

Perdeli-Çerçevesel Taşıyıcı Sistemli Binalarda Taşıyıcı Sistem Seçiminin Yapı Davranışı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

¹ Hüseyin KASAP, *¹ Necati MERT, ¹ Ezgi SEVİM, ¹ Begüm ŞEBER

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Özet

Bu çalışmanın amacı yapıya gelen yüklerin çerçevesel sistemlerle perdeli-çerçevesel sistemlerde taşıyıcı elemanlara dağılımlarını incelemek ve karşılaştırmaktır. Kolon boyutları ve taşıyıcı sistemde perde yerleri değiştirilerek inceleme yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Statik ve dinamik analizlerin yapılmasında, ideCAD Statik 7 programından faydalanılmıştır. Modellerin statik ve dinamik analizinde mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kayma Duvarları, Takviyeli Beton, Yapısal Analiz, Çatı ve Çatı Kayma Duvar Sistemleri

Investigation of the Effect of Structural System on the Behaviour of the Behavior of the Buildings with Sheer-Wall Frame System

¹ Hüseyin KASAP, *¹ Necati MERT, ¹ Ezgi SEVİM, ¹ Begüm ŞEBER

¹Sakarya University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Turkey

Abstract

This research aims to study and to compare structural members load carrying capacity for frame structure and shear wall- frame structure. Comparisons are made for different column dimensions and different locations of shear walls. Commercial software package, ideCAD Static 7, is employed for dynamic modal analysis of structures.

Keywords: Shear Walls, Reinforced Concrete, Structural Analysis, Frame and Frame and Shear-Wall Systems

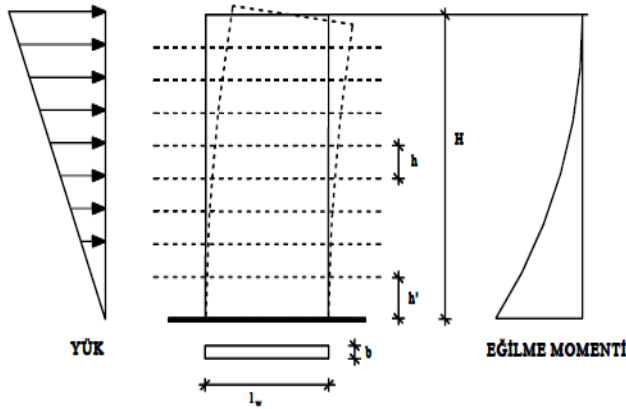
1. Giriş

Yüksek yapılarda taşıyıcı sistemler kullanılan malzeme, yapı yüksekliği, kat adedi ve yapının işlevine göre çeşitlilik gösterir. Yüksek yapılara etki eden yatay ve düşey kuvvetlerin aktarılmasında kullanılan taşıyıcı sistem tipleri çerçeve sistem, perde duvarlı sistem, çerçeve ve perde duvarlı sistem, çekirdekli sistem, tübüler sistem olarak sınıflandırılabilir[1]. Çerçeveler, kolon ve kirişlerin birleşmesi ile meydana gelen ve daha çok düşey yük taşıyıcı elemanlarıdır. Bunlar, donatılarının iyi düzenlenmesi koşuluyla, yükseklikleri 25 metreyi geçmeyen yapıların yatay yüklere karşı, yönetmeliklerde öngörülen emniyetlerinin

sağlanmasında da kullanılabilir. Nitekim yapılan bu çalışmada çerçevesel taşıyıcı sistem için yapı yüksekliği 25 metrenin altında olup 19,95 metredir.

Perdeler yatay yükler altında konsol kiriş gibi davranırlar (Şekil 1). Perdeler, kat seviyesinde döşemelerle rijit olarak bağlandığından, ince kesitlerine rağmen yanal burkulma tehlikesi minimum seviyededir. Perdelerde burkulmaya neden olan kritik boy olarak perde yüksekliği yerine, kat yüksekliğinin kabul edilmesi uygundur. Konsol perdeler yatay yüklerden oluşan eğilme momenti yanında, düşey yüklerden gelen eksenel normal kuvvetin de etkisi altındadır [2].

*Corresponding author: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: mert@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955743 Fax: +902642955601



Şekil 1. Konsol Perde Davranışı

Yüksekliği az olan yapılarda deprem kuvvetleri az olur. Ayrıca mimari plana uygun olarak perdeler gereğinden büyük yerleştirildiğinden aşırı zorlanma oluşmaz. Bu durumda iki doğrultuda %0.25 oranında bir konstrüktif donatı tavsiye edilir. Böylece perdenin moment taşıma özelliği sağlandığı gibi, sünekliği de önemli ölçüde artar. Gövdede bulunan donatının kuvvet kolu küçük olduğundan etkili bir şekilde kullanılamaz. Perdelerde gövde donatısının artırılması ile taşınacak moment büyütülse de kesitin göçme durumunda ulaşabileceği eğrilik yani kesitin sünekliği azalır.

Perdeli-çerçevesel taşıyıcı sistemlerin analizi ve modellemesi birçok araştırmaya konu olmuştur.

Hümeysra Şahin ve Kürşat Esat ALYAMAÇ [3] tarafından gerçekleştirilen çalışmada perde + çerçevesel sistemler için gerekli olan perde oranı, kat sayısı dikkate alınarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Z+4, Z+7 ve Z+11 katlı 16,30 m X 25,3 m boyutlarında dikdörtgen planlı perde + çerçevesel binalar oluşturulmuştur. Çalışmada 1. Deprem Bölgesi, Z3 Zemin Sınıfı ve Bina Önem Katsayısı $I = 1$ dikkate alınmıştır.

M. Sami Döndüren ve Adnan Karaduman tarafından yapılan çalışmada, farklı taşıyıcı sistemlerle

oluşturulan yüksek katlı bina modelinin deprem davranışlarının karşılaştırılması yapılmıştır. İlk model perde sistemli, ikinci model ise çerçevesel sistemli olacak şekilde çözülmüştür [6].

Farklı parametrelere göre yapılan çerçevesel ve karma sistem analiz sonuçları incelendiğinde, karma sistemlerde perdeler çok katlı yapıların yatay rijitliklerini arttırmaktadır. Elastik enerji tüketme güçleri çerçevesel yapılara göre çok daha yüksektir. Elastik ötesi enerji tüketme güçleri ise çerçevesel yapılara göre daha düşüktür.

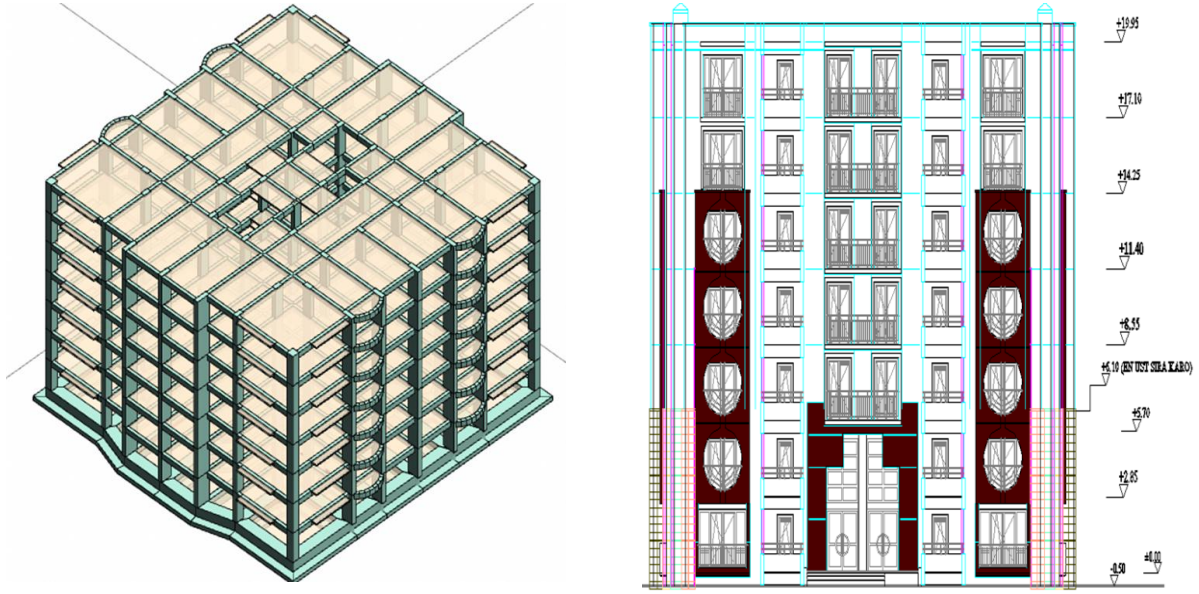
Yatay yük doğrultusuna göre simetrik olarak perde duvarlardan oluşturulmuş bir taşıyıcı sistemde, perde duvarların relatif rijitliklerinin tüm yapı yüksekliğince sabit kalması durumunda her bir perdenin katlarda kat kesme kuvvetinden alacağı pay, o perdenin o kattaki perdeler ile boşluklu perdelerin rijitliklerine göre olan relatif rijitliklerine bağlıdır [5].

2. Metot

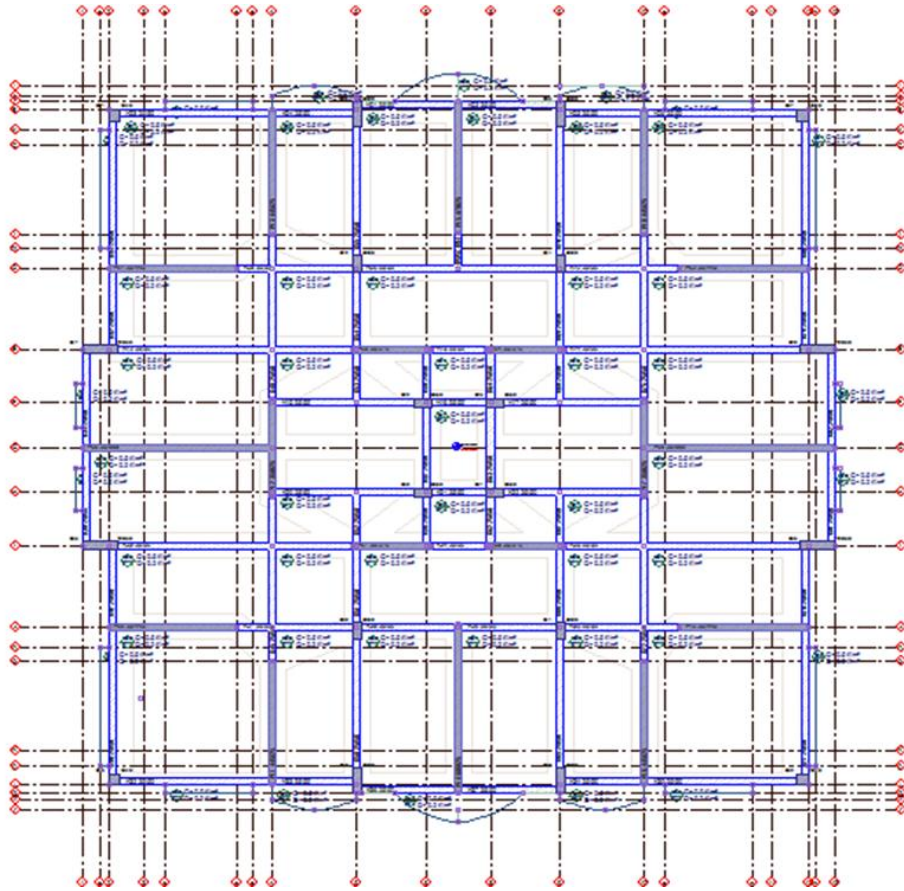
Çerçevesel sistem analizinde, statik tasarımı yapılan projede kolon yerleşimleri ve boyutları bakımından 4 tip plan üzerinde çalışılmıştır. Kolon boyut oranlarına göre büyükten küçüğe olacak şekilde A1, A2, A3, A4 olarak isimlendirilmiştir. Çerçevesel sistemlerde, A1 tipinde kolonlar 35cm/65cm, A2 tipinde kolonu 30cm/60cm, A3 tipinde kolonu 30cm/70cm, A4 tipinde ise kolonlar 30cm/75cm boyutlarında seçilmiştir (Şekil 2).

Perdeli çerçevesel sistemde, Perdelerin yerleşim biçimlerine göre B1 ve B2 olmak üzere 2 tip plan bulunmaktadır. (Şekil 3).

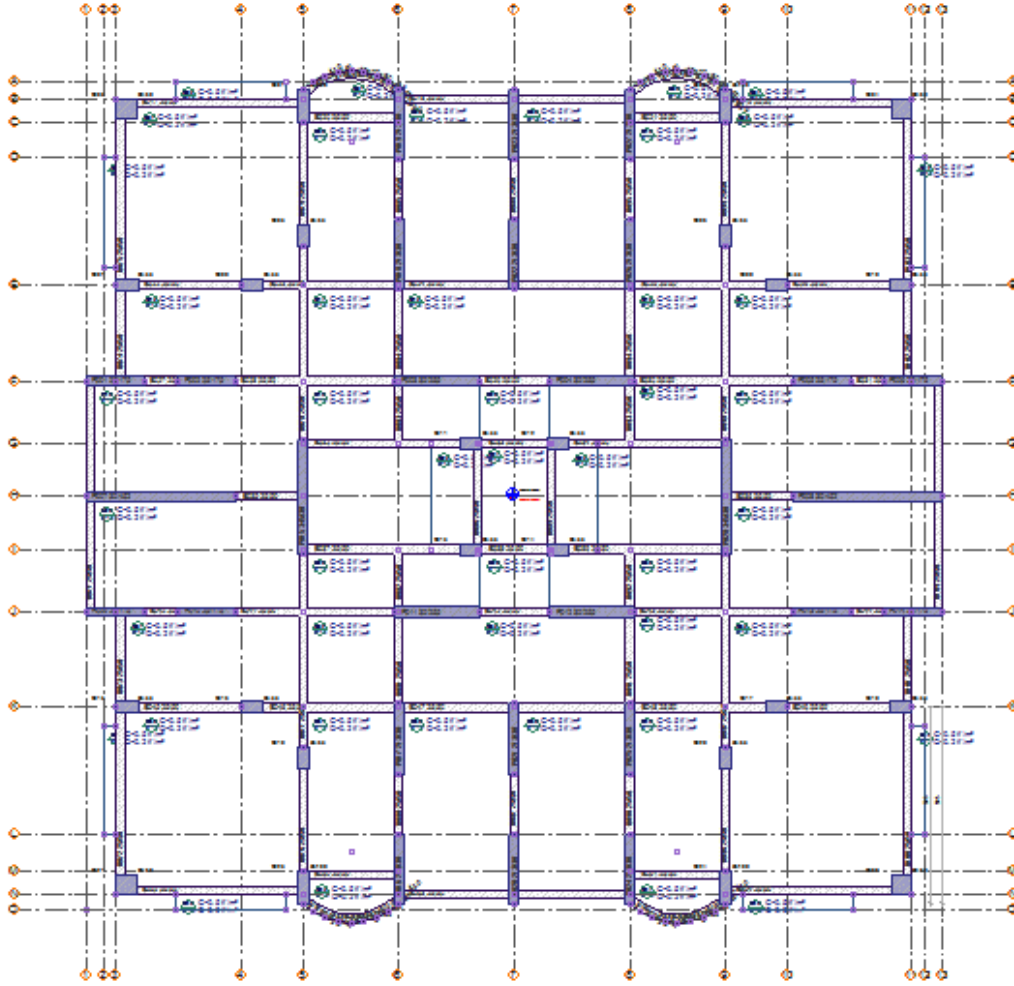
Boşluklu Perdeli Çerçevesel sistemde, Boşluklu perdelerin yerleşim biçimlerine ve uygulanan boşluk oranına göre 2 tip plan bulunmaktadır. Perde boşluk oranı, C1 tipinde %25, C2 tipinde ise %30 olarak seçilmiştir (Şekil 4). Modellerin deprem hesabında, taşıyıcı sistem elemanlarının süneklik düzeyi yüksek kabul edilmiştir.



Şekil 2. Çerçeveli Sistem 3 D Model ve giriş cephesi görünüşü



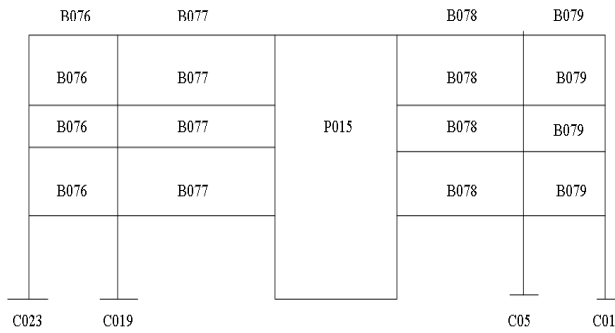
Şekil 3. B2 Tipi Boşluksuz Perdeli Çerçeveli Sistem Planı



Şekil 4 : C2 Tipi Boşluklu Perdeli Çerçevesi Sistem Planı

2.1. Sayısal Analiz

Bu bölümde 4 Katlı perdeli-çerçevesi yapı sisteminin hesap adımları gösterilmiştir. Örnek olarak aşağıda görülen (Şekil 5) 5-5 aksındaki perdeli çerçeve üzerinde yapılan işlemler özet olarak aşağıda verilmiştir.



Şekil 5. 5-5 Aksı Taşıyıcı Sistem Elemanları

Taşıyıcı Sistem Elemanları Rijitlikleri

a) Kolon Rijitliklerinin Hesabı:

C023 ve C01 kolonları için;

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{3.5 \cdot 10^3}{12} = 291.67 \text{ dm}^4$$

$$k = \frac{I}{L} = \frac{291.67}{2.85} = 102.34 \text{ dm}^4/\text{m}$$

C019 ve C05 kolonları için

$$I = \frac{3.5 \cdot 6.5^3}{12} = 80.099 \text{ dm}^4$$

$$k = \frac{80.099}{2.85} = 28.1 \text{ dm}^4/\text{m}$$

b) Kirişlerin Rijitlik Hesabı:

B076 ve B079 kirişleri için;

$$I_x = 38.833 \text{ dm}^4$$

$$k = 38.833/3.11 = 12.49 \text{ dm}^4/\text{m}$$

B077 ve B078 kirişleri için;

$$I_x = 44.28 \text{ dm}^4$$

$$k = 44.28/5.27 = 8.402 \text{ dm}^4/\text{m}$$

B077 ve B078 kirişleri perdeye bağlanan bağ kirişler olduğundan rijitlik düzeltilmesi yapılır.

$$b = 345 \text{ cm} \quad a = b + h/4 = 345 + 50/4 = 357.5 \text{ cm}$$

$$\psi = 1 + b/2a = 1 + 345/(2*357.5) = 1.483$$

$$x = \sqrt[4]{((35*65)/(30*345))} = 0.685$$

$$\emptyset = 0.685*1.483 = 1.015$$

$$k = 8.402*1.015 = 8.528 \text{ dm}^4/\text{m}$$

c) Kolon Parametrelerinin Belirlenmesi:

Tablo 1. Kolon Parametreleri hesabı

Kat	Kolon no	k1	k2	k3	k4	kc	k̄	aij	D	∑D
3	C023	-	1.249	-	1.249	10.234	0.122	0.0575	0.869	8.244
	C019	1.249	1.015	1.249	1.015	2.81	0.806	0.287	1.192	
	C05	1.249	1.015	1.249	1.015	2.81	0.806	0.287	1.192	
	C01	-	1.249	-	1.249	10.234	0.122	0.0575	0.869	
2	C023	-	1.249	-	1.249	10.234	0.122	0.0575	0.869	8.244
	C019	1.249	1.015	1.249	1.015	2.81	0.806	0.287	1.192	
	C05	1.249	1.015	1.249	1.015	2.81	0.806	0.287	1.192	
	C01	-	1.249	-	1.249	10.234	0.122	0.0575	0.869	
1	C023	-	1.249	-	1.249	10.234	0.122	0.0575	0.869	8.244
	C019	1.249	1.015	1.249	1.015	2.81	0.806	0.287	1.192	
	C05	1.249	1.015	1.249	1.015	2.81	0.806	0.287	1.192	
	C01	-	1.249	-	1.249	10.234	0.122	0.0575	0.869	
Z	C023	-	1.249	-	1.249	10.234	0.122	0.293	0.869	25.44
	C019	1.249	1.015	1.249	1.015	2.81	0.806	0.465	1.192	
	C05	1.249	1.015	1.249	1.015	2.81	0.806	0.465	1.192	
	C01	-	1.249	-	1.249	10.234	0.122	0.293	0.869	

d) Perde Bağ Kirişi Rijitlik Hesabı:

$$k=6*1*1.015 \left[\left(\frac{345}{2*357.5} + 1 \right) \left(\frac{345}{357.5} + 1 \right) - \left(1 + \frac{3*345}{2*357.5} \right) \left(\frac{1.015 * \left(\frac{345}{2*357.5} + 1.249 \right)}{2*(1.249+1.018+2.81)} \right) \right] = 13.7 \text{ m}^3$$

Tablo 2. Bağ Kirişi Rijitlikleri

Kat No	hi (m)	ki (m ³)	∑ki (m ³)
3	2.85	13.7	54.8
2	2.85	15.14	60.56
1	2.85	15.14	60.56
Z	2.85	15.14	60.56

Aynı hesap adımları diğer akslarda da yapıldıktan sonra elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi tablolar halinde verilmiştir.

e) Redörlerin Hesabı:

Tablo 3. Dönme Redörlerinin Hesabı

Kat no	Hi(m)	∑Di*10 ⁻³	hi ² Di	∑ki	Ri
3	2.85	11.492	93.34	807.74	901.08
2	2.85	11.492	93.34	820.14	913.48
1	2.85	11.492	93.34	820.14	913.48
Z	2.85	29.74	241.56	820.14	1061.7

f) Katsayılar Matrisinin Çözümü:

Tablo 4. Katsayılar Matrisine Esas Olan Parametreler

Kat no	hi	Fi	Toi	$\sum I_{pi}$	Ri	$\frac{hi^2}{2I_p}$	$\frac{hi}{Ri}$	$\frac{F_{i-1} \cdot h_{i-1}}{R_{i-1}}$
3	2.85	138.65	138.65	4.472	901.08	0.9082	3.163	249.3
2	2.85	79.904	218.55	4.472	913.48	0.9082	3.163	165.48
1	2.85	53.04	271.59	4.472	913.48	0.9082	3.163	75.24
Z	2.85	28.03	299.62	4.472	1061.7	0.9082	3.163	-

Tablo 5. Katsayılar Matrisinin Değerleri

Kat no	$\delta_{i,i+1}$	$\delta_{i,i}$	$\delta_{i,i-1}$	δ_{i0}
3	-1.11	2.482	-1.095	-117.43
2	-1.095	2.827	-1.095	33.01
1	-1.095	2.674	-0.942	289.71
Z	-0.942	1.579	-	1076.4

x1, x2, x3 ve x4 perde uç momentleri aşağıdaki denklem yardımıyla tm olarak hesaplanmıştır.

$$\begin{bmatrix} 2.842 & -1.095 & 0 & 0 \\ -1.095 & 2.827 & -1.095 & 0 \\ 0 & -1.095 & 2.674 & -0.942 \\ 0 & 0 & -0.942 & 1.579 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x4 \\ x3 \\ x2 \\ x1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 117.43 \\ -33.01 \\ -289.71 \\ -1076.4 \end{bmatrix}$$

$$x1 = -1024.2 \quad x2 = -574.1 \quad x3 = -256.3 \quad x4 = -57.4$$

g) Perde Moment ve Kesme Kuvvetlerinin Hesabı:

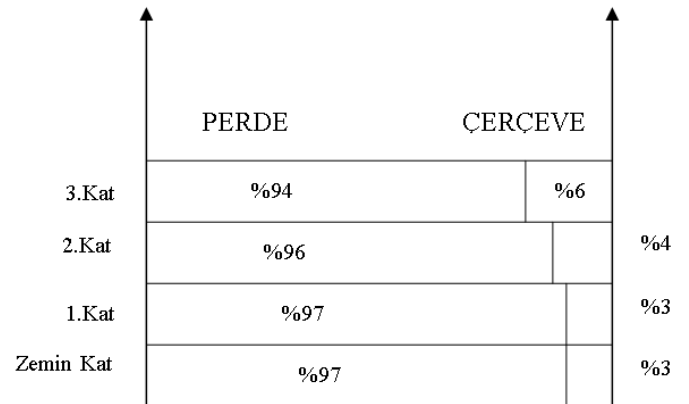
Kat no	Xi	Toi	M_{Ri}	$\sum k_i$	M_{K_i}	Qpi	Qdi
3	-57.4	138.65	337.75	807.74	302.76	126.37	12.28
2	-256.3	218.55	423.97	820.14	380.65	203.35	15.2
1	-574.1	271.59	456.23	820.14	409.61	255.23	16.36
Z	-1024.2	299.62	403.82	820.14	311.94	267.38	32.24

Burada, Qpi : Perdelerin aldığı toplam kesme kuvveti, t
Qdi : Kolonların aldığı toplam kesme kuvvetidir.

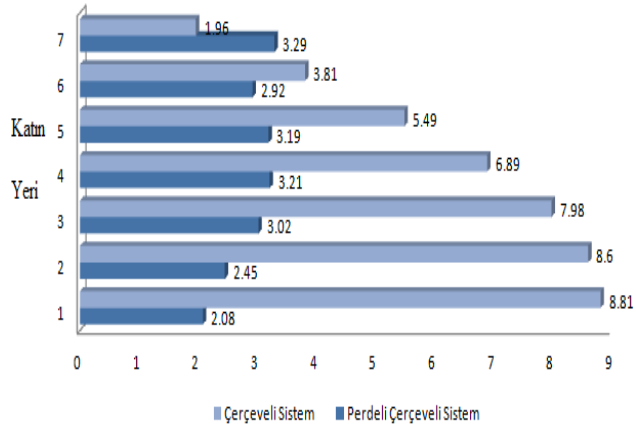
3. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Yapılan çalışmada perde yerleşimi, kolon boyutları ve taşıyıcı sistemi farklı olan çeşitli yapıların yatay yük etkisinde, yapıda önem arz eden kesme kuvveti, ve periyot gibi sonuçları karşılaştırılıp en elverişli taşıyıcı sistem ve perde yerleşim şekli belirlenmeye çalışılmıştır. Depremden dolayı oluşan toplam kat kesme kuvvetleri x ve y yönünde ayrı ayrı incelendiğinde, perdeli çerçevesel sistemlerde kat kesme kuvvetinin büyük bir bölümü perdeler tarafından karşılandığından kolonlara gelen kesme kuvvetleri oldukça küçülmektedir (Şekil 6). Taşıyıcı sistem türüne göre seçilen kolondaki kesme kuvveti karşılaştırılması yapıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, projede seçilen C10 kolonu bir kenar kolon olup, A3 tipi olarak tasarlanan çerçevesel

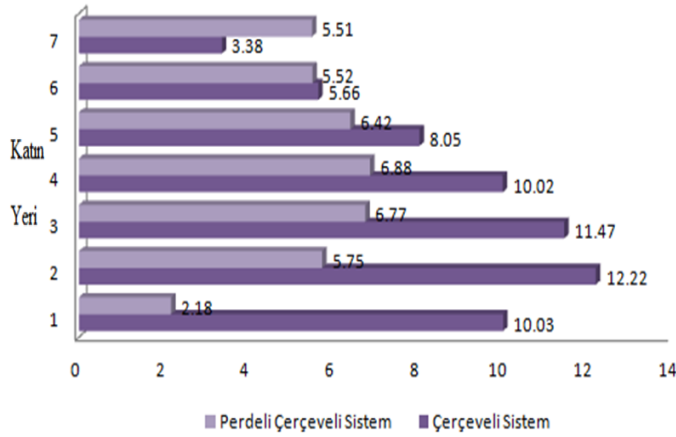
sistem ile B1 tipi tasarlanan perdeli çerçevesel sistemdeki aldığı kesme kuvvetlerinin karşılaştırması katlara göre aşağıdaki grafikteki gibidir (Şekil 7).



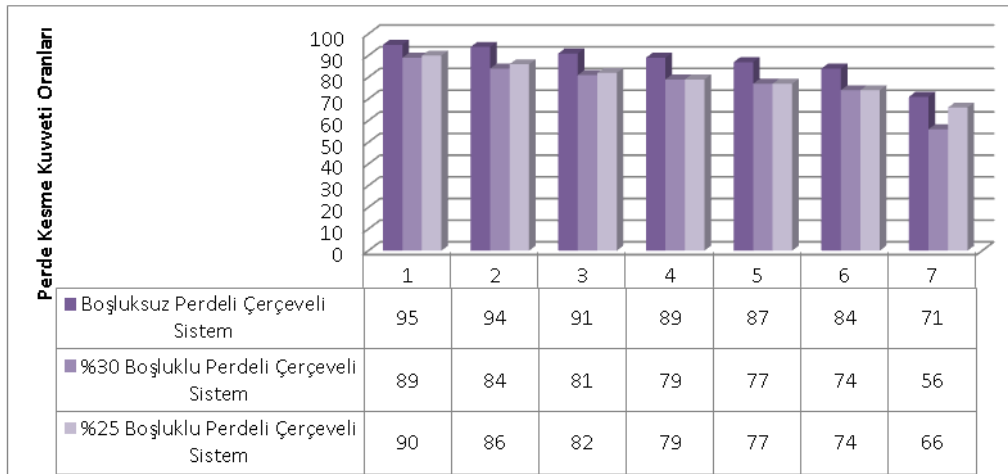
Şekil 6. Kesme Kuvveti Dağılım Yüzdeleri



Şekil 7. Kenar Kolonlarda Taşıyıcı Sistem Türüne Göre Kesme Kuvvetinin değişimi



Şekil 8. Orta Kolonlarda Taşıyıcı Sistem Türüne Göre Kesme Kuvvetinin değişimi



Şekil 9. Perdelerde Boşluk Oranlarına Göre Kesme Kuvvetinin Değişimi

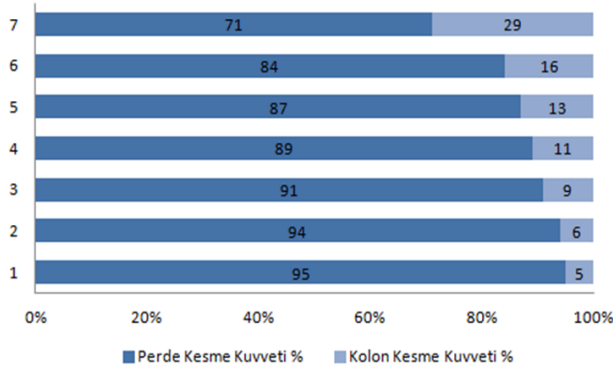
Projede bir orta kolon olarak seçilen C11 kolonu, A1 tipi tasarlanan çerçevesiz sistem ve C2 tipi olarak tasarlanan perdeli çerçevesiz sistemde aldığı kesme kuvvetleri karşılaştırılması Şekil 8'de görülmektedir.

Zemin kata inildikçe çubuk diyagramdan da görüldüğü gibi C11 kolonunun karşıladığı kesme kuvveti taşıyıcı sistem perdeli çerçevesiz olduğundan çerçevesiz sisteme göre yaklaşık % 78,27 oranlarında azaldığı kesme kuvvetlerinin çoğunu perdelerin karşıladığı görülmüştür.

Perde boşluk oranlarının değişimlerine göre kat kesme kuvvetinin değişimi incelendiğinde, elde edilen sonuçlar Şekil 9'daki gibidir.

Yapılan analizler sonucunda, perdelerin aldıkları kesme kuvveti oranlarına bakılacak olursa, boşluklu perdeli çerçevesiz sistemin, neredeyse perdeli çerçevesiz sistem kadar kesme kuvvetleri aldığı görülmüştür.

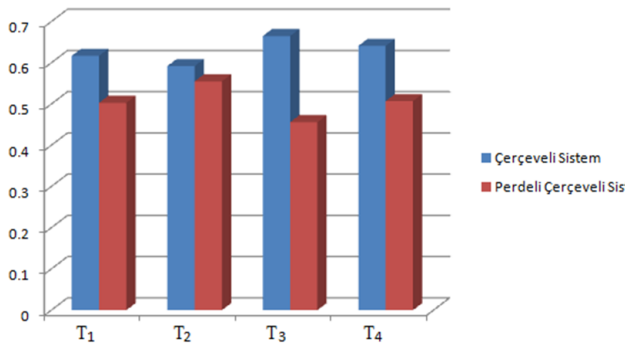
Boşluklu perdeli çerçevesiz sistem aynı zamanda boşluksuz perdeli çerçevesiz sisteme göre mimari projeye uygunluk aşamasında kolaylık sağlayacaktır. 7 katlı olarak tasarlanan modellerde perdeli çerçevesiz sistemlerin tipine göre kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması Şekil 10'daki grafiklerde görülmektedir.



Şekil 10. Boşluksuz Perdeli Çerçevesel Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı

Karma sistemler için de boşluksuz perdeli sistemlerin boşluklu perdeli sistemlere göre rijitlik ve dayanımlarının daha büyük olduğu aşıkardır. Boşluksuz perdeli çerçevesel sistemler de tasarlanırken perde yerleşimi hususuna dikkat etmek gerekir. Çünkü iç akslara yerleştirilen perdeler aynı boyutlarda ancak dışa aksta yer alan perdeler oranla daha büyük kesme kuvveti alırlar.

Taşıyıcı eleman rijitliği arttıkça aldığı kesme kuvveti oranı artar. Boşluklu ve boşluksuz perdeli çerçevesel sistemler kıyaslandığında boşluksuz perdeli çerçevesel sistemdeki perdelerin daha büyük kesme kuvveti aldığı görülür. Çünkü boşluksuz perdelerin rijitliği boşluklu perdeler göre daha büyüktür. Farklı tasarlanmış statik projelerde periyot karşılaştırması yapıldığında, çerçevesel sistem ve perdeli çerçevesel sistemlerde periyot değişimi aşağıdaki grafiklerde verilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Taşıyıcı Sistemlere Göre Periyotun Değişimi

Aşağıda incelenen 4 tip yapı üzerinde, yapının perdeli çerçevesel sistem olarak tasarlanması halinde çerçevesel sistemlere göre yapı 1. periyodundaki azalmalar verilmiştir.

- T1, çerçeve sistemi A3 tipi olan yapının 1. periyodudur. Perdeli çerçevesel sistemlerde 1.periyot, çerçevesel sistemlerdeki periyoda göre % 18,48 oranında azalma göstermiştir.
- T2, çerçeve sistemi A1 tip olan yapının 1. Periyodudur. Perdeli çerçevesel sistemlerde 1.periyot, çerçevesel sistemlerdeki periyoda göre % 6,25 oranında azalma göstermiştir.
- T3, çerçeve sistemi A2 tip olan yapının 1. Periyodudur. Perdeli çerçevesel sistemlerde 1.periyot, çerçevesel sistemlerdeki periyoda göre % 31,43 oranında azalma göstermiştir.
- T4, çerçeve sistemi A4 tip olan yapının 1. Periyodudur. Perdeli çerçevesel sistemlerde 1.periyot, çerçevesel sistemlerdeki periyoda göre % 20,9 oranında azalma göstermiştir.

Kaynaklar

- [1] Özden, K., Kumbasar, N., “Betonarme Yüksek Yapılar”, İstanbul,1991
- [2] Öztürk, Turgut. “. Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi ve Tasarımı”, İMO İstanbul 2005 İlkbahar-Yaz Dönemi Meslek içi Eğitim Kursları, İTÜ, Nisan 2005
- [3]. Şahin, H, Alyamaç, K.E, “Perdeli+ Çerçevesel sistemlerde gerekli perde oranının kat sayısını dikkate alınarak tespiti”, İnşaat Mühendisliği’ nde 100. Yıl Teknik Kongresi, 22-24 Kasım 2012, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- [4] Celep, Z., Kumbasar, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Sema Matbaacılık, (2001), İstanbul
- [5]. Aslanbaş, H., (1994), “Çok Katlı Perde-Çerçeve Yapıların Deprem Yükleri Altında Dinamik Analizi”,Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [6]. Döndüren, M.S, Karaduman A, “Deprem Bölgelerindeki Yüksek Katlı Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistemin Seçiminde Kesit Tesirlerinin Etkisi”, Jour. of Technical Online, V 9, N2 , 2010
- [7]. Deprem Bölgesinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007