

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

<sup>1</sup> Hüseyin KASAP, \*<sup>1</sup> Necati MERT, <sup>2</sup> Ezgi SEVİM, <sup>2</sup> Begüm ŞEBER

<sup>1</sup>Yardımcı Doçent, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Türkiye

<sup>2</sup>İnşaat Mühendisi, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Türkiye

## Özet

Bu çalışmanın amacı yapıya gelen yüklerin çerçeveseli sistemlerle perdeli-çerçeveseli 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.

## Abstract

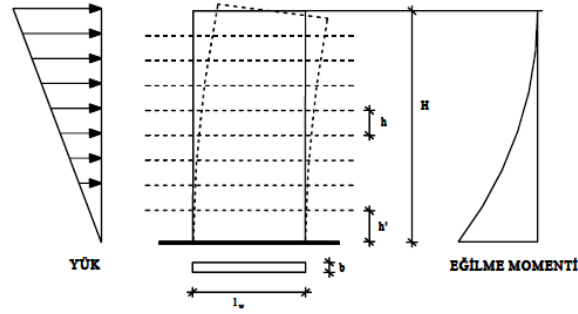
This research aims to study and to compare structural members load carrying capacity for frame structure and shear wall- frame structure. Comparisons are made for different column dimensions and different locations of shear walls. Commercial software package, ideCAD Static 7, is employed for dynamic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

**Anahtar Kelimeler:** 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 çerçeveseli 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 aksel normal kuvvetin de etkisi altındadır [2].



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.

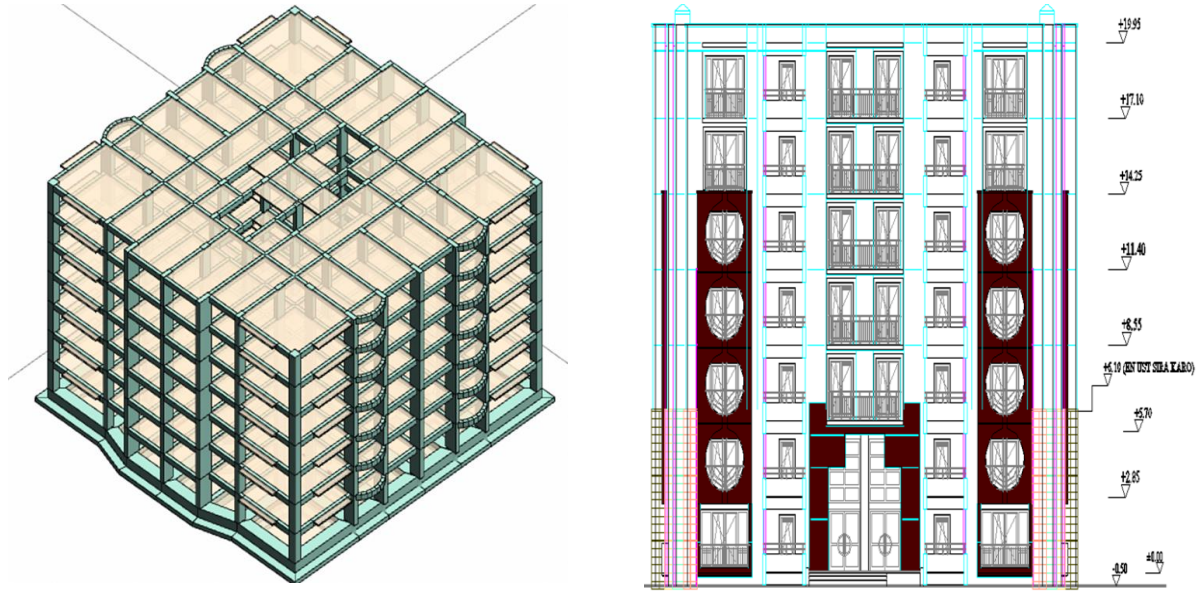
Perdeli-çerçevesel taşıyıcı sistemlerin analizi ve modellemesi birçok araştırmaya konu olmuştur. Hümeysra Şahin ve Kürşat Esat ALYAMAÇ[3] tarafından gerçekleştirilen çalışmada perde + çerçevesel sistemler için gerekli olan perde oranı, kat sayısı dikkate alınarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 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 çerçeve 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].

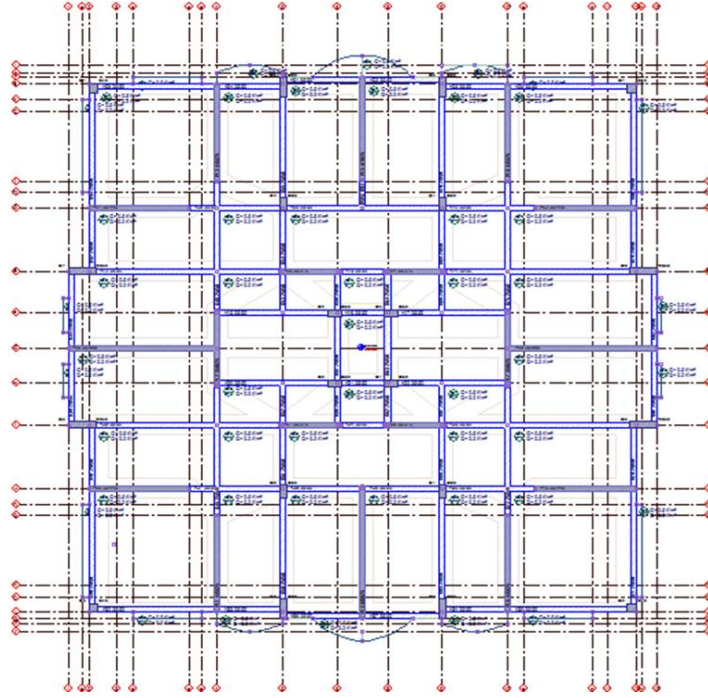
## 2. Metot

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).



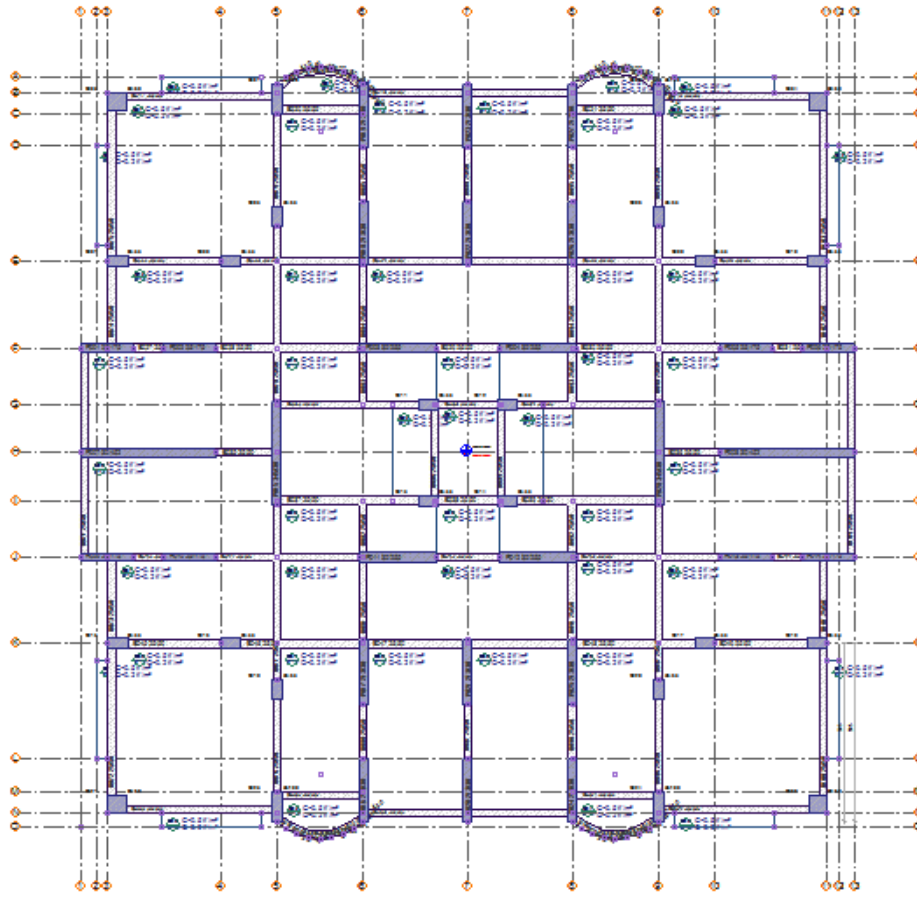
Şekil 2. Çerçevli Sistem 3 D Model ve giriş cephesi görünüşü

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



Şekil 3. B2 Tipi Boşluksuz Perdeli Çerçevli Sistem Planı

Boşluklu Perdeli Çerçeve 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 ).

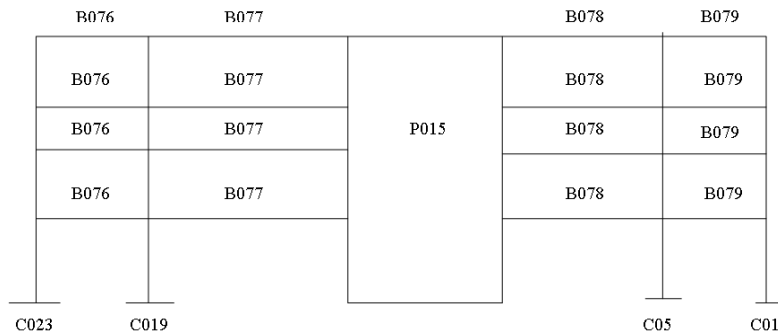


Şekil 4 : C2 Tipi Boşluklu Perdeli Çerçevesi Sistem Planı

Modellerin deprem hesabında, taşıyıcı sistem elemanlarının süneklik düzeyi yüksek kabul edilmiştir.

### 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;

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{3.5 \cdot 10^3}{12} = 291.67 \text{ dm}^4 \quad k = \frac{I}{L} = \frac{291.67}{2.85} = 102.34 \text{ dm}^4/\text{m}$$

C019 ve C05 kolonları için

$$I = \frac{3.5 \cdot 6.5^3}{12} = 80.099 \text{ dm}^4 \quad k = \frac{80.099}{2.85} = 28.1 \text{ dm}^4/\text{m}$$

### b) Kirişlerin Rijitlik Hesabı:

B076 ve B079 kirişleri için;

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

B077 ve B078 kirişleri için;

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

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

$$b = 345 \text{ cm}$$

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

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

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

$$\emptyset = 0.685 \cdot 1.483 = 1.015$$

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

### 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 Kiriři Rijitlik Hesabı:**

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

Tablo 2. Bağ Kiriři Rijitlikleri

<i>Kat No</i>	<i>hi</i> (m)	<i>ki</i> (m <sup>3</sup> )	$\sum ki$ (m <sup>3</sup> )
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

<b>Kat no</b>	<b>Hi(m)</b>	$\sum Di * 10^{-3}$	$hi^2 Di$	$\sum ki$	<b>Ri</b>
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

<b>Kat no</b>	<b>hi</b>	<b>Fi</b>	<b>Toi</b>	$\sum Ipi$	<b>Ri</b>	$\frac{hi^2}{2Ip}$	$\frac{hi}{Ri}$	$\frac{Fi-1*hi-1}{Ri-1}$
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 Deęerleri

<b>Kat no</b>	$\delta_{i,i+1}$	$\delta_{i,i}$	$\delta_{i,i-1}$	$\delta_{i0}$
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.

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

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

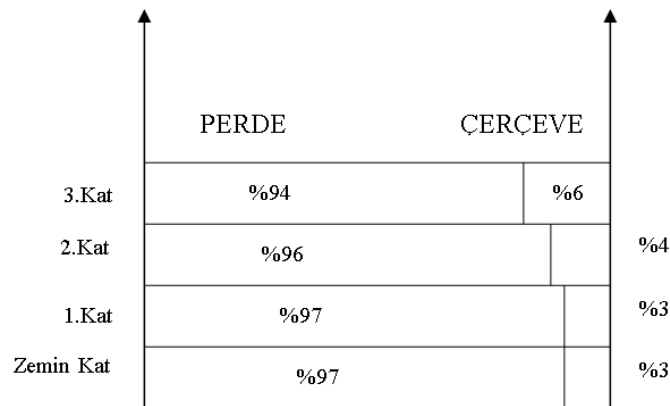
### g) Perde Moment ve Kesme Kuvvetlerinin Hesabı:

Kat no	Xi	Toi	M <sub>Ri</sub>	∑ki	M <sub>Ki</sub>	Q <sub>pi</sub>	Q <sub>di</sub>
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, Q<sub>pi</sub> : Perdelerin aldığı toplam kesme kuvveti, t  
Q<sub>di</sub> : Kolonların aldığı toplam kesme kuvvetidir.

### 3. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

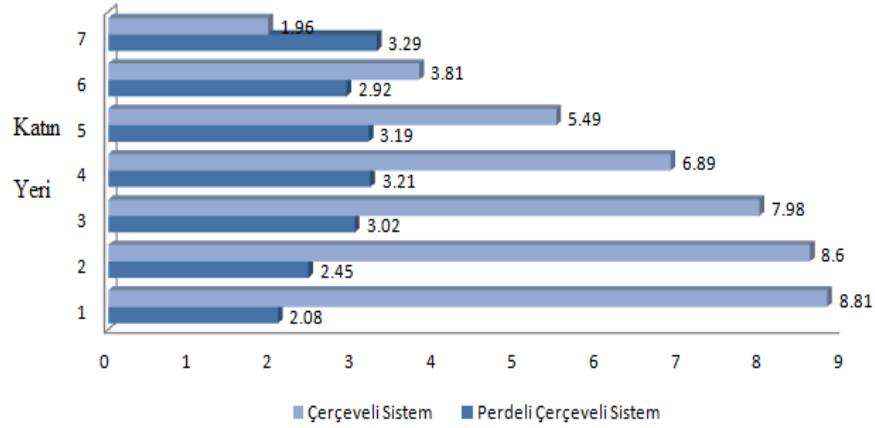
Yapılan çalışmada perde yerleşimi, kolon boyutları ve taşıyıcı sistemi farklı olan çeşitli yapıların yatay yük etkisinde, yapıda önem arz eden kesme kuvveti, ve periyot gibi sonuçları karşılaştırılıp en elverişli taşıyıcı sistem ve perde yerleşim şekli belirlenmeye çalışılmıştır. Depremden dolayı oluşan 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).



Şekil 6. Kesme Kuvveti Dağılım Yüzdeleri

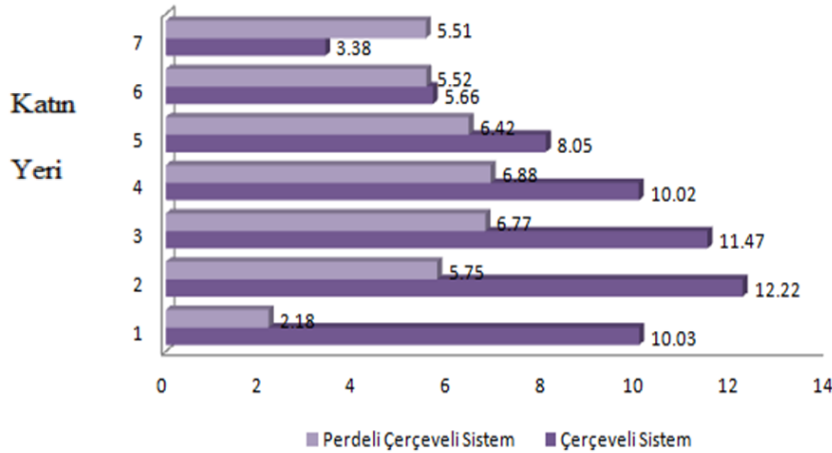
Taşıyıcı sistem türüne göre seçilen kolondaki kesme kuvveti karşılaştırılması yapıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, projede seçilen C10 kolonu bir kenar kolon olup, A3

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



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

Projede bir orta kolon olarak seçilen C11 kolonu, A1 tipi tasarlanan çerçevesi sistem ve C2 tipi olarak tasarlanan perdeli çerçevesi sistemde aldığı kesme kuvvetleri karşılaştırılması aşağıda görülmektedir (Şekil 8).

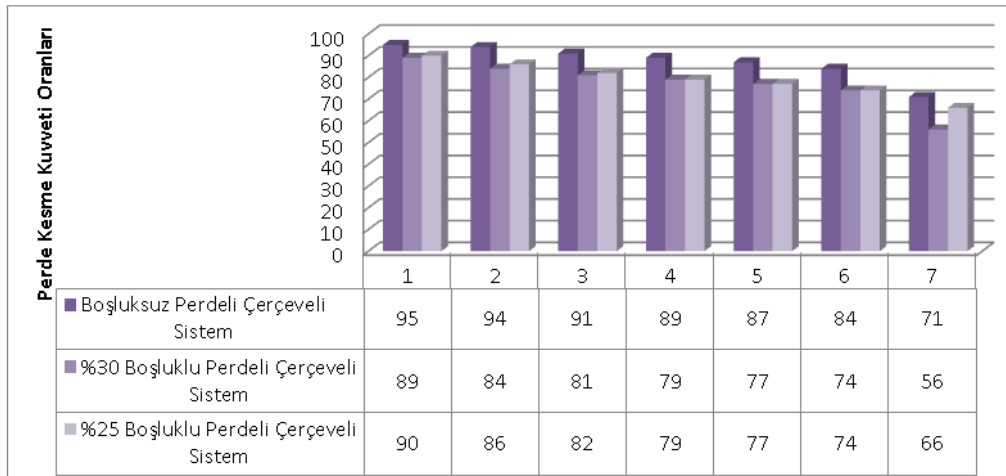


Şekil 8 Orta Kolonlarda Taşıyıcı Sistem Türüne Göre Kesme Kuvvetinin değişimi

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

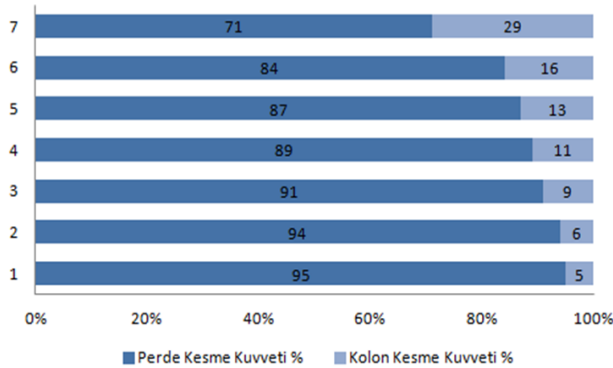
Perde boşluk oranlarının değişimlerine göre kat kesme kuvvetinin değişimi incelendiğinde, elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir (Şekil 9).



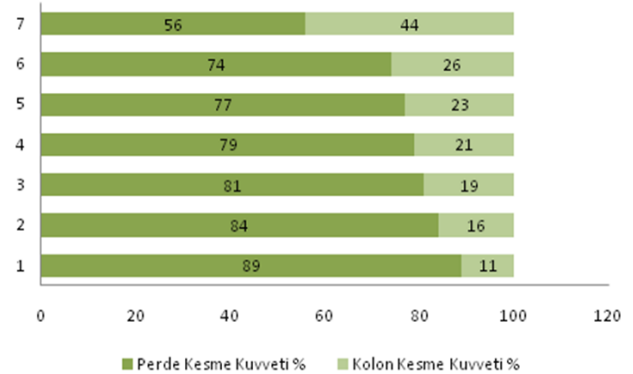


Şekil 9. Perdelerde Boşluk Oranlarına Göre Kesme Kuvvetinin Değişimi

Yapılan analizler sonucunda, perdelerin aldıkları kesme kuvveti oranlarına bakılacak olursa, boşluklu perdeli çerçevesi sistemin, neredeyse perdeli çerçevesi sistem kadar kesme kuvvetleri aldığı görülmüştür. Boşluklu perdeli çerçevesi sistem aynı zamanda boşluksuz perdeli çerçevesi sisteme göre mimari projeye uygunluk aşamasında kolaylık sağlayacaktır. 7 katlı olarak tasarlanan modellerde perdeli çerçevesi sistemlerin tipine göre kesme kuvvetlerinin karşılaştırması aşağıdaki grafiklerde görülmektedir (Şekil 10-11).



Şekil 10. Boşluksuz Perdeli Çerçevesi Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



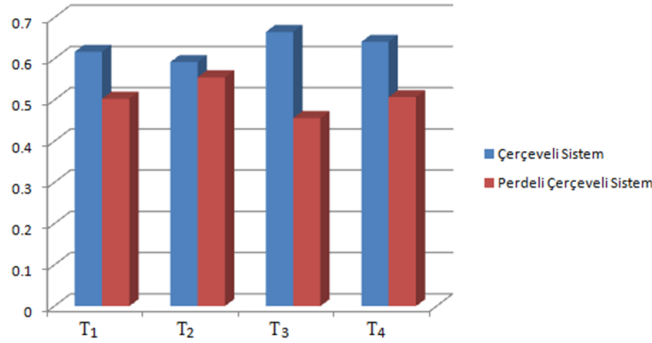
Şekil 11.. Boşluklu Perdeli Çerçevesi Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı

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

Taşıyıcı eleman rijitliği arttıkça aldığı kesme kuvveti oranı artar. Boşluklu ve boşluksuz perdeli çerçevesi sistemler kıyaslandığında boşluksuz perdeli çerçevesi sistemdeki perdelerin daha büyük kesme kuvveti aldığı görülür. Çünkü boşluksuz perdelerin rijitliği boşluklu perdelerle göre daha büyüktür.

Farklı tasarlanmış statik projelerde periyot karşılaştırması yapıldığında, çerçevesi sistem ve

perdeli çerçevesel sistemlerde periyodun değişimi aşağıdaki grafiklerde verilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Taşıyıcı Sistemlere Göre Periyodun Değişimi

Aşağıda incelenen 4 tip yapı üzerinde, yapının perdeli çerçevesel sistem olarak tasarlanması halinde çerçevesel sistemler'e 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