemleri ile şekil değiştirme ve yer değiştirme bazlı doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleridir (Çavdar, 2013).

DBYBHY (2007)'ye göre mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesi amacıyla, uygulanan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri için öngörülen genel ilke ve kurallar açıklanmaktadır. Bu çalışmada hesap yöntemleri ile deprem performansının belirlenmesi hakkında detaylı bilgi ve hesap adımları verilmeyecektir.

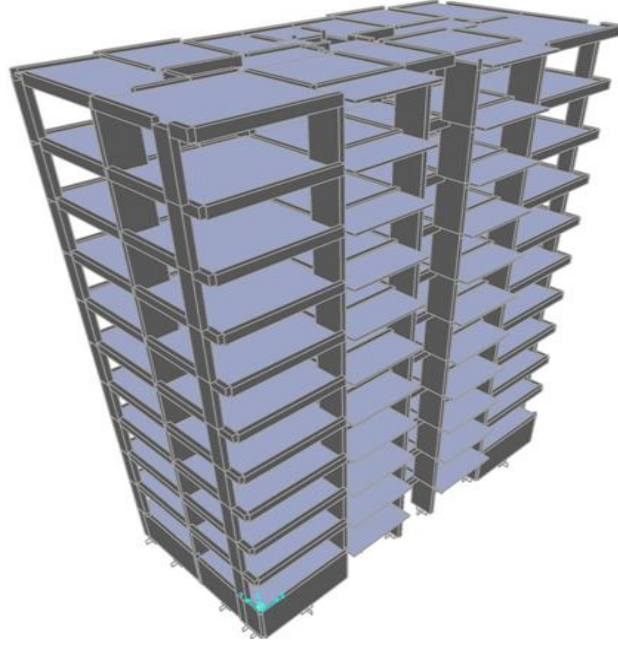
2. SAYISAL UYGULAMA

Gümüşhane il merkezinde 2013 yılında hizmete giren bina bodrum+10 kattan oluşmaktadır. İncelene yapının planı, x doğrultusunda 22,8 m, y doğrultusunda 11 m uzunluğundadır. Bodrum dahil yapı toplam yüksekliği 30,8 m'dir. Yapıda x doğrultusunda ön cephede 5 arka cephede 7 açıklık vardır. Y doğrultusunda ise 3 açıklık vardır. Kat yükseklikleri bodrum, zemin ve normal katlarda 2,8 m'dir. Taşıyıcı sistemi çerçeve-perde sistemidir. Beton

sınıfı olarak C25, donatı çeliği olarak da S420 kullanılmıştır. Yapının bodrum kat çevresinin tamamı rijit bodrum perdeleri üst katlarda devam etmediğinden DBYBHY (2007)'de belirtildiği üzere alt ve üst uçlarında plastik mafsal atanmamıştır. Gümüşhane il merkezinde olması nedeniyle 3. Derece deprem bölgesindedir. Ancak Gümüşhane'nin il merkezi ile özellikle güneyindeki ilçelerinin deprem bölgeleri arasında ciddi farklar vardır. Örneğin Köse ilçesi 2. Derece deprem bölgesi iken Kelkit ve Şiran ilçeleri 1. Derece deprem bölgesindedir. Gümüşhane il sınırları içerisinde farklı deprem bölgelerinin olduğu açıktır. Bu durum Gümüşhane ili içerisinde farklı fay hatlarının olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple binanın 1. Derece deprem bölgesinde olduğu kabul edilmiştir. Bina ölü ağırlığı haricinde sabit yük olarak $1,5 \text{ kN/m}^2$, hareketli yük olarak 2 kN/m^2 döşemelere atanmıştır (TS 498, TS 500). Tüm döşemeler çift doğrultuda çalıştığından, SAP 2000'de ilgili komut ile döşemede tanımlı yüklerin çevresindeki mesnetli kirişlere aktarılması sağlanmıştır.



Şekil 2. Betonarme perdeli binanın normal kat planı



Şekil 3. Betonarme perdeli binanın 3D sonlu eleman modeli

Betonarme perdeli binanın taşıyıcı sistemi SAP 2000 programında oluşturulduktan sonra kiriş, kolon ve perde elemanlara ait kesit geometri özellikleri ve donatı detayları girilmiştir. Çalışılan binaya ait 30/80 cm ebatlarındaki kolon ile 25/50 cm ebatlarındaki kiriş en kesitleri ve donatı detayları Şekil 4’te verilmiştir. Diğer elemanların boyut ve donatılarına ilişkin detaylar ilgili kaynakta verilmiştir (Bayraktar, 2012).



a) 30/80 cm kolon en kesiti

b) 25/50 cm kiriş en kesiti

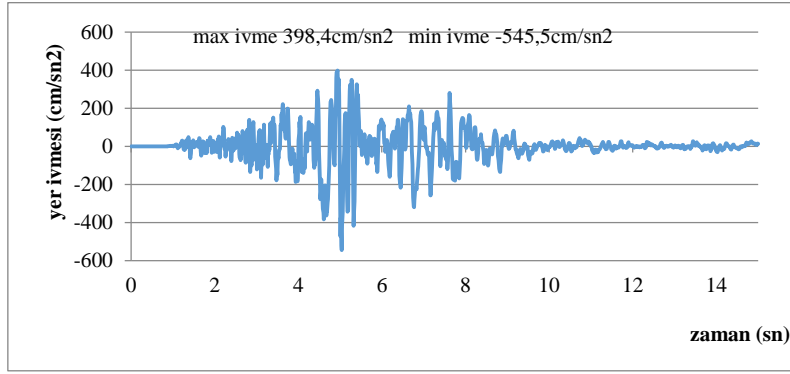
Şekil 4. Binaya ait elemanların SAP 2000 yerel eksenlerine göre en kesitleri

3. ANALİZLERDE KULLANILAN DEPREM İVME KAYITLARI

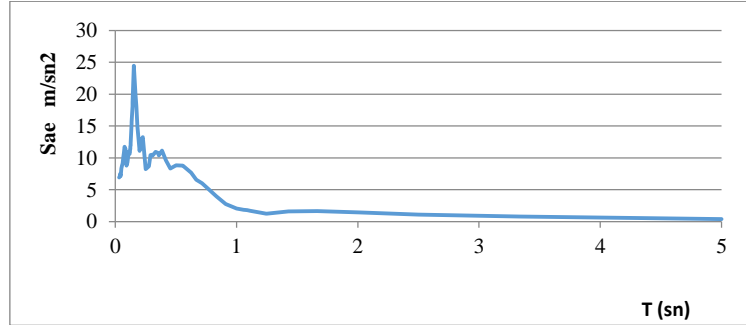
Tablo 1’de doğrusal olmayan dinamik analizde kullanılan deprem ivme kayıtlarına ait özellikler sunulmuştur. Analiz süresinin kısa sürmesi adına deprem ivme kayıtlarının sadece en yüksek yer ivmesi değerini (maksimum veya minimum) verdiği aralık dikkate alınmıştır. Böylece çok düşük değerler veren depremin başlangıç ve bitiş süresine ait yer ivme değerleri analize dahil edilmemiştir. Maksimum yer ivmesi değeri ve maksimum yer ivmesi değerine en yakın değerlerin dahil edildiği kayıtlar 15 saniyeden kısa olmamak koşulu ile oluşturulmuştur. Üç depreme ait spektral ivme periyot grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 5-10).

Tablo 1. Analizlerde kullanılan deprem ivme kayıtlarına ait parametreler

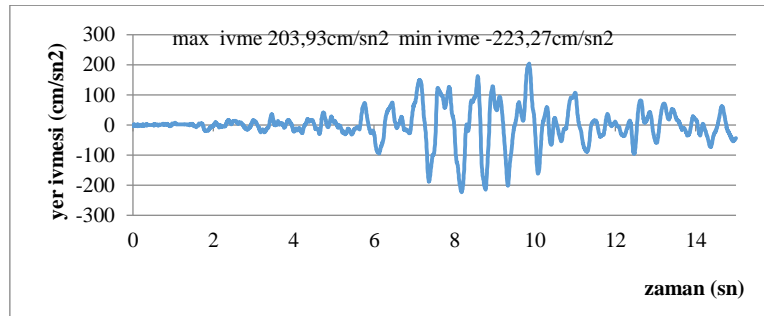
Vilayet	Ölçüm istasyonu	Tarih	Derinlik (km)	Büyüklik	N-S Bileşini PGA (Gal)
Bingöl	Bingöl Merkez Bay.ve İskan Müd.	01.05.2003	6	6.1 Md	545.532
Adana Ceyhan	Adana Ceyhan Tarım İlçe Müd.	1998	-	5.9 Ml	223.276
Van	Van Merkez Bay.ve İskan Müd.	09.11.2011	6.09	5.6 Ml	148.077



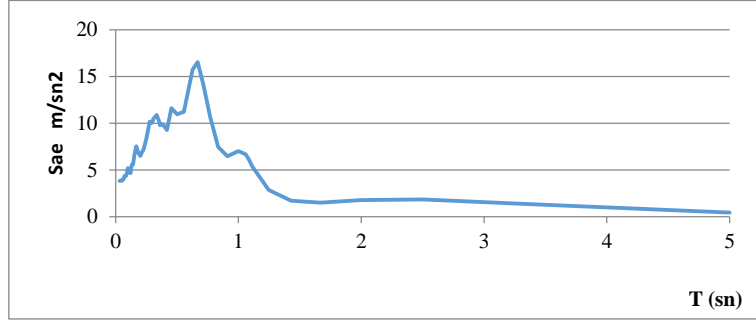
Şekil 5. Bingöl depremi kısaltılmış yer ivmesi-zaman grafiği kaydı



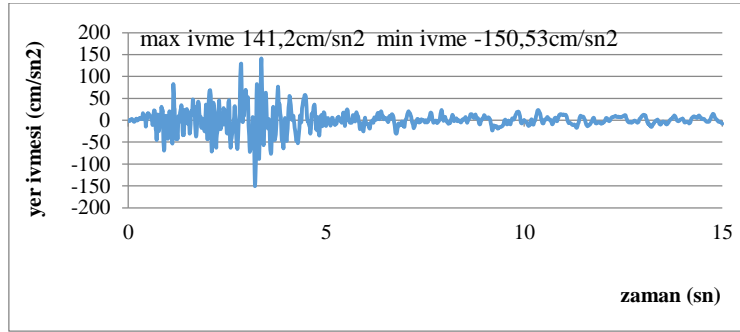
Şekil 6. Bingöl depremi spektral ivme-periyot grafiği



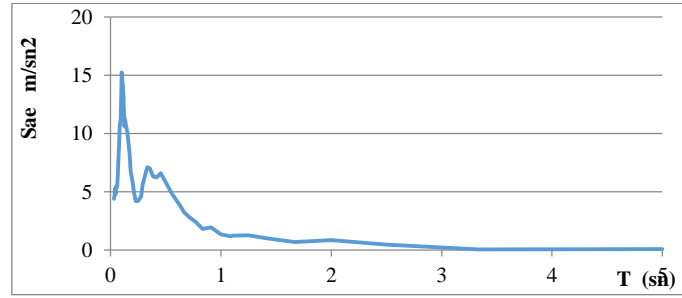
Şekil 7. Adana depremi kısaltılmış yer ivmesi-zaman grafiği kaydı



Şekil 8. Adana depremi spektral ivme-periyot grafiği



Şekil 9. Van depremi kısaltılmış yer ivmesi-zaman grafiği kaydı



Şekil 10. Van depremi spektral ivme-periyot grafiği

4. PERFORMANS ANALİZİNİN BELİRLENMESİ İÇİN KULLANILACAK DEPREMİN BELİRLENMESİ

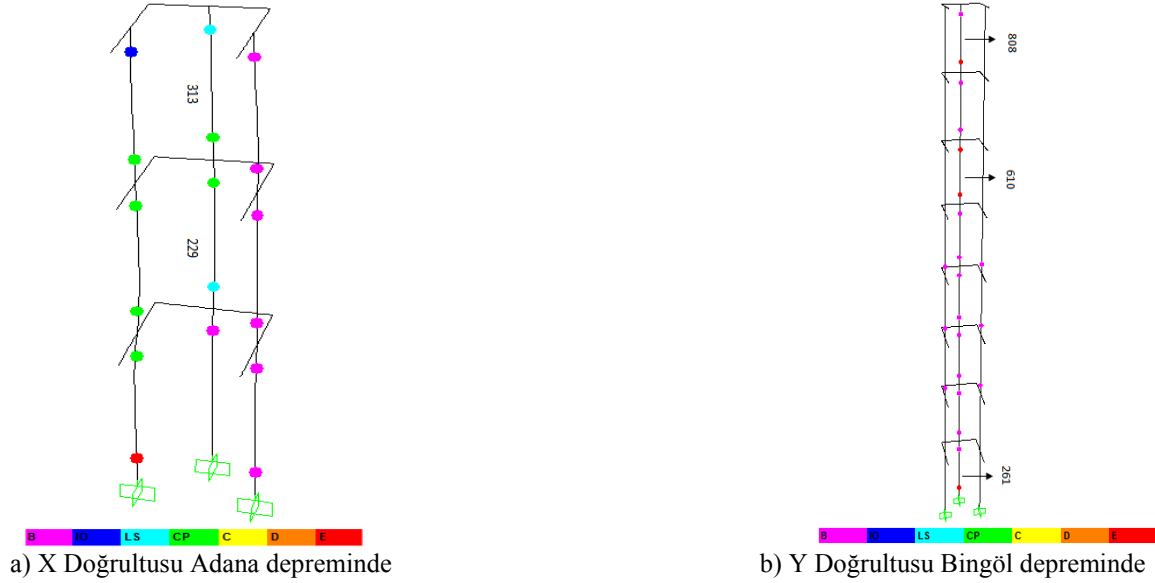
Yönetmeliğimiz gereği üç deprem kaydı kullanıldığında maksimum taban kesme kuvvetini veren analiz dikkate alınır. Tablo 2'de Gümüşhane ilinde yer alan bina için yapılan 3 farklı deprem ivme kaydına ait doğrusal olmayan analiz sonucu bulunmuş taban kesme kuvvetleri verilmiştir. Taban kesme kuvvetleri depremin binadan talep ettiği kesit tesirleridir. Bu kesit tesirleri yapı ağırlıkları ile kıyaslanarak yapıdan en büyük talebi isteyen deprem belirlenmiştir.

Tablo 2. İncelenen yapı için dikkate alınacak deprem analizinin belirlenmesi

Doğrultu	Deprem	Yapı ağırlığı (kN)	İstem (kN)	İstem/Ağırlık
X	Adana	25952	4730	0,182
	Bingöl	25952	3995	0,154
	Van	25952	2332	0,090
Y	Adana	25952	4869	0,188
	Bingöl	25952	4985	0,192
	Van	25952	2778	0,107

İncelenen binanın doğrusal olmayan dinamik analiz ile performansının belirlenmesinde Tablo 2 incelendiğinde, x doğrultusu için Adana depremi, y doğrultusu için Bingöl depremi dikkate alınacaktır.

X doğrultusu için yapılan analizde asansör kovanını oluşturan 5 adet perde elemanın göçme bölgesinde olduğu belirlenmiştir. Bir adet kiriş belirgin hasar bölgesinde bir perde de ileri hasar bölgesindedir. Göçme bölgesindeki perdelerin üç tanesi x doğrultusu için zayıf yön olarak çalışan yöndedir. X doğrultusu için güçlü yönde çalışan iki perdenin (1. Kat ve 2. kat) gevrek olarak kırıldığı belirlenmiştir ve Şekil 11'de sunulmuştur. Ancak x doğrultusu için zayıf yönde çalışan perdelerde gevrek kırılma durumu söz konusu değildir. Eğer göçme bölgesine geçen tüm perde elemanlar gevrek kırılmaya maruz kalsalardı, güçlendirilecekleri belirtilmek şartıyla can güvenliği performans düzeyinde olacağı söylenebilirdi. Diğer tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Yönetmeliğimiz gereği hiçbir kolon ya da perdenin göçme bölgesine geçmesine müsaade edilmediğinden göçme durumu performans seviyesi belirlenmiştir.



Şekil 11. Göçme bölgesine geçen perde elemanlar

Tablo 3. X doğrultusu Adana depreminde gevrek kırılan perde elemanların belirlenmesi

Eleman no	Kesit ismi	Max kesme (Vd)	Min kesme (Vd)	Vr	Koşul: Vd<Vr
229	AP 220/25	425 kN	-1919 kN	1441 kN	Gevrek kırılma
313	AP 220/25	1904 kN	-1366 kN	1441 kN	Gevrek kırılma

Y doğrultusu için yapılan analizde asansör kovanını oluşturan 3 adet perde elemanın göçme bölgesinde olduğu belirlenmiştir ve Şekil 11'de sunulmuştur. Diğer tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Göçme

bölgesindeki perdelerin tamamı y doğrultusu için zayıf yön olarak belirlenen yöndedir. Göçme bölgesindeki perde elemanların gevrek olarak kırılmadığı belirlenmiştir. Eğer gevrek kırılıyorsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirileceği belirtilmek üzere can güvenliği performans düzeyi olduğu söylenebilirdi. Yönetmeliğimiz gereği hiçbir kolon ya da perdenin göçme bölgesine geçmesine müsaade edilmediğinden göçme durumu performans seviyesi belirlenmiştir.

Tablo 4’de bahsi geçen perde elemanların, Bingöl deprem ivme kaydı y doğrultusu analizi süresince depremin talep ettiği maksimum ve minimum kesme kuvvetleri belirlenmiştir. Elemanların kesme kuvveti taşıma kapasiteleri ile kıyaslanarak kırılma türüne karar verilmiştir.

Tablo 4. Y doğrultusu Bingöl depreminde perde elemanların kırılma türlerinin belirlenmesi

Eleman no	Kesit ismi	Max kesme (Vd)	Min kesme (Vd)	Vr	Koşul: Vd<Vr
261	AP 220/25	5,92 kN	-6,67 kN	840 kN	Eğilme kırılması
610	AP 220/25	12,91 kN	-6,99 kN	840 kN	Eğilme kırılması
808	AP 220/25	14,45 kN	-8,22 kN	840 kN	Eğilme kırılması

X doğrultusu depreminde, x doğrultusunda güçlü yönde çalışan birinci kattaki ve ikinci kattaki iki adet perdenin gevrek kırılmasının sebebi o yönde başka perde olmamasıdır. Perdeler atalet (eylemsizlik) momentleri dolayısı ile güçlü yönlerinde çok ciddi kesme kuvvetine maruz kalırlar. Örneğin y doğrultusu depreminde y doğrultusu için güçlü yönde çalışan perdelerden hiçbiri gevrek kırılmaya maruz kalmamıştır. Çünkü y yönünde güçlü çalışan iki adet perdenin olması ile kesme kuvvetleri paylaşılmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Performansa dayalı deprem mühendisliğinde amaç, sismik talepleri belirlenebilen güvenli yapıların projelendirilmesi ve inşa edilmesini sağlamaktır. Deprem mühendisliğinde performansa dayalı tasarım yöntemi, deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans seviyesinin belirlenmesi için kullanılır. Bu amaçla farklı hesap yöntemleri geliştirilmiş olup en güvenilir hesap yöntemlerinin doğrusal olmayan hesap yöntemleri olduğu bilim çevrelerince kabul görmüştür. Mevcut hesap yöntemlerinin güvenilirliği hala incelenmektedir. Çalışmadan çıkarılabilecek sonuçlar;

Çalışılan bina modeli genel anlamda düzenli bir binadır. Ancak yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçlarına göre göçme durumu performans seviyesindedir. Bu duruma neden olan ise zemin kat, 1. Kat ve 2. Kattaki perde elemanların göçme bölgesine geçmeleridir. Yönetmelikte hiçbir kolon ve perdenin göçme bölgesine geçmesine izin verilmemektedir.

Betonarme binada asansör perdelerinin yerleşimi yatay rijitlik dağılımını olumsuz etkilemiştir. Perde yerleşiminin rijitlik merkezini kütle merkezinden uzaklaştıracak şekilde tasarlanması burulma etkilerini meydana getirecektir. Burulma etkisindeki yüksek yapılar daha az kat adedi olan binalara nazaran daha tehlikeli sonuçlar doğurur. Burulma momenti, burulma oluşturan perde eleman üzerinde eğilme etkisi yapar ve bu etki deprem eğilme etkisi ile birleşince taşıma gücünün üzerinde kesit tesirleri doğar.

Binada x doğrultusu için güçlü yönde çalışan iki adet perdenin gevrek kırıldığı belirlenmiştir. Ancak y doğrultusunda gevrek kırılma durumu söz konusu değildir. Bunun sebebi ise y doğrultusu güçlü yönde iki adet perde eleman varken, x doğrultusu güçlü yönde bir adet perde eleman vardır. Perde elemanlar güçlü yönlerinde kat kesme kuvvetinin büyük kısmını karşılamaktadır. Dolayısı ile y doğrultusunda iki adet perdenin olması perdeler gelecekte kesme kuvvetinin paylaşılması ve gevrek kırılma riskinin azalması anlamına gelmektedir. Asansör perdesi yerleşiminde dikkat edilmeyen yatay rijitlik dağılımı deprem hareketi esnasında ciddi sorunlar teşkil etmektedir.

Gümüşhane il merkezinde olması dolayısı ile 3. Derece deprem bölesine göre tasarımları yapılmıştır. Ancak bu çalışmada Gümüşhane'ye bağlı birçok ilçenin 2. Derece ve 1. Derece deprem bölgesinde olması nedeniyle 1. Derece deprem bölgesinde olduğu kabul edilerek analizler yapılmıştır. Eğer analizler tasarımda olduğu gibi 3. Derece deprem bölgesinde olduğu kabul edilerek yapılsaydı daha olumlu performans sonuçlarına ulaşılması beklenebilirdi.

KAYNAKLAR

- Bayraktar, E. 2012. Mevcut Perdeli Betonarme Yapıların Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Deprem Performansının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane.
- Celep, Z., Kumbasar N., 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul, 596s.
- Celep Z., 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Kavramları Davranışı ve Çözümleme/Deprem Yönetmeliği (2007) Kavramları, Beta Yayınları; İstanbul, 2. Baskı, 227s.
- Çavdar, Ö., Bayraktar, A. 2013. Pushover and nonlinear time history analysis evaluation of a RC building collapsed during the Van (Turkey) earthquake on October 23, 2011, Natural Hazards, Vol.70, No.1, 657-673.
- DBYBHY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Ankara, 159 s.
- Özer, E., 2007. Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme. Ders notları, 14 s. <http://www.ins.itu.edu.tr/eozer>, (Erişim tarihi: 20.05.2012).
- SAP 2000 Advanced 14.2.4, 2009. Structural Ananlysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- Türk Standardı TS-498, 1997. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Standardı TS-500, 2000. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.