



PERDE VE ÇERÇEVELİ BETONARME YAPILARDA PERDE KONUMUNUN PLANDA DÜZENLENMESİ VE YAPISAL DAVRANIŞA ETKİSİ

Gökhan KAYA¹, Ayşe Elif ÖZSOY ÖZBAY^{2*}

¹ Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği AB Dalı, İstanbul, Türkiye

² Maltepe Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Çerçeve sistemler,
Çok katlı betonarme yapılar,
Perdelerin planda yerleşimi,
Taşıyıcı sistem.

Öz

Betonarme yapılarda, deprem yükleri altında katlar arasındaki yer değiştirmelerin sınırlandırılması ve yeterli dayanımın sağlanması amacıyla kolon ve kiriş elemanlarda meydana gelen moment aktaran çerçevelere ilave olarak perde kullanımına da ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle çok katlı binalarda perdeler yapı sisteminin yatay rijitliğini artırarak görelî kat öteleme değerlerini azaltır. Bu sebeple özellikle deprem riski altındaki bölgelerde inşa edilen betonarme yapılar, perde ve çerçevesel taşıyıcı sistem olarak tasarlanmaktadır. Perdelerin binanın kat planındaki yerleşimi ve boyutları binanın yatay yükler altındaki davranışını belirler; dolayısı ile perdenin konumunun belirlenmesi taşıyıcı sistem tasarımında en temel aşamayı oluşturmaktadır. Bu çalışmada, betonarme perde ve çerçevesel yapılarda farklı yön ve farklı boyutlarda perdeler konumlandırılmış ve yapının deprem davranışı yer değiştirmeler, görelî kat ötelemeleri ve kat kesme kuvvetleri açısından incelenmiştir. Ayrıca, çerçeve sistem, perdeli sistem ve perde-çerçevesel sistemlerde taşıyıcı elemanların ön boyutlandırılmasının yapısal davranış üzerindeki etkileri tartışılmıştır.

SHEAR WALL LAYOUT IN PLAN OF REINFORCED CONCRETE FRAMED BUILDINGS AND THE EFFECT ON STRUCTURAL BEHAVIOR

Keywords

Framed Structures,
Multistory reinforced
concrete structures,
Shear wall layout in plan,
Structural system.

Abstract

Shear walls in reinforced concrete buildings are the most necessary structural members for framed structures especially for the ones existing at the regions with seismic risk in order to provide the lateral strength and stiffness and to reduce the interstory drift ratio. Thus, the structural system for a multistory reinforced concrete buildings located on seismic regions should be designed as framed structures with shear walls. The shear wall layout and the dimensions on the plan view play a key role on the seismic behaviour of the framed structure, hence the decision on the location of shear walls for the framed structures is the main step for the preliminary structural system design. This study aims to investigate the effect of shear wall layout in the plan view of reinforced concrete buildings on the seismic response parameters as story shear, lateral displacements and interstory drift ratio. The finite element analyses of the alternative structure models with different orientations, locations and dimensions of shear walls in plan view have been conducted for a seven story framed structure to understand the effect of structural system configuration on seismic response of the reinforced concrete buildings.

Alıntı / Cite

Kaya G., Özsoy Özbay A.E., (2019). Perde ve Çerçevesel Betonarme Yapılarda Perde Konumunun Planda Düzenlenmesi Ve Yapısal Davranışa Etkisi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(1), 7-17.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

G. Kaya, 0000-0003-0371-4802
A. E. Özsoy Özbay, 0000-0001-5397-398X

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	07.06.2018
Revizyon Tarihi / Revision Date	02.09.2018
Kabul Tarihi / Accepted Date	01.11.2018
Yayın Tarihi / Published Date	25.03.2019

* İlgili yazar / Corresponding author: ayseelifozsoyozbay@maltepe.edu.tr

1. Giriş

Aktif fay hatları üzerinde yer alan ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımı, mevcut yapıların deprem davranışının değerlendirilmesi, deprem sonrasında yapılarda meydana gelen hasarın belirlenmesi ve onarımı yapı mühendisliğinin temel çalışma ve araştırma konularıdır.

Mevcut bir yapının deprem davranışı depremin şiddetine, yapının yer aldığı deprem bölgesine, zemin koşullarına ve yapının özelliklerine göre değişmektedir. Yapılarda deprem güvenliğinin sağlanmasında en önemli aşamalar taşıyıcı sistemin doğru seçilmesi, taşıyıcı elemanların en iyi şekilde düzenlenmesi ile birlikte inşa sürecindeki uygulamalar ve malzeme kalitesi olarak sıralanabilir. Bu kapsamda güvenli bir yapı inşa edebilmek için inşaat mühendislerinin en önemli kaynakları ülkemizde geçerli olan yapısal tasarım standartları ve deprem yönetmeliğidir. Türk Deprem Yönetmeliği kapsamındaki hedefler; hafif düzeydeki depremde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarının hasar almaması, orta düzey depremde tüm elemanlarda sınırlı düzeyde hasar; şiddetli depremde ise can güvenliğinin sağlanması ve kalıcı hasarların sınırlandırılması olarak belirtilir (DBYBHY,2007).

Taşıyıcı sistemin tasarımında en önemli hedef, yapısal tasarım, işçilik ve malzeme açısından en uygun maliyet ile yapının maruz kaldığı yükleri en güvenli şekilde zemine aktarmasıdır. Bu bağlamda, taşıyıcı elemanların belirlenmesi, ön boyutlandırması, planda ve düşeyde elemanların yerleşimi bir yapının projelendirilmesi sürecinde en önemli mühendislik problemini oluşturur.

Tasarlanan yapının kullanım amacı, zemin koşulları ve maliyeti dışında yapı yüksekliği ve açıklıklar taşıyıcı sistemin planlanması aşamasında göz önüne alınan etkenler arasındadır. Deprem riskli bölgelerde, artan yapı yüksekliği dayanım ile birlikte yapının yatay rijitliğini ve yatay yükler altındaki dinamik davranışını daha önemli bir noktaya taşımaktadır. Özellikle betonarme yapılarda ülkemizde en yaygın yapı türü olan çerçeve sistemlerde yeterli yatay rijitliğin sağlanamaması, büyük yerdeğiştirmelere ve buna bağlı yapısal hasarlara sebep olabilmektedir (Celep, 2013). Bu sebeple perde ve çerçeveli sistem seçimi ile yapının yatay rijitliği artırılarak yatay yer değiştirmeler sınırlandırılır.

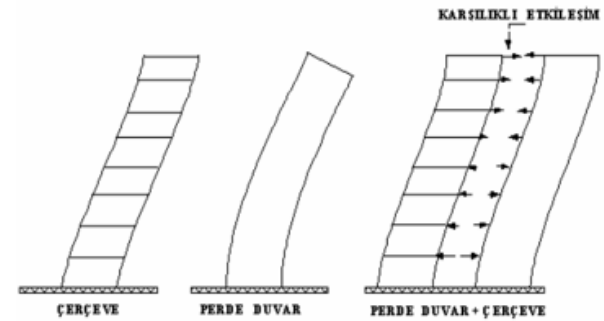
Bu çalışmada, perde ve çerçeve sistemler ile teşkil edilmiş olan yapılarda perdenin plandaki yerleşimi ve boyutunun yapısal davranışa olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaç ile, perdenin plandaki yerleşiminin farklılık gösterdiği 10 farklı yapısal model "Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" (DBYBHY, 2007) ile analiz edilmiştir. Modellerde farklı

doğrultuda ve boyutta perdeler çerçeve sisteme dâhil edilmiş ve analizler titreşim periyodu, kesme kuvvetleri, yatay yer değiştirme ve görelî kat ötelemesi gibi yapısal parametreler açısından incelenmiştir (Kaya, 2018).

2. Perde-Çerçeveli Sistemler

Perdelerin kesit alanları ve eğilme rijitlikleri yapı üzerindeki yatay yükün önemli bölümünü taşımakla birlikte kat yer değiştirmelerinin ve ikinci mertbe etkilerinin sınırlandırılması açısından özellikle çok katlı yapılarda kullanımı kaçınılmaz olmaktadır (DBYBHY, 2007). Kolon ve kirişlerden oluşan moment aktaran çerçeveler ülkemizdeki en yaygın taşıyıcı sistem türüdür. Ancak deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde bina yüksekliğinin artışı ile betonarme çerçevelerde rijitliğin ve dayanımın artırılması ve görelî kat ötelemelerinin belirtilen sınırlar altında tutulabilmesi için perdeye gereksinim duyulmaktadır.

Perde ve çerçevelerin yatay yükler altındaki yerdeğiştirmeleri karşılaştırıldığında perdenin düşey bir konsol kirişe benzer şekilde şekil değiştirdiği ve en büyük görelî kat ötelemesinin en üst katta; çerçeve sistemde ise en büyük değer genellikle alt katlarda meydana geldiği gözlemlenmiştir. Çerçeve ve perdelerin birlikte kullanıldığı sistemlerde yapıya etkiyen yatay yükün alt katlarda perde; üst katlarda ise çerçeve tarafından taşındığı belirtilmektedir (Aka, vd., 2001).



Şekil 1. Çerçeve ve perdenin yatay yükler altında etkileşimi (Özsoy ve Özgen, 2005)

Az katlı yapılar için, perde duvarlı betonarme binalarda yapı maliyeti çerçeve sistem ile karşılaştırıldığında daha yüksek olması ve çerçeve sisteme göre sünekliğinin daha düşük olması perdeli sistemlerin zayıf tarafı olarak belirtilmektedir (Doğangün, 2016). Bunun yanı sıra perdeli sistemlerin deprem yükü altında elastik enerji tüketimi çerçeveye göre daha yüksektir.

Yatay yükler altında düşey taşıyıcıların ön boyutlandırması, taşıyıcı sistem tasarımının ilk adımıdır. Ersoy'un deprem yükleri altında betonarme yapılar için önerdiği ön tasarım yöntemi (Ersoy, 2013), birinci ve ikinci deprem bölgelerinde

bulunan 2-8 katlı konut ve işyeri amaçlı yapıların eleman boyutlandırması için geliştirilmiştir. Şiddetli bir depremde can kaybını önlemek amacı ile geliştirilen yöntemde, boyutlama ve detaylandırma ile ilgili minimum koşullar esas alınmıştır. Perde ve çerçeve sistemde, taban kesme kuvvetinin %50'sinin çerçeve tarafından taşınması, perdelerin ise çerçevenin katkısını gözetmeksizin yatay yükün tümünü taşıyabilecek şekilde boyutlanması öngörülmüştür.

Taşıyıcı sistem tasarımında ikinci önemli adım ise, boyutlanan kolon ve perdelerin yapıda düzensizlik oluşmayacak şekilde konumlandırılmasıdır. Uçar, vd. (2014), çerçeve sistem ile teşkil edilmiş yedi katlı mevcut bir betonarme yapıyı güçlendirme kapsamında planda üç farklı düzenleme ile perde ilave etmiş; güçlendirme seçenekleri binanın modal parametreleri ve yerdeğiştirme değerleri açısından değerlendirmiştir. Bu çalışmada, perde düzenlemesinde burulma açısından planda simetri gözetilmiş; planda ilave edilen perdelerin ilave edildikleri doğrultuda titreşim periyodunu düşürdüğü ve yapıyı rijitleştirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, ilave edilen perdenin kesit alanı ile orantılı olarak perde doğrultusunda görece kat ötelemelerinde düşüş gözlemlenmiştir.

Işık vd.'nin konu ile ilgili çalışmasında (2017), malzeme ve taşıyıcı sistem seçiminin yapısal performansa olan etkisi; taban kesme kuvveti, yapısal periyot ve tepe yerdeğiştirmesi açısından incelenmiştir. Çalışma kapsamında, seçilen betonarme bir yapı, çerçeve sistem, yapının bodrum katına ilave edilen perdeli sistem ve perde-çerçeve sistem olarak modellenmiş; değişken malzeme özellikleri ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar sonucunda, artan malzeme dayanımı ve perde duvar kullanımı ile yapısal periyotun azaldığı ve taban kesme kuvvetinin arttığı gözlemlenmiştir.

Gürbüz vd.'nin mevcut bir yapının 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ndeki Deplasmana Dayalı Yöntem ile güçlendirmesi ile ilgili çalışmasında (2013); perde duvarların sisteme ilave edilmesi ile şekildeğiştirme taleplerinin kapasitelerin altına çekildiği; binanın her iki doğrultusunda taban kesme kuvveti kapasitesinde ciddi artış sağlandığı ve mevcut yapının zemin katta yüksek olan görece kat ötelemelerinin güçlendirme sonrası büyük ölçüde azaldığı belirtilmektedir. Bu çalışmalara ilave olarak, perde ve çerçeve sisteme sahip betonarme yapıların deprem davranışı ve taşıyıcı sistem düzenlemesi ile ilgili pek çok araştırma bulunmaktadır (Koç vd. 2009; Aktan vd. 2010).

Bu çalışma kapsamındaki yapısal modellerde burulma düzensizliği oluşmayacak şekilde tüm perde yerleşim alternatifleri, plan geometrisine göre simetriktir. Projelendirme öncesi taşıyıcı

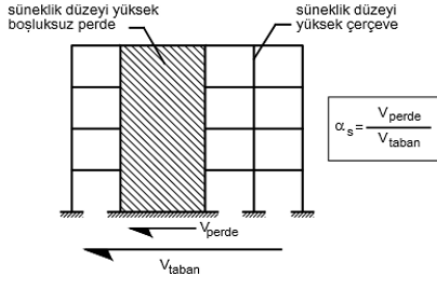
elemanların düzenlenmesi aşamasında, perde yerlerinin simetrik ve dengeli biçimde seçilmesi, yapının planda her iki doğrultusunda sağlanması gereken temel bir tasarım ilkesidir (Celep, 2013). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde (2018) taşıyıcı sistemde olumsuz davranışlara yol açan burulma düzensizliği ortadan kaldırarak yeterli burulma dayanımının ve rijitliğin sağlanması esastır. Bu doğrultuda taşıyıcı sistem elemanlarının olabildiğince binanın çevresine düzenlenmesi gerektiği vurgulanmıştır (TBDY, 2018). Bu sebeple, oluşturulan tüm model alternatiflerinde perdeler yapının cephelerine yerleştirilmiştir.

2.1. Perdeli ve Perdeli-Çerçeve Sistemler için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı'nın Hesabı

Deprem Yönetmeliği'nde bulunan "Eşdeğer Deprem Yüğü Yönelimi"nde yapıya etkiyen taban kesme kuvveti hesabında Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R'ye bağlı olarak azaltılmaktadır. Yönetmelikte tanımlanan değerler, taşıyıcı sistemi ve malzemeyi esas alarak süneklik düzeyi yüksek ve normal seviyeler için belirtilmiştir. Örneğin Süneklik Düzeyi Yüksek yapılarda; yerinde dökme betonarme çerçevelerde R=8 değeri önerilirken; tamamen boşluksuz perdeler ile teşkil edilen sistemlerde R=6 alınmaktadır (DBYBHY, 2007).

Deprem Yönetmeliği'ne göre; boşluksuz betonarme perdeler ve çerçeveler ile teşkil edilen sistemlerde $\alpha_S = V_{perde}/V_{Taban} \leq 0,75$ koşulu sağlandığı takdirde R=7 değeri kullanılabilir. α_S katsayısı perdenin tabanında meydana gelen kesme kuvvetleri toplamının binanın toplam taban kesme kuvvetine oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu katsayı, 0,75 – 1,00 aralığında ise $R = (10 - 4\alpha_S)$ bağıntısı ile hesaplanmalı ve bulunan yeni değer ile yapısal analiz tekrar yapılmalıdır (Darılmaz, 2012).

1998 Deprem Yönetmeliği'nde ise perdenin katkısını gösteren α_S katsayısı hesabı perde taban momentleri değerlerine göre yapılmaktaydı (ABYYH, 1998). Gülay vd. (1999) perde ve bina taban momentlerine bağlı hesaplanan perde katkı katsayısı α_M için bağlantılı, bağlantısız ve boşluklu perdeli yapı örnekleri üzerinde parametrik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, burulma düzensizliği olan yapılarda, bağ kirişi uçlarında depremden meydana gelen kesme kuvvetlerine bağlı ilave momentlerin α_M 'e olan etkisinin burulma düzensizliği bulunmayan yapılara göre %10-17 daha fazla olduğu belirtilmiştir.



Şekil 2. Perdenin ve binanın taban kesme kuvveti (Darılmaz, 2012)

3. Yapı Modellerinin Analizi

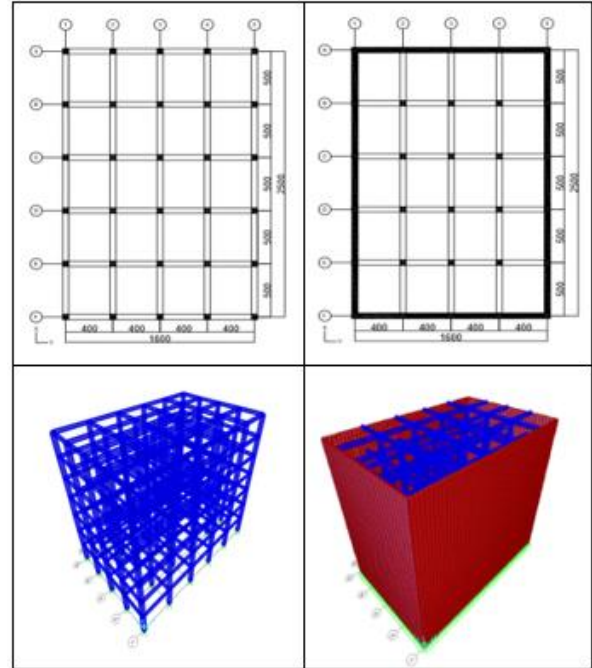
Bu çalışmada, taşıyıcı elemanların değişkenlik gösterdiği 10 farklı yapısal model bir sonlu elemanlar programı kullanılarak üretilmiş olup çıkan sonuçlar yerdeğiştirme, titreşim periyodları, kesme kuvvetleri, perde katkı katsayısı ve taşıyıcı sistem katsayıları açısından değerlendirilmiştir (Kaya, 2018). "Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi"ne göre hesaplanan yatay deprem yükleri $\pm 0,05$ dış merkezlik göz önünde bulundurularak, kat düzlemlerine uygulanmıştır (Özmen, vd., 2013). Her yapı modeli için 4 farklı deprem yüklemesi uygulanmış; planda simetrik olan yapı modelleri için deprem yüklerinin $-0,05$ veya $+0,05$ dış merkezli olarak uygulanması sonucu değiştirmemektedir. Perdelerin sonlu elemanlar modelinde kabuk eleman (shell) kullanılmış ve kat düzlemleri için rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Sayısal modellere ve deprem hesabına ait bilgiler Tablo (1)'de verilmiştir.

Tablo 1. Yapısal Modelleme ve Deprem Hesabı

Sayısal Model Bilgileri	
Kolon Boyutları	0,55 m x 0,55
Kiriş Boyutları	0,50 m x 0,25
Kat Yüksekliği	3 m
Perde Kalınlığı	0,25 m
Kat Adedi	7
Yapı Yüksekliği	21 m
Kat Alanı	400 m ²
X ve Y Açıklık Mesafeleri	5 m - 4 m
X ve Y Açıklık Sayısı	5 - 4
Kat Ağırlığı	4774,06 kN
Bina Ağırlığı	31974,58 kN
Bina Önem Katsayısı	1
Beton Sınıfı	C25
Poisson Oranı	0,2
Elastisite Modülü	30 000 MPa
Deprem Hesap Değerleri	
Deprem Bölgesi	1. Bölge
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)	0,4
Yerel Zemin Sınıfı	Z2
Hareketli Yük Katılım Sayısı (n)	0,3

3.1. Çerçeve Modeli ve Perde-Çerçeve Modeli

Şekil (3)'te kat planı ve bina modeli gösterilen Örnek 1, yatay yüklerin tamamen çerçeve ile taşındığı taşıyıcı sistemi ($R=8$) temsil etmektedir. Örnek 10'da ise çerçeve sisteme her iki yönde tamamen boşluksuz perdeler ilave edilmiştir. Örnek 10, taşıyıcı sistem davranış katsayısı açısından (x ve y yönü için $R=6.04$ ve $R=6.08$) üretilen yapısal modeller arasında en rijit yapıyı temsil etmektedir. Bu iki uç örnek karşılaştırıldığında perdelerin eklenmesiyle titreşim periyodunun çerçeve sisteme göre düştüğü Tablo (2)'de görülmektedir. Tablo (3)'de, perde-çerçeve sistemin her iki yönde kat kesme kuvvetlerinin çerçeve sisteme göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Örnek 1 ve Örnek 10'un kalıp planı ve bina modeli (Computers and Structures, Inc.)

Tablo 2. Örnek 1 ve Örnek 10'un deprem hesabı

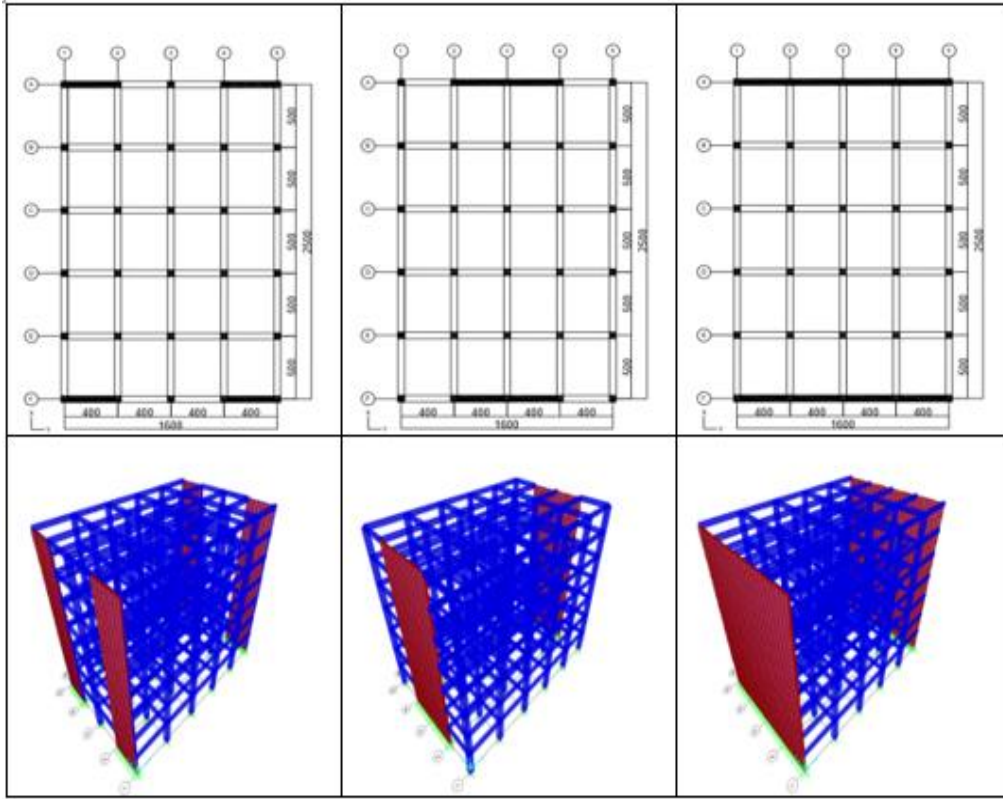
	ÖRNEK 1		ÖRNEK 10	
	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
Periyot (sn)	0,87204	0,82801	0,10272	0,13690
Spektrum Kats.	1,340	1,397	2,027	2,369
Spektral İvme Kat.	0,536	0,559	0,8108	0,9476
Taban Kesme Kuv. (kN)	2142,30	2234,22	5623,64	5334,35
α_s Oranı	-	-	0,99	0,98
R Katsayısı	8	8	6,04	6,08

Tablo 3 . Örnek 1 ve Örnek 10'un kat kesme kuvvetleri

Kat No	Örnek 1		Örnek 10	
	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
7	495,50	516,77	1300,71	1233,80
6	966,01	1007,47	2535,83	2405,39
5	1358,17	1416,46	3565,28	3381,88
4	1671,78	1743,52	4388,52	4162,77
3	1907,04	1988,87	5006,08	4748,56
2	2063,95	2152,51	5417,96	5139,26
1	2142,30	2234,22	5623,64	5334,35

3.2. Y-Yönünde Perdelerin Yerleştirildiği Yapısal Modeller

Şekil (4)'te verilen kat planları esas alınarak modellenen Örnek 2, 3 ve 4'te çerçeve sistemin cephesine Y doğrultusunda perde yerleştirilmiştir. Bu modellerin sayısal analizinde, Y doğrultusunda tamamen cephenin perde ile teşkil edildiği sistemi temsil eden Örnek 4'ün titreşim periyodunun $T_y = 0.184$ ' e kadar düştüğü; aynı boyutlarda perdeye sahip Örnek 2 ve Örnek 3'ün perde konumlarının farklı olmasıyla birlikte periyot değerlerinin farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir (Tablo 4). Perdenin konulduğu Y doğrultusunda α_s katsayısı 0,75 değerinden büyük olduğu için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı'nın 7'nin altına düşmüştür. Bu da örneklerin Y doğrultularındaki taban kesme kuvvetlerini ve kat kesme kuvvetlerini arttırmıştır (Tablo 5).

**Şekil 4.** Örnek 2, Örnek 3 ve Örnek 4'ün kalıp planı ve bina modeli(Computers and Structures, Inc.)**Tablo 4.** Örnek 2, Örnek 3 ve Örnek 4'ün deprem hesabı

	ÖRNEK 2		ÖRNEK 3		ÖRNEK 4	
	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
Periyot (sn)	0,92918	0,57040	0,90608	0,38126	0,92254	0,18411
Spektrum Katsayısı	1,273	1,882	1,300	2,5	1,281	2,5
Spektral İvme Katsayısı	0,5092	0,7528	0,5200	1	0,5124	1
Taban Kesme Kuvveti (kN)	2325,92	3603,36	2375,25	4965,00	2340,54	5224,60
α_s Oranı	0,11	0,83	0,10	0,89	0,20	0,97
R Katsayısı	7	6,68	7	6,44	7	6,12

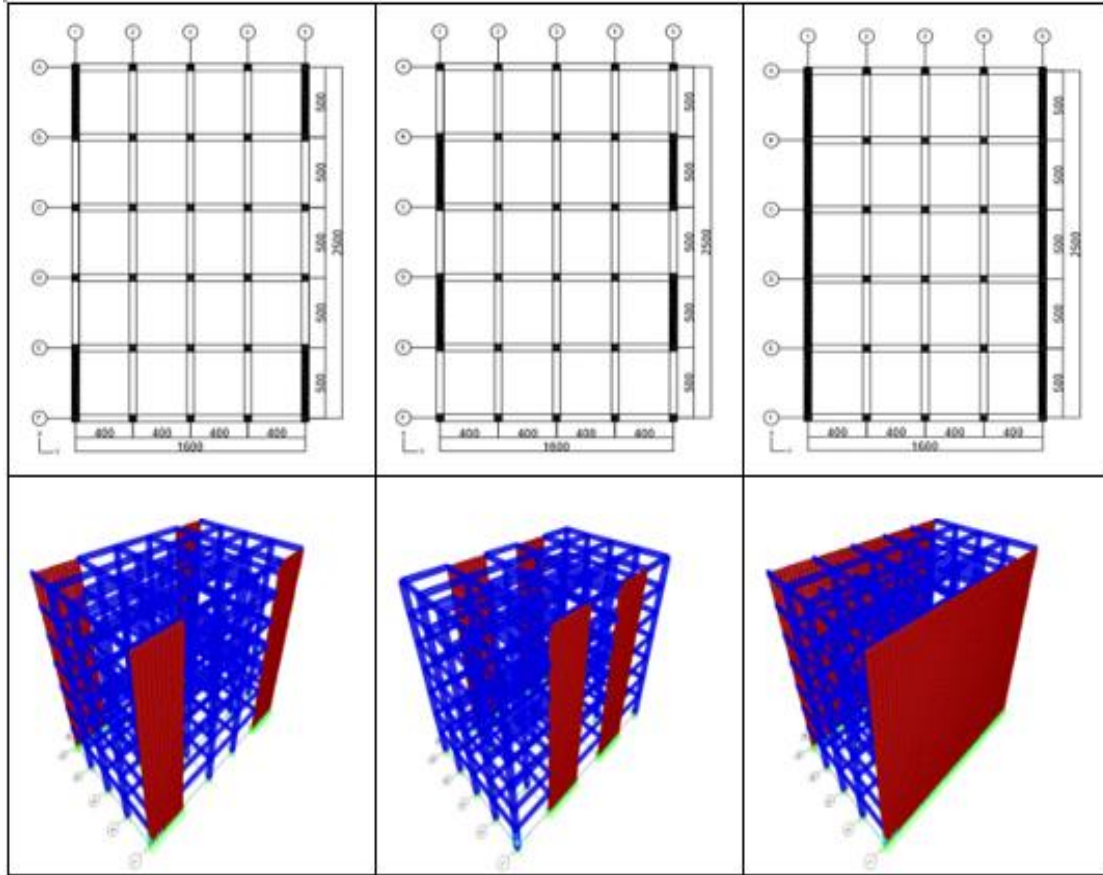
Tablo 5. Örnek 2, Örnek 3 ve Örnek 4'ün kat kesme kuvvetleri

Kat No	Örnek 2		Örnek 3		Örnek 4	
	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
7	537,97	833,43	549,38	1148,37	541,35	1208,42
6	1048,81	1624,84	1071,06	2238,84	1055,40	2355,90
5	1474,59	2284,46	1505,86	3147,72	1483,85	3312,30
4	1815,08	2811,95	1853,57	3874,54	1826,48	4077,12
3	2070,50	3207,65	2114,41	4419,77	2083,51	4650,86
2	2240,85	3471,57	2288,38	4783,41	2254,94	5033,52
1	2325,92	3603,36	2375,25	4965,00	2340,54	5224,60

3.3. X-Yönünde Perdelerin Yerleştirildiği Yapısal Modeller

Örnek 5, 6 ve 7 çerçeve sisteme X doğrultusunda perde yerleştirilerek oluşturulan yapısal modellerdir (Şekil 5). Bu modellerin sayısal analizi ve deprem hesabına ait sonuçlar Tablo (6)'te özetlenmiştir. X doğrultusunda tamamen cephenin perde ile teşkil edildiği sistemi temsil eden Örnek 7'nin titreşim periyodunun $T_x = 0,1196$ 'ya kadar

düştüğü; aynı boyutlarda ayrı konumlandırılmış perdeye sahip Örnek 5 ve Örnek 6'nın perde konumlarının farklı olması periyot değerlerini etkilememiştir. Perdenin konulduğu X doğrultusunda α_s katsayısı 0,75 değerini geçerek Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı'nın 7'den küçük bir değer almasına neden olmuştur. Bu da örneklerin X doğrultularındaki taban kesme kuvvetlerini arttırmıştır (Tablo 7).

**Şekil 5.** Örnek 5, Örnek 6 ve Örnek 7'nin kalıp planı ve bina modeli (Computers and Structures, Inc.)

Tablo 6. Örnek 5, Örnek 6 ve Örnek 7'nin deprem hesabı

	ÖRNEK 5		ÖRNEK 6		ÖRNEK 7	
	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
Periyot (sn)	0,48344	0,88496	0,48528	0,88496	0,11964	0,88309
Spektrum Katsayısı	2,148	1,324	2,142	1,324	2,196	1,327
Spektral İvme Katsayısı	0,8592	0,5296	0,8568	0,5296	0,8784	0,5308
Taban Kesme Kuvveti (kN)	4239,59	2419,11	4227,75	2419,11	5453,68	2424,59
α_s Oranı	0,88	0,12	0,88	0,12	0,98	0,27
R Katsayısı	6,48	7	6,48	7	6,08	7

Tablo 7. Örnek 5, Örnek 6 ve Örnek 7'nin kat kesme kuvvetleri

Kat No	Örnek 5		Örnek 6		Örnek 7	
	V_i (kN)	V_i (kN)	V_i (kN)	V_i (kN)	V_i (kN)	V_i (kN)
7	980,59	559,52	977,85	559,52	1261,40	560,79
6	1911,73	1090,83	1906,39	1090,83	2459,19	1093,30
5	2687,82	1533,67	2680,31	1533,67	3457,52	1537,14
4	3308,45	1887,80	3299,21	1887,80	4255,88	1892,07
3	3774,02	2153,46	3763,48	2153,46	4854,78	2158,33
2	4084,53	2330,64	4073,13	2330,64	5254,22	2335,91
1	4239,59	2419,11	4227,75	2419,11	5453,68	2424,59

3.4. X ve Y Yönünde Perdelerin Yerleştirildiği Yapısal Modeller

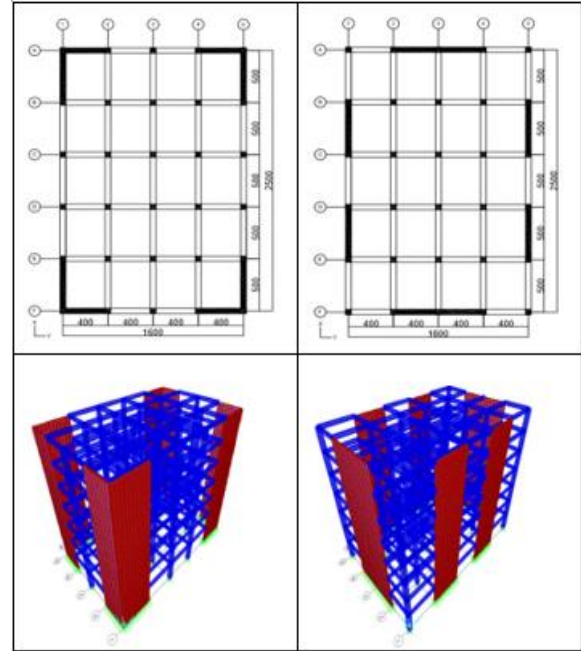
Şekil (6)'da verilen Örnek 8 ve 9, çerçeve sisteme X ve Y doğrultusunda perde yerleştirilerek oluşturulan yapısal modellerdir. Projelendirme öncesi taşıyıcı sistemin bu iki modelde olduğu gibi perde yerlerinin her iki doğrultuda simetrik bir şekilde yerleştirilmesi önerilmektedir (Celep, 2013).

Örnek 8 ve Örnek 9'da yapının her iki doğrultusuna da eşit boyutlarda ve farklı konumlarda perde yerleştirilmiş olup α_s katsayısı her iki doğrultuda sınır değeri aşarak Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı'nın tekrar hesaplanmasına neden olmuştur.

Tablo (8)'de verilen sonuçlar incelendiğinde, her iki sistemin R değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Planda köşelerde perdelerin bulunduğu sistemde (Örnek 8), X yönü taban kesme kuvvetinin ve kat kesme kuvvetlerinin Y yönündeki değerlere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir (Tablo 9).

Tablo 8. Örnek 8 ve Örnek 9'un deprem hesabı

	ÖRNEK 8		ÖRNEK 9	
	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
Periyot (sn)	0,37899	0,45270	0,49283	0,38792
Spektrum Kats.	2,5	2,264	2,116	2,5
Spektral İvme Kat.	1	0,9056	0,8464	1
Taban Kesme Kuv.(kN)	5059,27	4496,30	4255,23	5059,27
α_s Oranı	0,92	0,89	0,91	0,92
R Katsayısı	6,32	6,44	6,36	6,32

**Şekil 6.** Örnek 8 ve Örnek 9'un kalıp planı ve bina modeli

Tablo 9. Örnek 8 ve Örnek 9'un kat kesme kuvvetleri

Kat No	Örnek 8		Örnek 9	
	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
7	1170,17	1039,97	984,20	1170,17
6	2281,34	2027,49	1918,78	2281,34
5	3207,48	2850,57	2697,73	3207,48
4	3748,10	3508,78	3320,65	3948,10
3	4503,68	4002,54	3787,94	4503,68
2	4874,23	4331,86	4099,60	4874,23
1	5059,27	4496,30	4255,23	5059,27

4. Sonuçların Karşılaştırılması

Bu bölümde, betonarme çerçevesel yapılarda plandaki boyutu ve konumu farklı perdelerin yerleştirilmesinin yapıların yapısal davranışına olan etkisini araştırmak üzere oluşturulan üç boyutlu modellerin analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

4.1. Periyot Değerleri

Modellerin X ve Y doğrultularına konumu ve boyutu farklı olan simetrik perdeler yerleştirilmiştir. Bu perdelerin katkısıyla yapı modal analiz sonucunda ilk meydana gelecek farklılık sistemin periyotlarıdır. Tablo (10)'da görüldüğü gibi perde boyutları fazla olan sistemlerin periyotlarının, perde boyutları az olan sistemlere karşın periyotlarının daha düşük olduğu, tek doğrultuda konumlandırılan perdelerin, perde konulmayan doğrultudaki periyodu arttırdığı, perdenin her iki doğrultuda konumlandırılması durumunda ise iki doğrultuda da periyodun düştüğü görülmüştür. Perdelerin birbiriyle bitişik olarak konumlandırılmasının ayrıklı olarak planda konumlandırılmasına göre periyodunu daha fazla düşürdüğü ve bulunduğu doğrultunun rijitliğini arttırdığı gözlemlenmiştir.

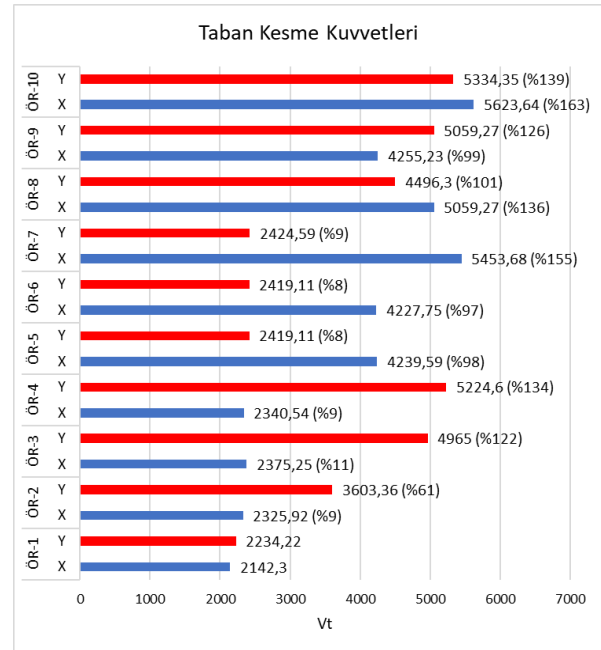
Daha önceki çalışmalar ile uyumlu olarak (Işık vd 2017; Uçar vd. 2014; Gürbüz vd. 2013) çerçeve sisteme (Örnek 1) ilave edilen perdeler kendi doğrultularında yapıyı rijitleştirmiş; yapısal periyotta düşüşe sebep olmuştur. Tek doğrultuda ilave edilen perdeler X ve Y yönü periyotları arasında 2 ila 8 kat farklılığa sebep olmuş; yatay yükler altında yapı rijitlik değerlerinde dengesizlik meydana getirmiştir.

Tablo 10. Periyot değerlerinin karşılaştırılması

Örnek No	Örnek-1	Örnek-2	Örnek-3	Örnek-4	Örnek-5
T _{1X} (sn)	0,87204	0,92918	0,90608	0,92254	0,48344
T _{1Y} (sn)	0,82801	0,57040	0,38126	0,18411	0,88496
Örnek No	Örnek-6	Örnek-7	Örnek-8	Örnek-9	Örnek-10
T _{1X} (sn)	0,48528	0,11964	0,37899	0,49283	0,10272
T _{1Y} (sn)	0,88496	0,88309	0,45270	0,38792	0,13690

4.2. Taban Kesme Kuvvetleri

Şekil (7)'de sistemlerin X ve Y doğrultusuna ait taban kesme kuvvetleri ve çerçeve sisteme göre taban kesme kuvvetlerinin yüzdesel artışı verilmiştir. Taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığı ve spektral ivme katsayısıyla doğru orantılı bir şekilde artacağı tahmin edilen bir sonuçtur. Şekil (7)'de taban kesme kuvvetinin periyot değeri düşük sistemlerde yükseldiği yapının periyot değeri arttıkça taban kesme kuvvetinin de bu doğrultuda azaldığı gözlemlenmiştir.

**Şekil 7.** Taban kesme kuvvetlerinin çerçeve sisteme göre artış yüzdesi

4.3. α_s Katsayısı Değerleri

Yapının Taşıyıcı sistemindeki perde boyutunun artmasıyla yapı daha rijit bir hal alıp periyodu düşerken, perdelerin tabanında meydana gelen kesme kuvvetleri toplamının sistemin toplam taban

kesme kuvvetine oranı da artış gösterir. Bu oran 0,75 değerinden ne kadar yüksek olursa yapının taşıyıcı sistem davranış katsayısı da 6 değerine o kadar yaklaşır, dolayısı ile taban kesme kuvvetinde de artış meydana gelir.

Tablo 11. α_s oranları

Örnek No	Modeller	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
Örnek 2		0,11	0,83
Örnek 3		0,10	0,89
Örnek 4		0,20	0,97
Örnek 5		0,88	0,12
Örnek 6		0,88	0,12
Örnek 7		0,98	0,27
Örnek 8		0,92	0,89
Örnek 9		0,91	0,92
Örnek 10		0,99	0,98

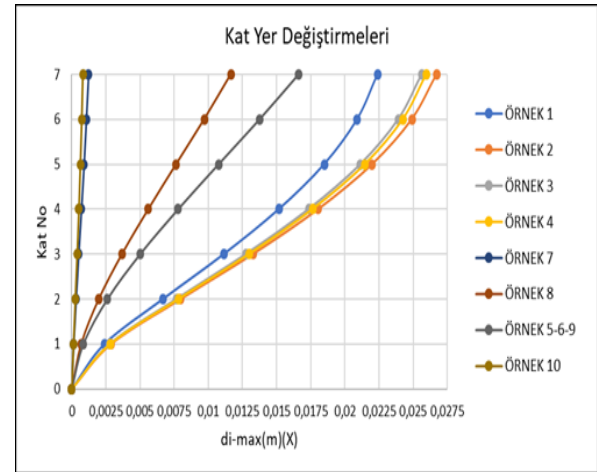
Tablo (11)'de görüldüğü üzere çevresinin tümüne perde yerleştirilen Örnek 10'un α_s katsayısı her iki doğrultuda da 1'e yakın bir değer almıştır. Burada Taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=6$ 'ya yakın bir değer olarak perde gibi davranış sergilemiştir. Tek doğrultusunda perde bulunan modellerde ise perde bulunan doğrultuda $R=6$ değerine yaklaşırken perde bulunmayan doğrultuda $R=7$ olarak kalmıştır.

4.4. Kat Yerdeğiştirmeleri

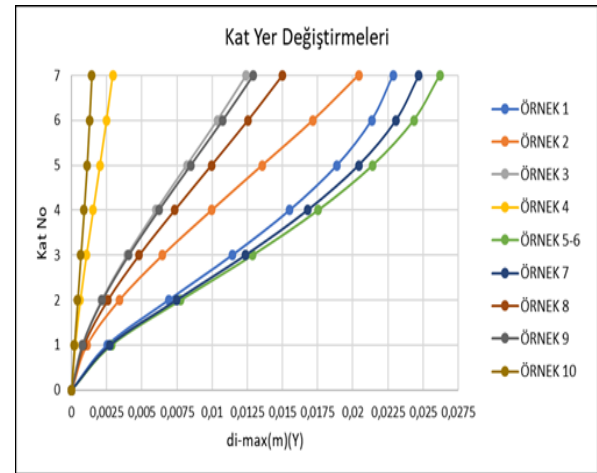
Şekil (8) ve Şekil (9)'da görüldüğü üzere yatay rijitliği yüksek olan sistemlerin daha az yer değiştirme yaptığı görülmektedir. Kat yüksekliği ile birlikte yer değiştirme miktarında da artış olduğu gözlemlenmiştir. Yalnız X doğrultusunda perde bulunan Örnek 7'de, bu doğrultuda yer değiştirme maksimum 0,12 cm iken perde bulunmayan diğer doğrultuda yer değiştirme değerinin 2,5 cm'ye kadar çıktığı görülmektedir.

4.5. Görelî Kat Ötelemeleri

Şekil 10. ve Şekil 11.'de yapısal modellerin yatay yükler altında analizi sonucunda elde edilen etkin görelî kat ötelemeleri oranları görülmektedir. Şekil 10.'da görüldüğü gibi X doğrultusunda perde bulunmayan modellerde 3. kattan sonra etkin görelî kat ötelemesi azalış gösterirken X doğrultusunda perde bulunan sistemlerde üst katlara doğru etkin görelî kat ötelemesi yükseliş göstermiştir. X doğrultusunda çevresinin tümüne perde yerleştirilmiş sistemlerin ise görelî kat ötelemeleri diğer sistemlere göre sınırlı düzeyde kalmıştır.



Şekil 8. X doğrultusundaki maksimum kat yerdeğiştirmeleri

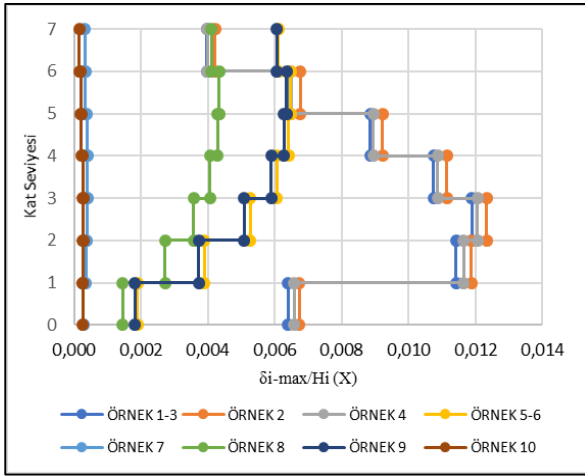


Şekil 9. Y doğrultusundaki maksimum kat yerdeğiştirmeleri

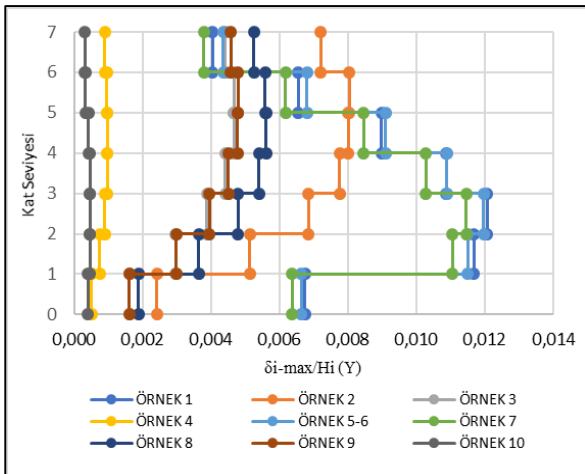
Şekil (11)'de Y doğrultusundaki etkin görelî kat ötelemelerine bakıldığında ise perde bulunmayan modellerde 2 ve 3. katta maksimuma çıkan etkin görelî kat ötelemeleri 3. kattan sonra düşüş göstermeye başlamıştır. Y doğrultusunda perde bulunan modellerde ise alt katlarda çerçeve sisteme göre daha az kat ötelemesi yaparken 6 ve 7. katlarda çerçeve sisteme göre fazla görelî kat ötelemesi yaptığı görülmüştür. Y doğrultusunda çevresinin tamamına perde yerleştirilmiş sistemlerde ise görelî kat ötelemeleri sınırlı düzeyde kalmıştır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda çerçevelerin daha çok üst katlarda perdelerin ise daha çok alt katlarda etkin olup ötelemeleri karşıladıkları sonucuna varılabilir. Perdelerin daha etkin olduğu yapı sistemlerinde yapısal davranış düşey bir konsol kirişe benzerken, çerçeve sistemde görelî kat öteleme oranları alt katlarda daha büyük değerlere ulaşmaktadır.

Bütün katlarda $(\delta_i)_{\max} / h_i \leq 0,02$ koşulu sağlandığından dolayı görel kat ötelemeleri oranı yönetmelikteki sınır değerinin altındadır.



Şekil 10. X doğrultusundaki maksimum etkin görel kat ötelemeleri



Şekil 11. Y doğrultusundaki maksimum etkin görel kat ötelemeleri

5. Sonuçlar

Deprem etkisi altında betonarme yapıların tasarımında yatay yükleri karşılayan düşey taşıyıcı elemanların boyutlandırılması yapı güvenliği ve maliyeti açısından önem taşımaktadır. Kat adedinin artması ile betonarme binalarda moment aktaran çerçeve sistem, yatay rijitliğin sağlanmasında yeterli olmayabilir. Deprem yüklerinin çerçeve ve perdeler ile taşındığı betonarme yapılarda perdeler kesit alanları ve yüksek eğilme rijitlikleri ile yatay yükün önemli kısmını karşılar; yatay ötelemeleri ve ikinci mertebe etkilerini sınırlandırır. Ancak, perdenin plandaki boyutu ve yerleşimi yapı üzerindeki yük akışını etkiler. Bu sebeple, perde ve çerçevesi yapılarda düşey taşıyıcı elemanların düzenlenmesi yapı güvenliğini ve maliyetini etkileyen bir ön tasarım problemidir.

Bu çalışmada, deprem yüklerinin çerçeve ve perdeler ile taşındığı betonarme yapılarda perdelerin konumu ve boyutlarının yapısal davranışa etkisi araştırılmıştır. Plan boyutları ve açıklıkları aynı olan 7 katlı 10 farklı yapı modeli bir sonlu elemanlar analiz programı ile geliştirilmiştir. Yapı modellerinde planda X ve Y yönlerine ya da aynı anda X ve Y yönüne farklı konumda perde elemanlar yerleştirilmiştir. Daha önceki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada perde ve çerçeve sistemde taşıyıcı sistem davranış katsayısının dinamik davranışa olan etkisi detaylı olarak araştırılmıştır. Her model için taban kesme kuvveti hesabında kullanılan taşıyıcı sistem davranış katsayısı R; perde katkı oranı katsayısı α 'e bağlı olarak hesaplanmıştır. Tüm yapısal analizlerde taşıyıcı sistem düzenlemesinin doğal titreşim periyodu, kat kesme kuvvetleri ve görel kat ötelemeleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Bu çalışma sonucunda, prototip yapı modellerinin sayısal analizlerinde daha önceki çalışmalarla da belirtilen sonuçlar ile benzer olarak (Işık vd 2017; Uçar vd. 2014; Gürbüz vd. 2013);

- X ya da Y yönünde sisteme ilave edilen perde elemanlar, yapı sisteminin yatay rijitliğinde artışa ve incelenen doğrultuda titreşim periyodunda düşüşe sebep olmuştur.
- Çerçeve sisteme ilave edilen perde elemanlar, yerleştirilen yönde yapıyı rijitleştirirken aynı zamanda yapıya etkiyen taban kesme kuvvetini de arttırmaktadır.
- Çerçeve sisteme ait yapı modelinde etkin görel kat öteleme değeri üst katlarda azalırken perdeli sistemlerde üst katlarda artmaktadır.

Perde alanı artışı ile toplam deprem yükünün büyük bir bölümü perde tarafından taşınmakta, perde katkı katsayısı α s, 0,75 değerini aştığı için taşıyıcı sistem davranış katsayısı da 6'ya yaklaşmaktadır.

Yapılarda deprem güvenliğinin sağlanması için her iki yönde perde elemanların yerleştirilmesi, yapının asal eksenleri doğrultusunda birbirine yakın titreşim periyodlarına sahip olmasını sağlar. Perde elemanlarının kesme alanları ile birlikte plandaki yerleşiminin de yapı davranışında önemli rol oynadığı göz ardı edilmemelidir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) (1998). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

- Aka, İ., Keskinel, F., Çılı, F., & Çelik, O. C. (2001). Betonarme. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Aktan, S., Kırac, N., 2010, Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 23(1), 15-32.
- Celep, Z. (2013). Betonarme Yapılar. İstanbul: Beta Dağıtım.
- Darılmaz, K. (2012). Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Tasarımına Giriş. İstanbul: Yapı Yazılım Yayınları.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) (2007). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Doğangün, A. (2016). Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Ersoy U., 2013, Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Öntasarımı İçin Basit Bir Yöntem, İMO Teknik Dergi, 6559-6574, Yazı 409.
- Gülay F.G., Özmen G., Doğan F., 1999, Perde Çerçevesi Yapılarda Perde Katkı Katsayısının Hesabı İle İlgili Parametrik İnceleme, Türkiye İnşaat Mühendisliği 15. Teknik Kongresi, Sayfa 417-434.
- Gürbüz A., Tekin M., Mevcut Betonarme Bir Yapının Perde Duvarlar Kullanarak Deplasmana Dayalı Yöntemle Güçlendirilmesi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 25-27 Eylül 2013, Hatay.
- Işık E., Yamaç Ö., Erçek M.S., Yamaç İ., 2017, Farklı Taşıyıcı Sistemlerdeki Yapılarda Malzeme Dayanımın Yapı Performansına Etkisi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 33, Sayı 1, 33-40.
- Kaya, G. (2018). Betonarme Perde ve Çerçevesi Yapılarda Perde Boyutlandırması ve Yerleşiminin Deprem Davranışına Etkisi. İstanbul: Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koç Y., Gültekin A.B., Durmuş G., Dikmen Ç.B., Yüksek Yapı Tasarımının Malzeme ve Taşıyıcı Sistem Kapsamında İncelenmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, 2178-2183.
- Özmen, G., Orakdoğan, E., & Darılmaz, K. (2013). Örneklerle SAP2000-V15. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Özsoy, A. E., & Özgen, K. (2005). Perdelerdeki Boşlukların Yatay Ötelenmeye Etkisi. Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005, (s. 444-450).
- SAP2000, (V16). Integrated Software for Structural Analysis and Design. Computers and Structures, Inc., California, USA.
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)(2018). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Uçar T., Toumatarı S.G., Ertutar Y., 2014, Çerçeve Düzlemi İçinde Eklenen Perdelerin Betonarme Binaların Yapısal Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi Cilt 3, Sayı 1, 56-68.