

Perdeli çerçeve sistemlerde boşluklu perdenin boşluk oranının yatay ötelemeye etkisi

*¹Hüseyin KASAP

²İmren BAŞAR

²Esra BAŞKAYA

*¹Necati MERT

*¹Yrd.Doç.Dr, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya

²İnşaat Mühendisi, SAU Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya

Abstract:

In the analysis and design of the structure under earthquake loads, it is important to limit the horizontal displacements of the system. Curtain walls differ in terms of system behavior and horizontal drift when constructed with voids. With the increase of the cavity dimensions, the system behavior approaches the frame system by moving away from the behavior of the console fence to the simulated curtain wall. In this study, displacements of hollow curtain walls under horizontal loads were investigated. The variation of the position and space ratio of the curtains in the floors was investigated separately. The results are compared with curtain wall models with door openings on each floor. For the selected models, a solution was sought using the finite elements (Elif ÖZSOY, Kaya ÖZGEN) [7]. In cases where the empty pitch is external or internal, the case where the empty pitch is internal and close to or in the middle of the external axis will be investigated for the different space ratios and position in the hollow pitch in accordance with the results obtained by modeling in IDECAD and the effect on building behavior will be examined. As a result of this study, proposals will be presented to the project producers economically in the design of hollow curtains.

Keywords: Spaced Curtain Walls, Curtain Walls, Finite Elements Method, Horizontal Displacement.

Özet:

Deprem yükleri altında yapının analizi ve tasarımında, sistemin yatay ötelenmelerinin sınırlandırılması önem taşır. Perde duvarlar, boşluklu inşa edildiklerinde sistem davranışı ve yatay ötelenme açısından farklılıklar göstermektedir. Boşluk boyutlarının büyümesi ile sistem davranışı, konsol kirişe benzetilen perde duvar davranışından uzaklaşarak, çerçeve sistemine yaklaşmaktadır. Bu çalışmada, boşluklu perde duvarların yatay yükler altındaki ötelenmeleri incelenmiştir. Perdelerin katlar içindeki konumu ve boşluk oranının değişimi ayrı ayrı incelenmiştir. Sonuçlar, her katta kapı boşluğu olan perde duvar modelleri ile karşılaştırılmıştır. Seçilen modeller için sonlu elemanlar kullanılarak çözüm aranmıştır (Ayşe Elif ÖZSOY , Kaya ÖZGEN) [7].

*Corresponding author: Yard. Doç. Dr. H.KASAP Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address:hkasap@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955754

Boşluklu perdenin dış aksta olması veya iç aksta olması durumları ile boşluklu perdenin iç aksta olup dış aksta yakın veya ortalarda olması durumları IDECAD'te modellenerek elde edilen sonuçlar doğrultusunda boşluklu perdede farklı boşluk oranları ve konumu için irdelenecek ve bina davranışına etkisi incelenecektir. Bu çalışmanın sonucunda boşluklu perde tasarımında ekonomik açıdan proje yapımcılarına öneriler sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Boşluklu Perde Duvarlar, Perde Duvarlar, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Yatay Ötelenme.

1. Giriş

Rijitliği kolonlara göre daha yüksek olan perde duvarlar, depremin meydana getirdiği yatay kuvvetlerin karşılanması için tercih edilmektedir. Perde duvarların kullanıldığı taşıyıcı sistemlerde, çoğunlukla kapı, pencere ya da tesisat geçişi gibi işlevsel nedenlerden ötürü boşluklu perde duvar ihtiyacı doğmaktadır. Bu tip yapılarda, boşlukların perde duvarlar içindeki konumları, yapı davranışına etkileri göz önünde bulundurularak, önceden tasarlanmalıdır. Boşlukların konumları ile birlikte duvar boyunca sayıları ve boyutları da yapının davranışını ve perde duvardaki gerilme dağılımını etkilemektedir.

Boşluğun duvar boyutlarına göre küçük olduğu durumlarda sisteme etkisi ihmal edilerek, perdeler boşluksuz kabul edilebilmektedir. Ancak boşluğun büyük olduğu ya da perdenin kritik bir bölgesinde konumlandığı durumlarda, sisteme etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Boşluğun duvarın orta bölgesinde bulunduğu durumlarda kesme dayanımı önemli ölçüde düşerken, moment taşıma kapasitesi aynı derecede etkilenmemektedir. Boşluğun duvar sınırına yakın olduğu durumda ise, hem kesme hem de eğilme dayanımının büyük ölçüde etkilendiği konuya ilişkin çalışmalarda belirtilmektedir (Taylor ve diğ., 1998). Boşlukların duvar boyunca şaşırtmalı olarak konumlandırıldığı deneysel çalışmalar, özellikle zemin katta duvar sınırına yakın konumlandırılan boşlukların kesme basınç kırılmalarına sebep olduğunu ortaya koymuştur (Ali ve diğ., 1990) [6].

Boşlukların her katta düzenli olarak konumlandırıldığı durumlarda, sistemin sonlu elemanlar ile modellenmesi yerine boşluk üzerindeki bölgeyi uç kesimleri sonsuz rijit kirişler, boşluk dışında kalan bölgeleri ise geniş kolonlar şeklinde idealize ederek oluşturulan eşdeğer çerçeve sistemi uygulamada sıkça kullanılan bir yöntemdir. Konuya ilişkin çalışmalar, özellikle yatay ötelenmeler ve rijitlik için bu idealizasyonun geçerliliğini göstermektedir (McLeod, 1967) [5].

Boşlukların her katta düzenli konumlanmadığı ya da boşluk boyutlarının değişken olduğu durumlarda, iç kuvvetlerin bulunması ve sistemin doğru bir şekilde analiz edilmesi için sonlu elemanlar yönteminin kullanılması uygun olmaktadır. Bu durumda perde duvar, düzlem gerilme elemanları kullanılarak modellenmektedir.

Deprem yükleri altında farklı boşluklu ve farklı konumdaki perde duvarların yatay ötelenmeleri

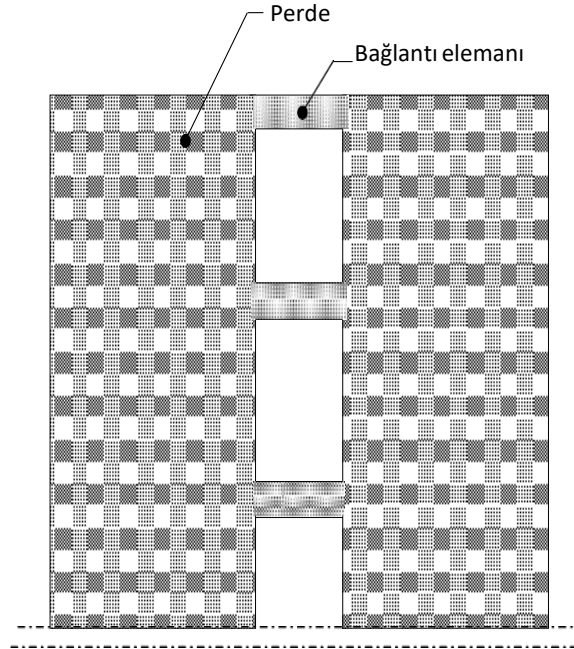
farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, perde duvarlarda boşluğun konumunun yatay yükler altında ötelenmeye etkisi, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, araştırılmıştır. Katlar boyunca düşey doğrultuda konumu sabit tek boşluklu perde duvarın, her katta düzenli boşluklu ve farklı akslarda bulunma durumları için sistemin ötelenmeleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

1.1.Boşluklu Perdeler

Perdeli sistemlerde, kapı, pencere boşlukları bırakılması nedeniyle perde elemanlarda düşeyde ve/veya yatayda bir süreksizlik meydana gelecektir. Perdeli sistemlerin özel bir hali olarak tasarlanan bu tür sistemlere boşluklu perdeler denilmektedir.

Bu durumda boşluklu perdeleri; iki perde duvarın, bağ elemanı diye adlandırılabilir kısa kirişlerle birbirlerine bağlandığı perde sistemler olarak tanımlamak mümkündür (Şekil 1). Bu bağ elemanları; kimi kez döşeme plağının bu kısmı, kimi kez çubuk davranışında kirişler, kimi kez de çubuk davranışına uymayan perde parçalarıdır (levha).

Genelde söz konusu bağ elemanlarının boyutları, gerek mimari zorunluluklar gerekse çözüm kolaylığı açısından tüm katlarda sabit olacak şekilde düzenlenir. Ancak bu durumda boşluklu perdelerin bağ elemanları bazı bölgelerde (perdeye saplandığı kesimler) yetersiz kalabilir. Yeterli olup olmayacağına karar vermek bakımından, bağ elemanlarının plastic davranışlarının da bilinmesi gerekir.



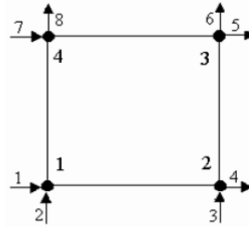
Şekil 1. Boşluklu Perde

2. Kullanılan Yöntem

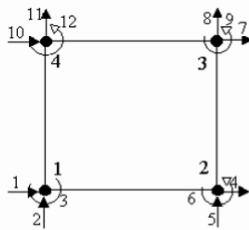
Perde duvarların analizinde sonlu elemanlar yönteminin kullanımı 1960'lara kadar uzanmaktadır.

Özel paket programların geliştirilmesi ile yapı sistemlerinin çözümlenmesinde yöntemin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu yöntem ile perde duvar çözümlenmesinde genellikle 8 serbestlik dereceli dikdörtgen düzlem gerilme elemanı yeterli derecede yaklaşık çözüm olanağı sağlamaktadır (Şekil 2a). Düğüm noktalarında iki öteleme serbestliği bulunan elemanın enterpolasyon fonksiyonunun lineer olması nedeni ile her bir eleman için kesme gerilmesi sabittir. Bu yüzden 8 serbestlik dereceli eleman çözümlenmesi, eleman ağının yeterince sık olmadığı durumlarda gerçek gerilme dağılımını yansıtmamaktadır (Kim ve diğ., 2003) [3].

Perde duvarın çerçeve ile birlikte kullanıldığı yapı sistemlerinin modellenmesinde, perde duvarlar için düzlem gerilme elemanları, bağ kiriş için tek boyutlu çubuk elemanlar kullanılmaktadır. Bağ kirişlerin perde ile birleştiği noktalarda kiriş eğilme momentinin duvara aktarılabilmesi için düzlem gerilme elemanlarının dönme serbestlikleri bulunmalıdır. Bu durumda, McLeod (McLeod, 1969) [4] tarafından perde duvar için 12 serbestlik dereceli dikdörtgen düzlem gerilme elemanın kullanımı önerilmiştir (Şekil 2b). Bu elemanın kullanılması ile, düzlem gerilme elemanı ile çubuk elemanın şekil fonksiyonlarının uyumu sağlanmaktadır. Bu yöntemle aynı zamanda duvardaki kesme gerilmesi dağılımı gerçeğe uygun bir şekilde ifade edilebilmektedir.



Şekil 2.a Serbestlik Dereceli Dikdörtgen Düzlem Gerilme Elemanı



Şekil 2.b Serbestlik Dereceli Dikdörtgen Düzlem Gerilme Elemanı

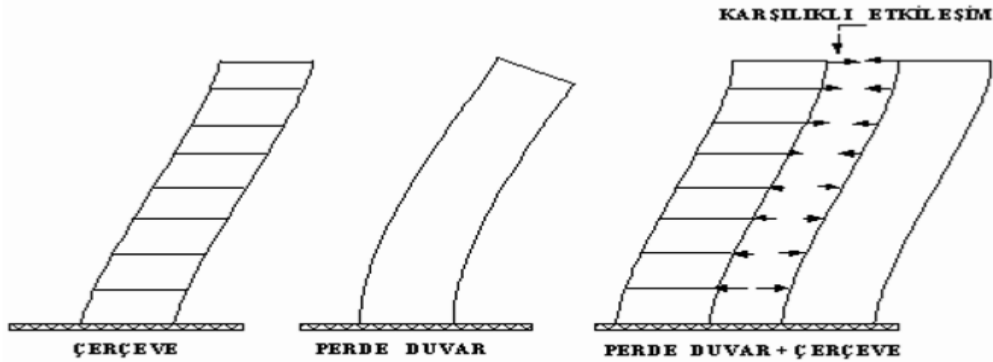
Perde Duvarların Yatay Ötelenmesi

Özellikle çok katlı binalar için, yatay yüklerin yapıya olan etkisi yapısal çözümlemede öncelikli duruma gelir. Binanın yüksekliğinin artması yatay yerdeğiştirmelerin çok büyük değerlere ulaşmasına sebep olur. Bu durumda, perde duvarlar sistemin yatay rijitliğini artırarak çok katlı binaların rölatif kat yerdeğiştirmelerini sınırlandırır ve olası hasarları engeller.

Çok katlı binaların taşıyıcı sistem tasarımında, perde duvarların birbirlerine kat seviyesinde bağ kirişleriyle birleştirildiği sistem yaygın bir kullanımdır. Bu tür sistemlerde, bağ kirişlerinde meydana gelecek hasarlar, deprem enerjisinin önemli bir kısmını karşılar.

Yatay yük altında bağ kirişli ve boşluklu perde duvarların davranışları farklılıklar gösterir. Perde duvar, konsol kiriş davranışına benzer olarak yatay yükler altında eğilme momenti ve kesme kuvvetine maruz kalırken aynı zamanda gelen yükler ve kendi ağırlığı nedeniyle eksenel basınç altındadır. Perde yüksekliğinin perde uzunluğuna oranının (h_w/l_w) küçük olduğu alçak binalarda sistem davranışı yüksek kirişe benzemektedir. Bu durumda perde duvar analizi ve tasarımı gerçekleştirilirken, yüksek binalardaki perde duvarlardan farklı olarak yüksek kiriş davranışı göz önünde bulundurulmalıdır.

Bağ kirişli perde duvar sistemi boşluklu perde duvar olarak kabul edilebildiği gibi aynı zamanda düğüm noktalarında sonsuz rijit kirişler bulunan, perde boyutunda kolonlardan oluşan çerçeve sistemi olarak da idealize edilebilirler. Bağ kirişli perde duvar sistemlerinin kirişlerinde oluşan kesme ve eksenel kuvvete bağlı şekil değiştirmeleri, tüm sistemin yerdeğiştirmesinde önemli rol oynar. Başka bir deyişle, duvarlar arasında kesme ve eksenel kuvvet aktaran bağ kirişleri sistemi konsol kiriş ile çerçeve arasında karma bir sisteme dönüştürür. Sistem davranışları ayrı ayrı incelendiğinde, rijit çerçeve durumu için en büyük kesme kuvveti ve dönme sistemin tabanında oluşurken, perde duvar için en büyük dönme duvarın en üstünde oluşur (Şekil 3). Karma sistemde ise, sistemlerin farklı yerdeğiştirme özellikleri nedeni ile, bina üst kesiminde perdeler bağ kirişleri tarafından birbirlerine doğru çekilirken; bina alt kısmında bu durumun tersi oluşur. Bu nedenle yatay yükler, bina üst kısımlarında daha çok çerçeve, alt kesimlerde ise perde duvarlar tarafından karşılanır (Aka ve diğ., 2001).



Şekil 3. Yatay Yük Altında Çerçeve-Perde Duvar Davranışı

Boşluklu perde duvarların yatay yük altındaki davranışı boşluğun boyutu, sayısı ve konumuna göre farklılık göstermektedir. Boşluk adedinin, konumunun ve sayısının değişken olduğu perde duvarlarda yatay ötelenmeleri ve sistem davranışını belirlemek için gerekli deneysel çalışmalarla birlikte sonlu elemanlar yöntemi ile gerçekleştirilen sayısal çözümler yapılmaktadır

2.1. Sayısal Çözümler

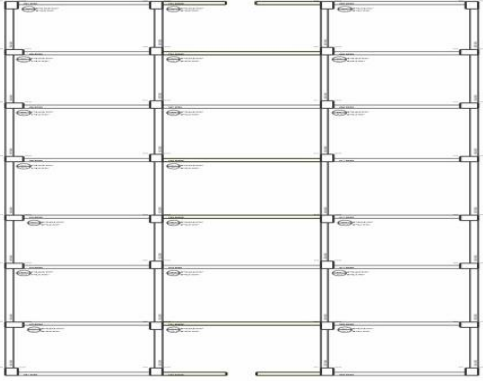
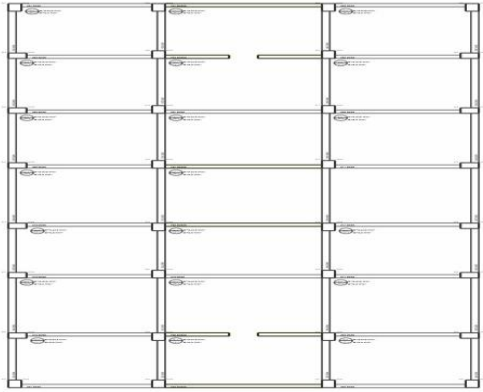
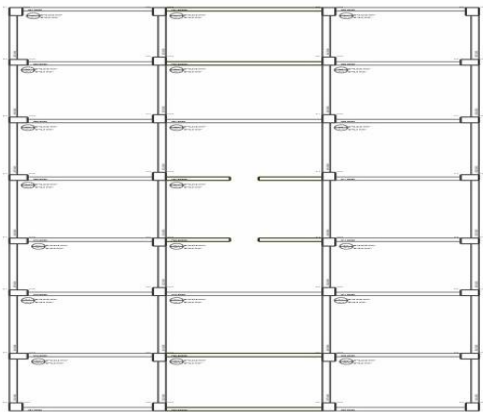
Bu çalışmada, boşluklu perde duvarların yatay yük altındaki ötelenmesi, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak incelenmiştir. IDECAD kullanılarak gerçekleştirilen perde duvar modellerinde, elemanların düğüm noktalarındaki dönme serbestliğini göz önünde bulundurmak amacı ile duvar kalınlığında dikdörtgen kabuk elemanlar kullanılmıştır. Yatay yükler altındaki 5 katlı perde duvarlı sistem, 6 farklı durum için modellenmiştir. Malzeme ve geometri açısından birbirleri ile aynı olan modellerde, her model için kapı tipi boşluğun konumu akslara göre ve boşluk oranı değişkendir. Sistem davranışı yatay ötelenme açısından incelenirken sayısal çözümler, perde duvar malzemesinin lineer elastik olduğu varsayımına göre gerçekleştirilmiştir. Her model için aynı olan malzeme ve geometri özellikleri, Tablo 1’de verildiği gibidir.

Tablo 1. Perde Duvar Modelleri İçin Kullanılan Özellikleri

Perde duvar kalınlığı	0.30 m
Perde duvar genişliği (Perde boşluk oranı 1. Durum: 110/600 cm, Perde Boşluk oranı 2. Durum: 220/600 cm)	6.00 m
Kat yüksekliği	2.80 m
Toplam yükseklik	14.00 m
Elastisite modülü (E)	30 250 MPa
Poisson oranı (ν)	0.2
Yapı boyutu	18 m x 35 m

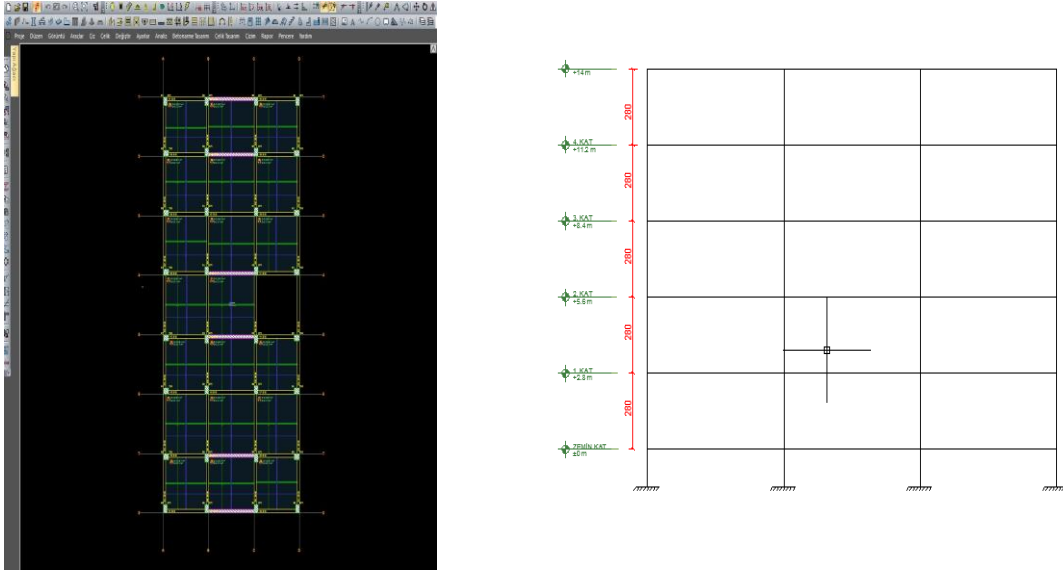
İncelenen yapıların model isimleri şematik kat planları Tablo 2 de verilmiştir.

Tablo2. İncelenen Yapıların Model İsimleri Şematik Kat Planları

Model (Tip) İsmi	Zemin Kat Planı
<p style="text-align: center;">M₁ (Betonarme Boşluklu Perdelerin her katta dış aksta olması durumu)</p>	
<p style="text-align: center;">M₂ (Betonarme Boşluklu Perdelerin her katta iç aksta olup, dış aksta yakın olması durumu)</p>	
<p style="text-align: center;">M₃ (Betonarme Perdelerin her katta orta aksta olması durumu)</p>	

M5, M6, M7 modellerinde boşluk oranı 2 katına çıkarılmıştır. ($h_{01}=220$ cm, $l_{01}=110$ cm
 $h_{02}=220$ cm, $l_{02}=220$ cm)

İncelenen yapıların İdecad programındaki modellenen kat planı ve düşey kesiti Şekil 4 te görülmektedir.



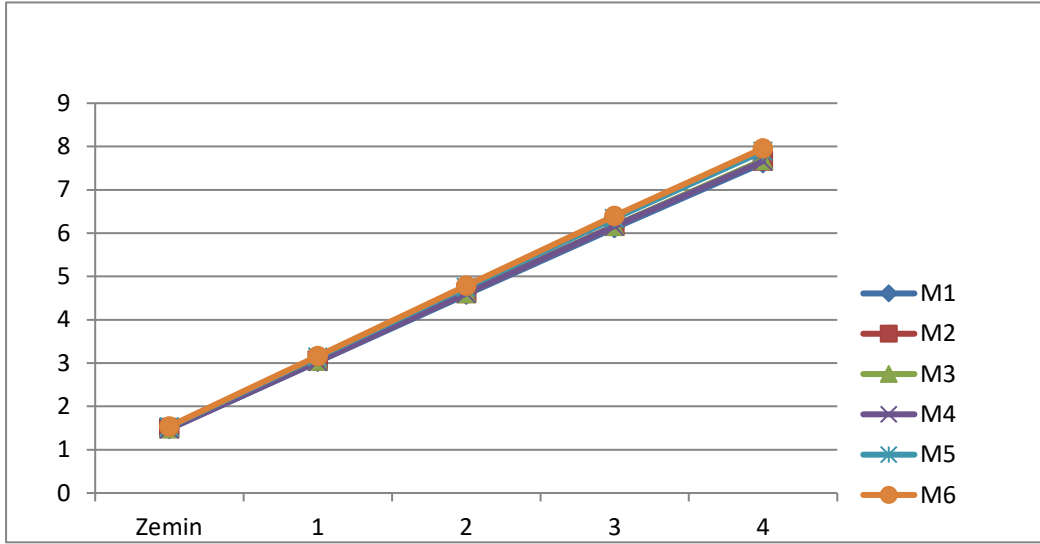
Şekil 4. Modellenen binanın IDECAD kat planı ve düşey kesiti

İncelenen yapı modellerinin katlara göre yatay ötelenmeleri Tablo 3 de verilmiştir.

Tablo 3. Perde Duvar Modellerindeki Yatay Ötelenme Değerleri (mm)

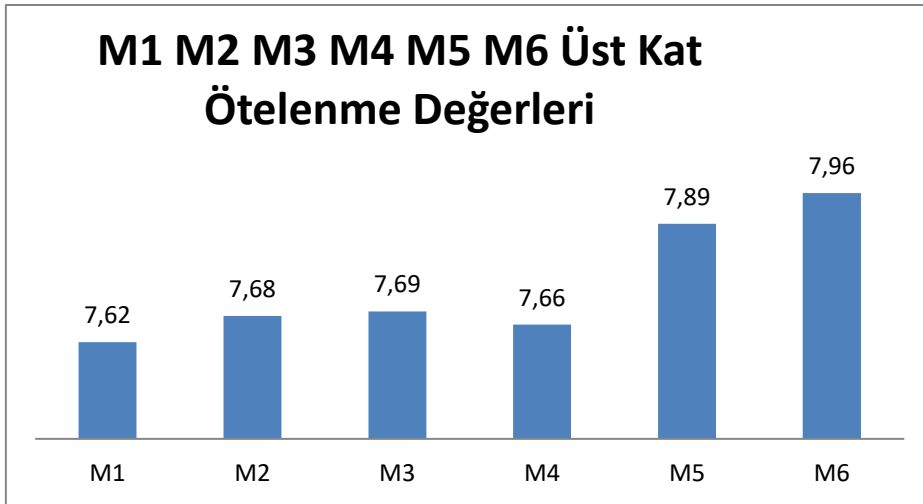
	B. Perdeler dış aksta M1	B. Perdeler İç aksta M2	B. Perdeler orta aksta M3	Boşluk oranı 2 kat M4	Boşluk oranı 2 kat M5	Boşluk oranı 2 Kat M6
4.kat	7,62	7,68	7,69	7,66	7,89	7,96
3. kat	6,12	6,17	6,17	6,16	6,34	6,40
2.kat	4,58	4,62	4,62	4,61	4,75	4,79
1.kat	3,03	3,06	3,06	3,04	3,14	3,16
Zemin	1,48	1,50	1,50	1,48	1,53	1,54

İncelenen yapı modellerinin katlara göre yatay yatay ötelenmeleri grafik olarak Şekil 5 de görülmektedir.



Şekil 5. Perde Duvar Modellerinin Yatay Ötelenmeleri

İncelenen yapı modellerinin üst kat ötelenme değerleri grafik olarak Şekil 6 da görülmektedir.



Şekil 6. Perde Duvar Modellerinin Üst Kat Ötelenmeleri

3.Sonuçlar

Çözümlenmeler yatay ötelenmeler açısından incelendiğinde, boşluklu perdenin dış aksta olması veya iç aksta olması durumları ile boşluklu perdenin iç aksta olup dış aksta yakın veya ortalarda olması durumları gözlemlenmiştir. Boşluklu perde konumlarının değişiminin (M1,M2,M3) yatay ötelenmelerde afaki bir fark oluşturmadığı görülmektedir.

Seçilen modellere göre, birbirinden en farklı davranışı gösteren M1 ve M6 modelleri arasında üst

kat yatay ötelenmesi %4.5 mertebesinde değişmektedir. Modeller arasında yatay ötelenme değerleri en düşük olan sistem, boşluklu perde duvar modeli M1'dir. Sonuçlar karşılaştırıldığında, M2 ve M3 modellerinde sadece en üst katta yatay yer değiştirmede az bir farklılık görülmektedir. Bu durum boşluklu perde iç aksta olup dış aksa yakınken, ve iç aksta olması durumlarında oluşmaktadır. Şekil 6'ta görüldüğü gibi boşluklu perde duvar modeli M1, yatay ötelenmeler açısından alt sınırı oluştururken, M6 modelinde boşluk oranı iki katına çıkıp perde iç aksta konumlandırıldığında M6 sistemi üst sınırı oluşturmaktadır.

Sonuç olarak perde duvarlarda boşluk oranının sabit tutulup, farklı akslarda konumlandırıldığında veya konumlandırıldığı aks sabit tutulup, perde boşluk oranı 2 katına çıkarıldığında perde duvar davranışı ile karşılaştırıldığında yatay ötelenmeyi arttırmaktadır, fakat sistemi önemsiz derecede etkilemektedir. Modeller arasında en yüksek yatay ötelenme değerlerine sahip sistem boşluk oranı 2 katına çıkarılan ve iç aksta olan M6 modeline aittir.

Bu çalışmada, yatay ötelenmeler için çözümlenmeler yapılırken 5 katlı perde duvar modeli esas alınmıştır. Çalışmanın ilerletilmesi amacı ile, çözümlenmeler farklı perde yükseklikleri ve boşluk boyutları alınarak gerçekleştirilmeli ve sonuçlar yatay ötelenmelerin yanı sıra iç kuvvetlerin değişimi açısından da irdelenmelidir.

4.Kaynaklar

[1] ALİ, A. and WIGHT, J. K., 1990. Reinforced concrete structural walls with staggered opening configurations under reversed cyclic loading, UMCE 90-05, Department of Civil Engineering, University of Michigan, An Arbor, Michigan.

[2] AKA, İ., KESKİNEL, F., ÇILI, F., ÇELİK, O. C., 2001. Betonarme, Birsen Yayınevi, İstanbul, 631.

[3] KIM, H. S. and LEE D. G., 2003. Analysis of shear wall with openings using super elements, Engineering Structures, 25, pp. 981-991.

[4] MC LEOD, A., 1967. Lateral stiffness of shear walls with openings, in tall buildings, Proceedings of a Symposium on Tall Buildings, Pergamon Press, Southampton, New York, pp. 223-244.

[5] MC LEOD, A., 1969. New rectangular finite element for shear wall analysis. J. Struct. Div., ASCE, 95(3), pp. 399409.

[6] TAYLOR, C. P., COTE, P. A., WALLACE, J. W., 1998. Design of slender reinforced concrete walls with openings, ACI Structural Journal, V.95, pp. 420-433.

[7] Deprem Sempozyumu KOCAELİ 2005 (23-25 Mart 2005), Ayşe Elif ÖZSOY, Kaya ÖZGEN.