

Betonarme binalardaki perde duvar miktarının bina performansına etkisi

Gökhan Barış Sakcalı¹, Hamide Tekeli², Fuat Demir³

26.11.2015 Geliş/Received, 21.11.2016 Kabul/Accepted

doi: <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.296998>

ÖZ

Bu çalışmada perde duvarların bina performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmada sekiz katlı betonarme bir binanın perde duvarlı ve perde duvarsız modelleri oluşturularak çözümlenmeleri yapılmıştır. Model binaların doğrusal elastik olmayan çözüm yöntemi kullanılarak performans seviyeleri belirlenmiştir. Çalışmada, perde duvar alanının kat alanına oranı farklı kolon boyutları ve perde duvar yerleşimleri için incelenmiştir. Model binalar için kapasite eğrileri ve perde duvarlarında meydana gelen kesme kuvveti ve moment grafikleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar şekil ve tablolarla karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: betonarme bina, performans, perde duvar, doğrusal elastik olmayan yöntem

The effects of shear wall amount on building performance in RC buildings

ABSTRACT

In this study, effects of shear walls on RC building performance are investigated. For this purpose, eight stories buildings with/without shear wall are modeled and analyzed. The performance levels of model buildings are determined by using nonlinear method. The ratios of shear walls total area to building area were investigated for different column dimensions and shear wall configuration. Capacity curves of the model buildings and shear force and moment graphics of shear walls are obtained. The obtained results are given in figures and tables comparatively.

Keywords: RC building, performance, shear wall, nonlinear analysis

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Mimarlık Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Bursa-gokhan.sakcali@btu.edu.tr

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü - hamidetekeli@gmail.com

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü - fuatdemir@sdu.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ulusal ve Uluslararası birçok deprem yönetmeliği, şiddetli depremler altında yapının elastik ötesi davranacağı varsayımını göz önüne alarak hazırlanmıştır. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, elastik sınırlar ötesinde deformasyon olacağı varsayıldığından, şiddetli depremlerde büyük yer değiştirmeler oluşmaktadır. Yatay ötelenme rijitliği küçük olan bir yapıda, ikinci mertbe momentlerinin de etkili olmasıyla yapıda ilave hasarlar oluşacaktır. Hem yeterli rijitliği sağlamak hem de ikinci mertbe etkilerinin oluşmasını önlemek amacıyla 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) [1], görelî kat ötelemelerine sınırlamalar getirmiştir.

Binaya etki eden yatay yükler etkisinde kat yer değiştirmelerinin sınırlandırılması ile birlikte ikinci mertbe momentlerini azaltmak için perdelerin kullanılması oldukça etkili olmaktadır [2-3]. Yön ve Şahin [4], farklı zemin sınıfları için binaya yerleştirilmesi gereken perde duvar miktarını görelî kat ötelemeleri açısından incelemiştir. Çalışmada perde duvar oranının, binanın yapılacağı zeminin de dikkate alınarak belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ancak burada perde duvarların bina planındaki yerleşimi de oldukça önemlidir. Bu konuda yapılan çalışmalar [5-7] perdelerin bina planında burulma stabilitesine sahip, rijitlikleri simetrik ve temelde devrilmeye karşı yeterli güvenlikte olacak şekilde yerleştirilmesinin uygun olduğunu göstermiştir. Buna benzer olarak T, L ve kare şeklinde farklı geometriye sahip binalarda perde duvar yerleşiminin yapısal davranış üzerine etkileri de bazı çalışmalar [8, 9] tarafından ortaya konulmuştur.

Yatay yüklerin taşınmasında etkili olarak kullanılan perdeler, çerçeve sistemiyle birlikte kullanıldığında, deprem veya rüzgar etkisiyle oluşan yatay yüklerin tamamına yakını karşılarlar. Bu nedenle binanın yatay yük taşıma kapasitesinde artışa neden olurlar. Perde duvarlı betonarme binaların, deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalara kıyasla daha iyi bir davranış sergiledikleri bilinmektedir [10-12]. Literatürdeki bazı çalışmalar, özellikle planda yerleştirilmesi gereken perde duvar oranının belirlenmesi üzerine odaklanmıştır. Atımtay [13], bina planına yerleştirilmesi gereken perde duvar alanını, kat alanı ve kat adedi parametrelerine bağlı olarak tanımlamıştır. Çömlekoğlu [14], Burak ve Çömlekoğlu [15], Günel [16] yaptıkları çalışmalarda, perde duvar oranının, orta katlı binaların dinamik davranışı ve deprem performansı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmaların sonucunda; binalara en az %1 oranında perde duvar yerleştirilmesinin gerekliliği ve perde duvar oranının %1.5 oranını aşması durumunda ise eklenen perde duvarların, bina deprem performanslarına olan etkisinin

oldukça azaldığı vurgulanmıştır. Tekel [17], binalara yerleştirilmesi önerilen %1 oranında perde duvarın DBYBHY [1]'te verilen farklı parametrelere göre genel bir değerlendirmesini yapmıştır.

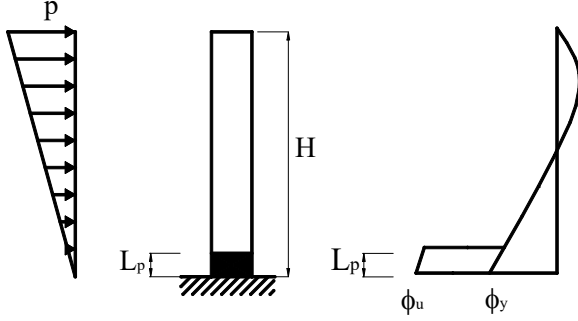
Bu çalışmada, perde duvar miktarının betonarme binaların deprem performansına olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla seçilen sekiz katlı konut türü betonarme sadece çerçevesel ve farklı oranlarda perde duvar yerleştirilerek tasarlanan çerçevesel-perdeli binaların deprem performansları belirlenmiştir. Yapılan çalışmada değişik perde oranları ile bina performansı arasındaki ilişki farklı kolon boyutları için incelenmiştir. Performans değerlendirmesinde doğrusal elastik olmayan yöntem kullanılmıştır.

2. BİNALARIN DEPREM GÜVENLİĞİ (SEISMIC SAFETY OF BUILDINGS)

Bir yapının tasarımı, genel olarak güç tükenmesi durumunda yeterli güvenliğin sağlanması ve kullanım durumunda kararlılık, çatlama ve yer değiştirme için sınırlayıcı şartların sağlanması olarak tanımlanabilir. Yapıda büyük hasarların ve toptan göçmenin önlenmesi, taşıyıcı sistemin yatay yük dayanımının büyük bir kısmını büyük elastik ötesi yer değiştirmelerle devam ettirebilmesi ile mümkündür [18].

Belirli bir deprem etkisi altında, bir binada oluşabilecek hasarların düzeyine ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu performans olarak tanımlanmaktadır. Mevcut binaların deprem performansının belirlenebilmesi için DBYBHY [1], doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerin kullanımını önermektedir. Doğrusal elastik yöntem kuvvet esaslı iken, doğrusal elastik olmayan yöntem şekil değiştirme esaslıdır.

Doğrusal elastik olmayan yöntemde, lineer olmayan malzemenin yapılmış sistemlerde, artan dış yükler altında iç kuvvetler de artarak bazı kesitlerde lineer-elastik sınırı aşmakta ve plastik şekil değiştirmeler meydana gelmektedir. DBYBHY [1]'de, plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı ve bu bölgeler dışında sistemin elastik davrandığı varsayılır. Bu varsayıma "yığılı plastik davranış hipotezi" denilir (Şekil 1).



Şekil 1. Yığılı plastik davranış yaklaşımı (Lumped plastic hinge approach)

Bu hipotez uyarınca kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki plastik şekil değiştirmelerin, iç kuvvetlerin kapasitelerine eriştiği belli bölgelerde düzgün yayılı biçimde meydana geleceği varsayılabilir. Eğilme davranışının hakim olmasından ötürü bu bölge “plastik mafsal boyu” (L_p) olarak adlandırılır. DBYBHY [1]’de verilen esaslara göre plastik mafsal boyu uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)’nin yarısına eşit alınmaktadır ($L_p=0.5h$). Kolon ve kirişlerde plastik mafsal net açıklıklarının uçlarına yerleştirilirken, perdelerde her katta alt ucuna yerleştirilir.

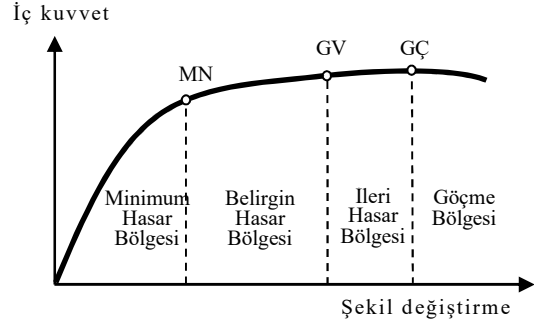
Doğrusal elastik olmayan çözümlemede binanın performans seviyesini belirleyebilmek için, öncelikle binanın hedef yerdeğiştirme istemi hesaplanır. Bina bu tepe yerdeğiştirme istemi seviyesindeki eleman kesitlerine ait belirlenen beton ve donatı şekildeğiştirme değerleri yönetmelikte verilen sınır değerlerle kıyaslanarak elemanın hasar seviyesine karar verilir. DBYBHY [1]’de, plastik şekildeğiştirmelerin hasar seviyesi için izin verilen üst sınırları Denklem (1), (2) ve (3)’teki gibi tanımlanmaktadır.

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 ; (\epsilon_s)_{MN} = 0.01 \quad (1)$$

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 ; (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (2)$$

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 ; (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (3)$$

Bu denklemlerde verilen değerler sırasıyla, beton basınç birim şekildeğiştirmesinin (kısılması) ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmesinin (kısılması ve uzaması) üst sınırlarını temsil etmektedir. Burada MN minimum hasar sınırını, GV güvenlik hasar sınırını, GC göçme hasar sınırını, ρ_s kesitte mevcut olan, ρ_{sm} ise kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranını göstermektedir. Taşıyıcı elemanlarda hesaplanan şekildeğiştirmelerin, sınır değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilmektedir (Şekil 2).

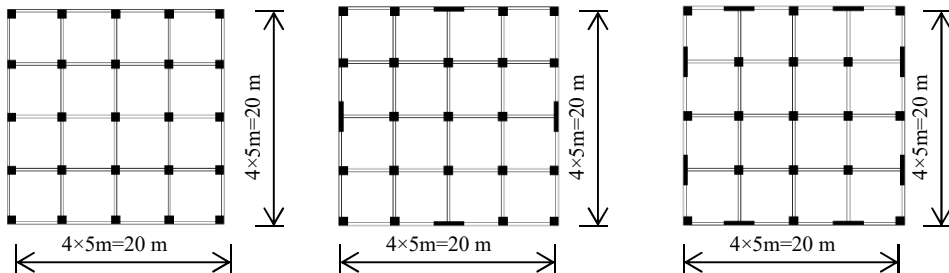


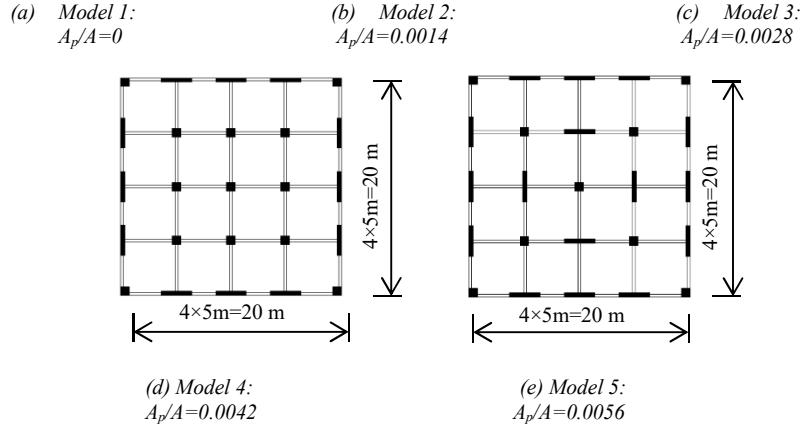
Şekil 2. Eleman hasarının belirlenmesi (Determination of element damage)

Binanın performans seviyesi, tepe yerdeğiştirme istemi seviyesinde taşıyıcı elemanlarda tanımlanan hasar seviyelerine göre belirlenir. Bina bu deprem güvenliğinin yeterli olup olmadığına çözümlemelerden elde edilen performans seviyesinin hedef bina performansı ile kıyaslanması ile karar verilir.

3. MODEL BİNALARIN İNCELENMESİ (INVESTIGATION OF MODEL BUILDINGS)

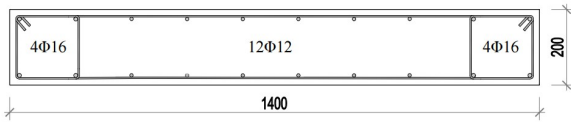
Perde duvar miktarı değişiminin betonarme bina performansına etkisini incelemek amacıyla Şekil 3(a)’da görülen sekiz katlı konut türü betonarme çerçevesel bina model olarak seçilmiştir. Model bina üzerine farklı miktarlarda perde duvar yerleştirilerek perdeli-çerçevesel model binalar oluşturulmuştur (Şekil 3(b)-(e)). Model binadaki perde duvar oranı (A_p/A), kat içerisindeki bir doğrultudaki perde alanının kat alanına oranı olarak elde edilmiştir.





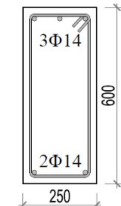
Şekil 3. Betonarme çerçevesel ve perdeli-çerçevesel bina modelleri (RC framed and dual building models)

Perde duvarlar her iki doğrultuda ve simetrik olarak yerleştirilmiştir. Perde duvar oranı, model bina üzerine perde ilave edilerek değiştirilmiştir. Tüm modellerde perde boyutları DBYBHY [1]'de verilen en küçük boyutları sağlayacak şekilde 200×1400 mm olarak dikkate alınmıştır.

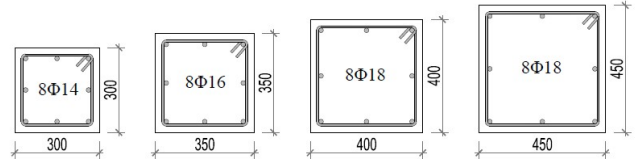


Şekil 4. Perde duvarın kesit özellikleri (Cross section properties of shear wall)

Model binalarda çerçeve açıklığı 5 m, kat yüksekliği ise 3 m olarak seçilmiştir. Kiriş boyutları tüm modellerde aynı ve 250×600 mm'dir (Şekil 5a). Kirişlerdeki mesnet üst donatısı 3Φ14, alt donatısı ise 2Φ14 olarak dikkate alınmıştır. Kolon boyutları kat içerisinde ve tüm katlar boyunca aynı olacak şekilde seçilmiştir. Oluşturulan model bina çözümleri kolon boyutlarının 300×300 mm, 350×350 mm, 400×400 mm, 450×450 mm olması durumları için tekrarlanmıştır. Kolonlara ait donatı oranı %1-1.2 arasında seçilmiştir. Kolonlara ait donatı yerleşim krokisi Şekil 5.b'de gösterilmiştir. Çözümlemelerde C20 betonu ve S420 donatı sınıfı esas alınmıştır. Analiz yöntemi olarak eşdeğer deprem yükü yöntemi seçilmiştir. Deprem yükü; 1. derece deprem bölgesi, Z4 yerel zemin sınıfı için hesaplanmıştır.



(a) Kiriş kesiti

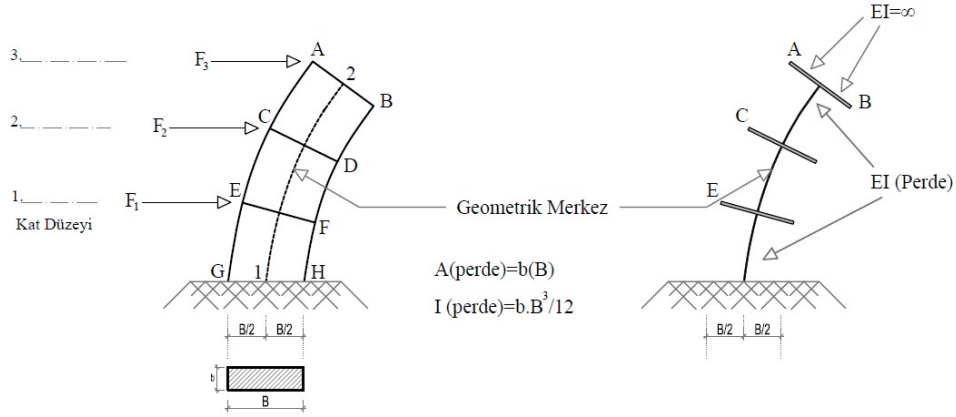


(b) Kolon kesitleri

Şekil 5. Kiriş ve kolonların kesit özellikleri (Cross section properties of beam and columns)

Büyük oranda kesme kuvveti taşıyan betonarme perde duvarlar yapısal analiz sonuçlarını önemli ölçüde etkilediği için, perde duvarların doğru bir şekilde modellenmesi bina türü yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan çözümleri açısından büyük önem taşımaktadır [19]. Perde duvarların modellenmesinde kullanılan en yaygın yöntem geniş kolon analogisidir. Bu modelde, Şekil 6'da görüldüğü gibi perde elemanın geometrik merkezine dik olacak şekilde alınan her kesit içinde, düzlem kesitler düzlem olarak kalmaktadır. Yapılan çözümlemelerde bu davranışı yansıtabilmek için temel kotundan başlayarak yapı üst kotuna kadar uzanan sürekli perdenin çerçeve ile birleşim düzeylerinde düğüm noktaları oluşturulmuştur. Bu kat düzeylerinde, perde kesitinin düzlem kaldığı gözlemini yansıtabilmek için, uzunlukları perde kesit genişliğinin yarısına eşit (B/2) ve

eğilme rijitlikleri sonsuz olan ($EI=\infty$) çubuk elemanlar kullanılmıştır [13].



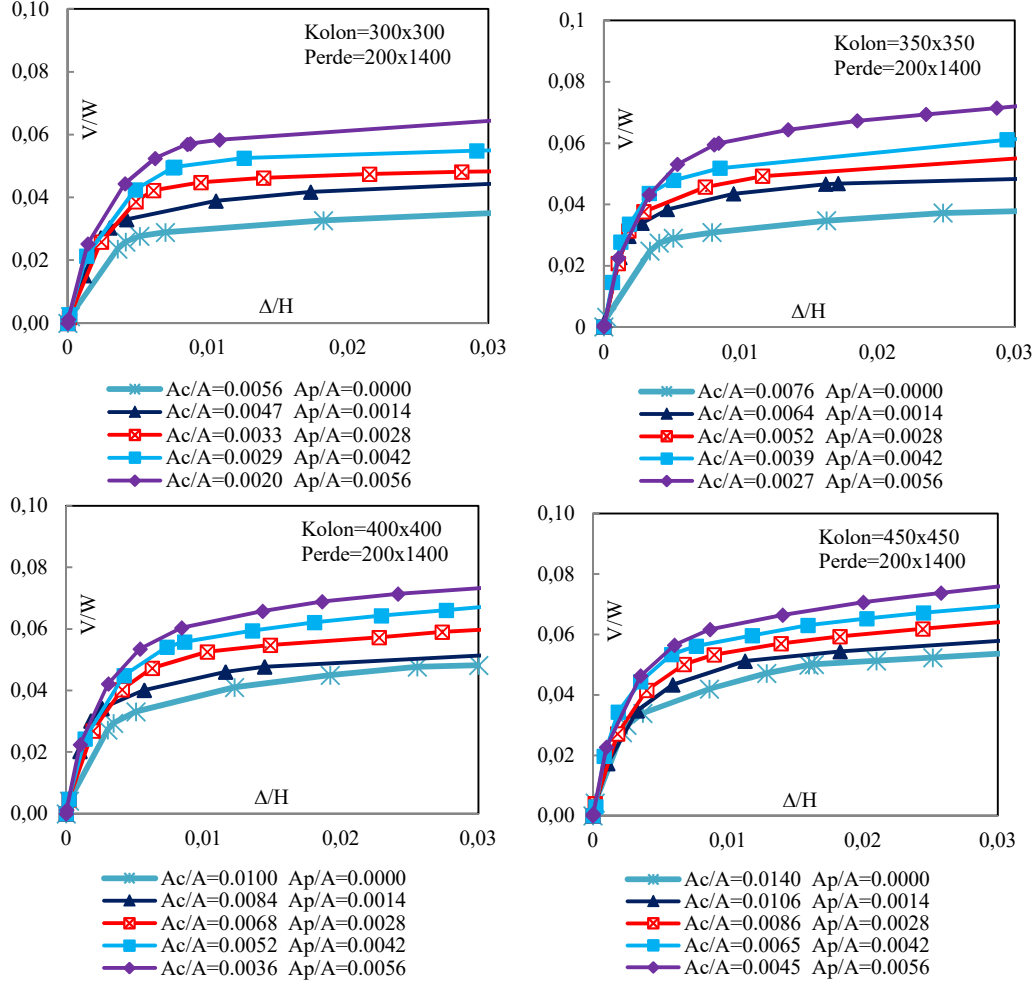
Şekil 6. Perde duvarın eşdeğer matematik modeli [13] (Equivalent mathematical model of shear wall)

Taşıyıcı sistemin matematik modeli oluşturulurken kolon ve kirişler çubuk eleman olarak, perde elemanlar ise geniş kolon analogisi ile modellenmiştir. Kolon ve perde elemanlara PM_2M_3 , kirişlere ise M_2 ve M_3 mafsalları atanmıştır. Kolon ve kirişlerde plastik mafsallar net açıklıklarının uçlarına yerleştirilirken, perde elemanın her katta alt ucuna yerleştirilmiştir. Mafsal özelliklerinin tanımlanmasında Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme (BESAM) [20] programı kullanılmıştır. BESAM, DBYBHY [1]' in yedinci bölümünde verilen esasları göz önüne alarak betonarme eleman kesit hesaplamalarını yapan Fortran dilinde bir bilgisayar yazılımıdır. Bu programda Mander sargılı beton modeli kullanılarak kesite ait moment-eğrilik, moment-dönme, normal kuvvet-eğilme momenti kapasite ilişkileri elde edilebilmektedir. Elemanlara ait kesit ve malzeme özellikleri, donatı çapı ve düzeni tanımlandıktan sonra program çalıştırılarak, mafsalların tanımlandığı bir dosya hazırlanabilmektedir. Elemanlara ait plastik mafsallar, bu dosyanın SAP 2000 [21] analiz programına tanıtılması ile oluşturulmuştur.

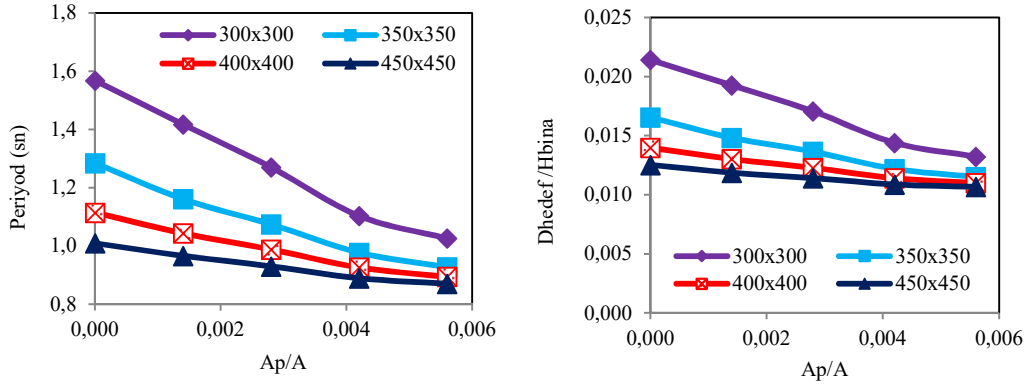
Her bir model bina için, SAP 2000 [21] analiz programı yardımıyla yapılan doğrusal elastik olmayan yöntem çözümlerinden elde edilen kapasite eğrileri boyutsuzlaştırılarak Şekil 7'de verilmiştir. Her bir model

binada perde duvarın adedi ve/veya kolon elemanların boyutu değişmektedir. Bu nedenle grafikler herbir kolon boyutu grubu için kolon alanının kat alanına oranı (A_c/A) ve perde duvarların toplam alanının kat alanına oranı (A_p/A) parametrelerine bağlı olarak verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde perde duvar ilavesi ile binanın yatay yük taşıma kapasitesinin ve ötelenme rijitliğinin önemli derecede artış gösterdiği görülmektedir. Özellikle kolon boyutunun küçük olduğu modellerde bu artış çok daha fazla ortaya çıkmaktadır.

DBYBHY [1]'de verilen doğal periyod hesabı yapının ötelenmesine bağlı olarak verilmektedir. Ötelenme ise yapının rijitliği ile doğrudan ilişkilidir. Model binalardaki doğal periyodun ve hedef tepe yerdeğiştirme istemi/bina yüksekliği (Δ_{hedef}/H_{bina}) oranının perde duvar miktarına bağlı olarak değişimi Şekil 8'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, beklendiği gibi hedef yerdeğiştirme istemi ile periyodun değişiminin benzeştiği görülebilir. Bunun yanı sıra plan içerisindeki kolon boyutları büyüdükçe perde duvar yerleşiminin periyod ve tepe yerdeğiştirme istemi üzerindeki etkisinin azaldığı söylenebilir.



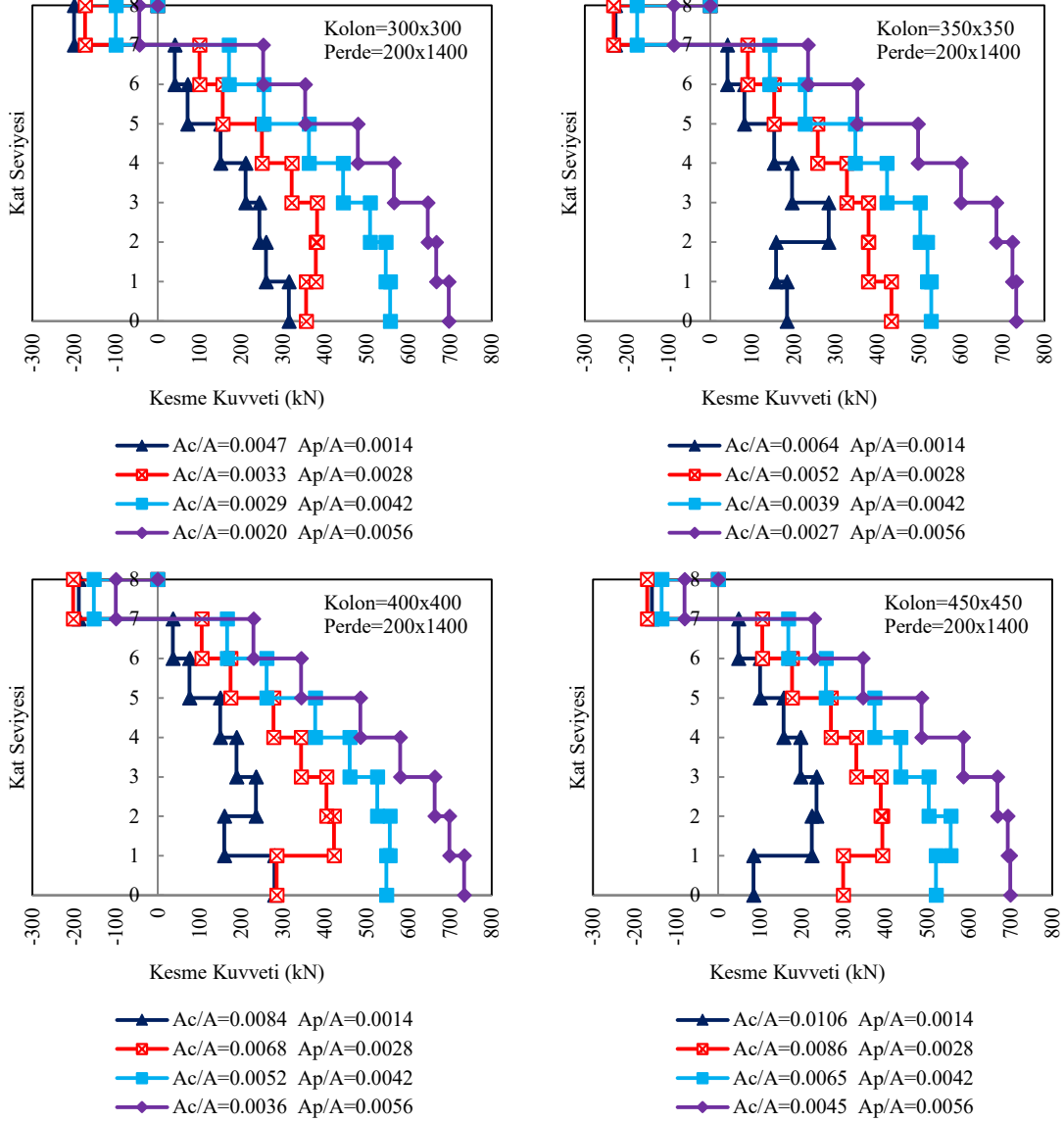
Şekil 7. Model binalara ait kapasite eğrileri (Capacity curves of model buildings)



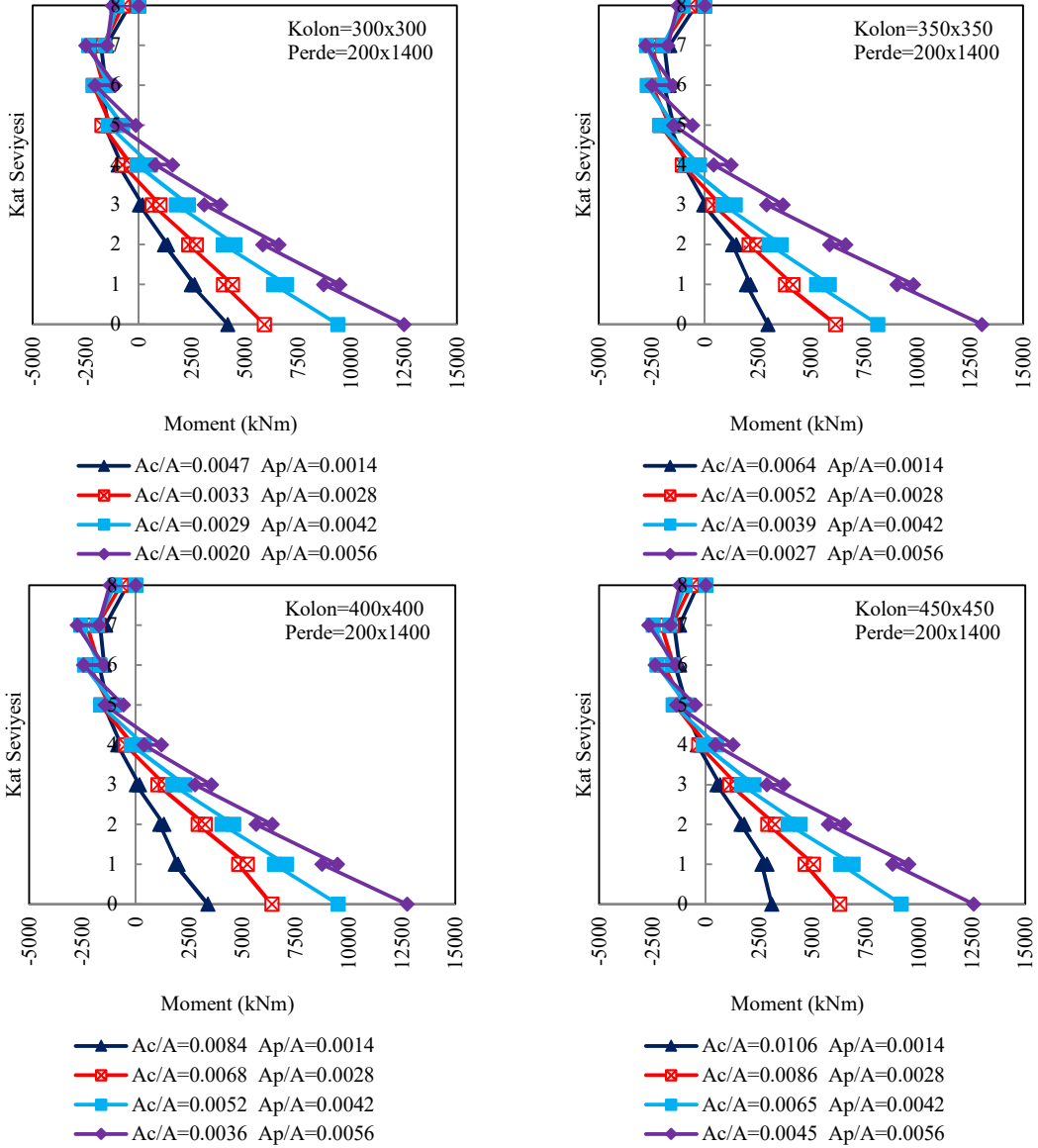
Şekil 8. Perde duvar oranının periyoda ve hedef yerdeğiştirme istemi/bina yüksekliği oranına etkisi (The effects on fundamental period and Δ/H ratio of shear wall ratio)

Her bir model bina için hedef yerdeğiştirme istemi seviyesindeki tüm perdelerde oluşan toplam kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin kat seviyesine

bağlı olarak dağılımları sırasıyla Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 9. Bir doğrultudaki perdelerle ait toplam kesme kuvveti dağılımı (Total shear force distribution of shear wall in one direction)



Şekil 10. Bir doğrultudaki perdeler için momentlerin katlara göre değişimi (Moment distribution of shear wall in one direction according to stories)

Yapılan doğrusal olmayan analizlerden her bir bina modeli için; hedef yerdeğiştirme seviyesindeki binanın taşıyabileceği kesme kuvveti kapasitesi ve bu seviyedeki bir doğrultudaki perde duvarların taşıdığı kesme kuvvetleri toplamı belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak temel kotu seviyesindeki perdelerin taşıdığı kesme kuvvetinin yüzdesi hesaplanmış ve Tablo 1’de verilmiştir. Sonuçlardan, kolon boyutlarının artması

durumunda perdenin taşıdığı kesme kuvvetinin yüzdesinin azaldığı görülmüştür. Ayrıca bu tabloda çerçevesi bir binaya perde duvar yerleştirilmesi durumunda kesme kapasitesindeki artış yüzde değerleri de verilmiştir. Kolon boyutunun küçük olması durumunda perde duvar yerleştirilmesi kesme kuvvetleri açısından değerlendirildiğinde çok daha etkili olmaktadır.

Tablo 1. Hedef yerdeğiştirme istemi seviyesindeki kesme kuvvetlerinin dağılımı (Shear force distribution in target displacement)

Model Numarası / Kolon boyutu	A_c/A	A_p/A	V_{bina} (kN)	V_{bina} artış %	V_{perde} (kN)	V_{perde}/V_{bina} (%)
Model 1-300×300	0.0056	0.0000	1066	-	-	-
Model 2-300×300	0.0047	0.0014	1347	26	313	23
Model 3-300×300	0.0034	0.0028	1496	40	355	24
Model 4-300×300	0.0029	0.0042	1690	59	556	33
Model 5-300×300	0.0020	0.0056	1890	77	697	37
Model 1-350×350	0.0077	0.0000	1111	-	-	-
Model 2-350×350	0.0064	0.0014	1468	32	183	12
Model 3-350×350	0.0052	0.0028	1593	43	433	27
Model 4-350×350	0.0040	0.0042	1710	54	529	31
Model 5-350×350	0.0028	0.0056	2005	80	732	37
Model 1-400×400	0.0100	0.0000	1345	-	-	-
Model 2-400×400	0.0084	0.0014	1500	12	280	19
Model 3-400×400	0.0068	0.0028	1713	27	285	17
Model 4-400×400	0.0052	0.0042	1852	38	548	30
Model 5-400×400	0.0036	0.0056	2008	49	733	37
Model 1-450×450	0.0141	0.0000	1495	-	-	-
Model 2-450×450	0.0106	0.0014	1648	10	84	5
Model 3-450×450	0.0086	0.0028	1763	18	299	17
Model 4-450×450	0.0066	0.0042	1886	26	521	28
Model 5-450×450	0.0046	0.0056	2030	36	699	34

Her bir bina modeli için hedef tepe yerdeğiştirme istemi belirlenmiş daha sonra bu seviyedeki tüm taşıyıcı elemanların hasar dağılımları dikkate alınarak bina performans seviyeleri ayrı ayrı elde edilmiştir. Tablo 2'de hasara bağlı olarak birinci kat düşey taşıyıcı elemanların hedef yerdeğiştirme seviyesindeki kesme kuvveti dağılımının yüzdeleri ve bina performans seviyeleri verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde perde duvarın yerleştirilmesi ile kolon elemanlardaki hasar yüzdelerinin azaldığı, bina performansının arttığı, ancak kolon boyutunun büyümesiyle perde duvarın etkisinin daha sınırlı düzeyde kaldığı görülmüştür. Tabloda belirtilen HK, Hemen Kullanım; CG, Can Güvenliği; GÖ, Göçme Öncesi; GD, Göçme Durumu performans seviyelerini ifade etmektedir.

4. SONUÇLAR (RESULTS)

Bu çalışmada çerçevesel betonarme sekiz katlı bir bina üzerinde farklı oranlarda perde duvar yerleştirilerek, her

bir bina modelinin performans seviyeleri doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Perde duvarlı binaların kesme kuvveti kapasitesinin tamamen çerçevesel binaya göre artış yüzdeleri, 300×300 mm² kolon alanına sahip binalarda % 26 ile % 77, 350×350 mm² kolon alanına sahip binalarda % 32 ile % 80, 400×400 mm² kolon alanına sahip binalarda % 12 ile % 49, 450×450 mm² kolon alanına sahip binalarda ise % 10 ile % 36 arasında değişmektedir.
2. Perde duvar oranının (A_p/A) artmasıyla binaya ait yatay yük taşıma kapasitesi %80'e kadar artış göstermektedir. Bu artış oranı kolon boyutunun büyümesiyle %36'ya kadar azalmaktadır. Dolayısıyla kolon boyutu büyüdükçe, perde duvarın miktarındaki artış oranının bina kesme kapasitesi üzerindeki etkisi azalmaktadır.

Tablo 2. Model binaların performans seviyeleri (Performance levels of model buildings)

Model numarası /Kolon boyutu	A_c/A	A_p/A	A_c/A + A_p/A	Performans seviyesi	Kesme kuvveti dağılım yüzdeleri			
					Minimum Hasar	Belirgin Hasar	İleri Hasar	Göçme Bölgesi
Model 1-300×300	0.0056	0.0000	0.0056	GD	0	0	0	100
Model 2-300×300	0.0047	0.0014	0.0061	GD	0	40	40	20
Model 3-300×300	0.0034	0.0028	0.0062	GD	24	0	72	4
Model 4-300×300	0.0029	0.0042	0.0071	GÖ	64	0	36	0
Model 5-300×300	0.0020	0.0056	0.0076	HK	100	0	0	0
Model 1-350×350	0.0077	0.0000	0.0077	GD	0	0	0	100
Model 2-350×350	0.0064	0.0014	0.0078	GD	8	0	88	4
Model 3-350×350	0.0052	0.0028	0.0080	GD	84	0	12	4
Model 4-350×350	0.0040	0.0042	0.0082	CG	88	0	12	0
Model 5-350×350	0.0028	0.0056	0.0084	HK	100	0	0	0
Model 1-400×400	0.0100	0.0000	0.0100	GD	72	0	0	28
Model 2-400×400	0.0084	0.0014	0.0098	GÖ	72	0	28	0
Model 3-400×400	0.0068	0.0028	0.0096	HK	100	0	0	0
Model 4-400×400	0.0052	0.0042	0.0094	HK	100	0	0	0
Model 5-400×400	0.0036	0.0056	0.0092	HK	100	0	0	0
Model 1-450×450	0.0141	0.0000	0.0141	HK	100	0	0	0
Model 2-450×450	0.0106	0.0014	0.0120	HK	100	0	0	0
Model 3-450×450	0.0086	0.0028	0.0114	HK	100	0	0	0
Model 4-450×450	0.0066	0.0042	0.0108	HK	100	0	0	0
Model 5-450×450	0.0046	0.0056	0.0102	HK	100	0	0	0

- Perde duvar oranının (A_p/A) artmasıyla doğal periyod ve hedef yerdeğiştirme istemi değerleri azalmaktadır. Kolon boyutunun küçük olması durumunda perde duvar oranı artışının bu parametreler üzerindeki etkisi çok daha belirgin olmaktadır.
- Perde duvar oranı (A_p/A) ile doğal periyod ilişkisinde, A_p/A oranının 0.004 değerinden sonra grafiklerin yataya yaklaştığı ve kolon boyutlarının değişiminin etkisinin azaldığı görülebilir. Aynı yorumlar hedef yerdeğiştirme istemi için de söylenebilir.
- Hedef yerdeğiştirme istem seviyesinde perde duvarların taşıdığı kesme kuvveti; beklendiği gibi perde duvar oranı ile artmaktadır. Bina en üst katında çerçevenin etkisiyle negatif kesme kuvvetleri ortaya çıkmaktadır.
- Perdelerin taşıdığı kesme kuvveti alt kata doğru büyümektedir. Ancak perdelerin mafsallaşması ile birlikte perde duvar üzerindeki kesme kuvveti azalmakta ve alt katta üst kattan daha küçük kesme kuvveti değerleri ortaya çıkabilmektedir.
- Hedef yerdeğiştirme istemi seviyesinde perde duvarların taşıdığı toplam moment değerleri, perde duvar oranı ile artmaktadır.
- Hedef yerdeğiştirme istem seviyesinde perde duvarların taşıdığı kesme kuvvetleri toplamının binanın toplam kesme kapasitesine oranı; 300×300 mm² kolon alanına sahip binalarda % 23 ile % 37, 350×350 mm² kolon alanına sahip binalarda % 12 ile % 37, 400 mm×400 mm² kolon alanına sahip binalarda % 19 ile % 37, 450 mm×450 mm² kolon alanına sahip binalarda ise % 5 ile % 34 arasında değişmektedir.
- Çerçevesiz bina modeli üzerine yerleştirilen perde duvarların; bina performansını artırdığı, düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan hasarı ve hasara bağlı olarak ortaya çıkan kesme kuvveti dağılım yüzdesini azalttığı görülmüştür.
- Literatürdeki bazı çalışmalarda [14-17], orta katlı betonarme binalarda kullanılması gereken perde duvar oranının en az % 1.0 olması gerektiği vurgulanmıştır. Bu oran Atımtay [13] tarafından bina kat adedine bağlı olarak tanımlanmıştır.

Yapılan çalışmada ise, sekiz katlı bina modeli üzerinde bina deprem performans seviyesine bağlı olarak gerekli perde duvar oranının belirlenmesinde kat alanı yanında kolon boyutlarının etkisi incelenmiştir.

11. Hemen Kullanım “HK” performans seviyesi; 300×300 mm² ve 350×350 mm² kolon alanına sahip modellerde perde duvar oranı 0.0056, 400×400 mm² kolon alanına sahip modellerde perde duvar oranı 0.0028, 450×450 mm² kolon alanına sahip modellerde perde duvarsız binalarda sağlanmıştır. Perde duvarın plana bu oranlardan fazla yerleştirilmesi, bina performansının artırılması veya hasara bağlı kesme kuvveti dağılımının azalmasında önemli bir etkinlik sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlar genel olarak incelendiğinde; yerleştirilmesi gereken perde duvar miktarının belirlenmesinde, plandaki kolon boyutlarının da son derece etkili olduğu görülebilir.

5. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmaya 4214-YL1-14 numaralı proje ile maddi destek sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine (SDÜ-BAP) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] DBYBHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [2] S. Erken, “Betonarme yapıların taşıyıcı sistem seçiminde perde yerleşiminin davranışa etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [3] H. Şahin, K.E. Alyamaç, .S. Erdoğan, “Perdeli çerçeveli yapılarda zemin sınıfı ve kat adedi dikkate alınarak gerekli perde oranının tespiti”, SDU International Technologic Science, 5(1), 74-86, 2013.
- [4] B. Yön, H. Şahin, “Çok katlı betonarme binalarda zemin sınıfına göre deprem perdesi oranının tespiti”, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 14(2), 2009.
- [5] M.S. Körlü, İ.Ö. Deneme, Yerli H.R., “Betonarme yapıların perde takviyesi ile güçlendirilmesi”, Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 19(1), 149- 157, 2004.
- [6] S. Aktan, N. Kıraç, “Betonarme binalarda perdelerin davranışa etkileri”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(1), 15-32, 2010.
- [7] E. Aracı, “Betonarme perde konumlarının bina deprem performansına olan etkisinin bilgisayar destekli irdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [8] A. Karaduman, M.S. Döndüren, “Çok katlı betonarme yapıların dinamik analizi”, Türkiye Mühendislik Haberleri, 432/4, 55-62, 2004.
- [9] M.S. Döndüren, A. Karaduman, “Çok katlı binaların deprem analizi”, Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi, 6(1), 31-41, 2007.
- [10] T. Öztürk, “Betonarme binalarda deprem perdelerinin yerleşimi ve tasarımı”, İMO İstanbul Şubesi, Mesleki Eğitim Kursları, 2005.
- [11] Ö. Avşar, Ö. Yurdakul, O. Tunaboyu, “Betonarme perde duvar oranının binaların sismik performansına etkisi”, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, Hatay, 2013.
- [12] T. Uçar, S.G. Toumatari, Y. Ertutar, “Çerçeve düzlemi içinde eklenen perdelerin betonarme binaların yapısal özelliklerine etkilerinin incelenmesi”, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 3(1), 56-68, 2014.
- [13] E. Atımtay, “Çerçeve ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı: Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri”, Bizim Büro, Ankara, 2001.
- [14] H. G. Çömlekoğlu, “Effect of shear walls on the behavior of reinforced concrete buildings under earthquake loading”, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 2009.
- [15] B. Burak, H. G. Çömlekoğlu, “Effect of shear wall area to floor area ratio on the seismic behavior of reinforced concrete buildings”, Journal of Structural Engineering, 139(11), 1928-1937, 2013.
- [16] A. O. Günel, “Influence of the shear wall area to floor area ratio on the seismic performance of existing reinforced concrete buildings”, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 2013.
- [17] H. Tekel, “Betonarme yapılarda % 1 oranında perde kullanımının değerlendirilmesi”, TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri, 444, 57-63, (2006).
- [18] Z. Celep, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 2015.
- [19] Y.M. Fahjan, Başak, K., J. Kubin, M.T. Tan, “Perdeli betonarme yapılar için doğrusal olmayan analiz metotları”, 7. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 30 Mayıs-3 Haziran, İstanbul, 2011.
- [20] BESAM, Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme Programı, Tübitak 111M119, 2013.
- [21] SAP 2000, Computers and Structures, Inc., v.15.0.0, Structural Analysis Program, Berkeley, CA, USA, 2011.