

## **DEPREM BÖLGELERİNDEKİ YÜKSEK KATLI BETONARME YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİNİN KESİT TESİRLERİNE ETKİSİ**

M. Sami DÖNDÜREN<sup>a</sup> Adnan KARADUMAN<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Müh. Bölümü Konya

### **Özet**

Bu 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. Bu analizlerde çözülen modeller 15 katlı olarak seçilmiştir. Modellerin kat deplasmanları ve periyot-mod sayısı değerleri araştırılmıştır. Statik analizlerin yapılmasında SAP 2000 Nonlinear 6.11 programından faydalanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Perdeli sistem, statik analiz, deprem davranışı, çerçeve sistem, deplasman.

## **THE IMPACT OF PREFERENCE OF BEARING SYSTEM TO CROSS- SECTION EFFECTS ON HIGH-STOREY REINFORCED CONCRETE BUILDINGS IN EARTHQUAKE AREAS**

### **Abstract**

In this study, the behavior of building models which towards earthquake formed with different bearing systems, were compared. The first model was formed with shear wall and the second model was formed with frame system. The models examined with these analyses were chosen with an apartment of 15 floors. The models were studied in

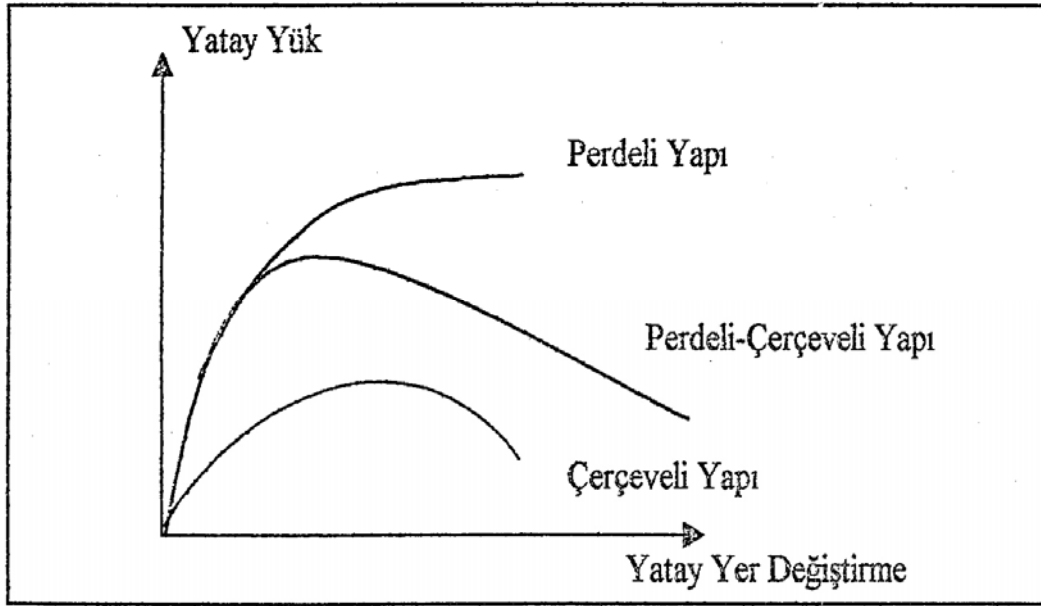
terms of storey displacement and periyod-mod number values. In the static analysis, SAP 2000 Nonlinear 6.11 programme was used.

**Keywords:** Shear-wall system, statics analysis, earthquake behavior, frame system, displacement.

## 1.Giriş

Yüksek yapıların projelendirilmesinde yapı mühendisliği bakımından, deprem ve rüzgar gibi yatay etkiler daha çok önem kazanmaktadır. Bu nedenle yüksek binalara özgü yatay yük taşıyıcı sistemler geliştirilmiştir. Genelde normal binalardaki taşıyıcı sistemler kiriş ve kolonlardan oluşmaktadır. Bu tür sistemler gereği gibi hesaplandıkları ve uygulandıkları takdirde düşey yükleri sorunsuz bir biçimde taşıyabilmektedirler. Ancak, yapıya tesir eden rüzgâr ve deprem gibi yatay yükler altında, oluşan olumsuz durumları giderebilmek ve yatay ötelenmeyle birlikte 2. mertebe momentlerini azaltmak için perdelerin kullanılması gerekmektedir. Temelden itibaren yapı yüksekliği boyunca devam eden perdeler, planda ve düşeyde bulunan düzensizlikleri telafi ederler. Çerçevesel yapıların yanal rijitlikleri yeterli olmadığından, deprem yüklerini, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde yapacakları deformasyon ve enerji yutmaları ile karşılayacaklardır. Bunun gerçekleşmesi için, kolon-kiriş birleşim yerlerinde gerekli etriye sıklaştırması yapılmalıdır[1].

Betonarme yapılarda taşıyıcı sistemler, çerçevesel, perdeli ve perdeli-çerçevesel olacak şekilde tasarlanabilirler. Bu üç taşıyıcı sistemin, yatay yüklerin etkisi altında davranışları farklıdır. Şekil 1’de bu üç sistemin yaklaşık olarak yatay yükler altında yapacakları yerdeğiştirmeleri gösteren eğriler verilmiştir. Perdeli veya perdeli-çerçevesel yapı sistemlerinin depreme karşı dayanımları, çerçevesel yapılara göre daha yüksektir[2].



Şekil 1. Taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altında davranışları

## 2.Çalışmanın Önemi

Bu çalışmanın amacı, perde sistemle oluşturulan bir yüksek katlı yapıyla, çerçeve sistemle oluşturulan bir yüksek katlı yapının yatay yük taşıma kapasiteleri, yapı performansı ve deplasman davranışlarının karşılaştırılmasıdır. Çalışmada 15 katlı, bodrumlu, yapı modeli dikkate alınmıştır. Bodrum, zemin ve diğer kat yükseklikleri 3m olarak seçilen model hem perdeli taşıyıcı sistemle hem de çerçevesel taşıyıcı sistemle çözülmüştür. Modellerin statik ve dinamik analizinde, Sonlu Elemanlar Metodu kullanılmıştır. Dinamik analizde, kesin analiz yöntemlerinden, mod birleştirme yöntemi dikkate alınmıştır. Bundan sonra yapılacak yapılarda bu çalışmanın ışık tutacağı düşünülmektedir.

### 3. Depreme Dayanıklı Çok Katlı Betonarme Yapıda Taşıyıcı Sistemler

#### 3.1. Perde sistemler

Elastik enerji tüketme güçleri çerçevesel yapılara göre çok daha yüksektir. Elastik ötesi enerji tüketme güçleri ise çerçevesel yapılara göre daha düşüktür. Perde sistemler çerçevesel sistemlere göre sünekliklerinin daha az olduğu bilinmektedir.[3]

1. ve 2. derece deprem bölgelerinde önemli hizmetler vermesi beklenen hastane, telefon santrali, itfaiye yapıları ile içinde değerli eşyalar saklanan müzeler ve insanların çok yığıldığı okul, yurt, cami yapıları perde duvarlı olarak yapılmalıdır. Deprem tehlikesinin orta düzeyli olduğu yerlerde ise 25 katı aşan yapılar salt perde duvarlı olarak tasarlanması gerekir.[3]

Perde duvarlı bir yapının taşıyıcı sistemini çeşitli doğrultularda birbirlerine paralel, yatay yüklere karşı yeterli bir rijitlik sağlayan ve aynı zamanda düşey yük taşıyan perdeler oluşturur. Kendi düzlemleri içindeki stabiliteyi asansör ve merdiven boşlukları çerçevesine konulan çekirdekler veya diğer perde duvarlar sağlarlar.[3]

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 [4].

#### 3.1.1. Perde duvarların taşıyıcı sisteme olan etkisi

Bir yapının taşıyıcı sistemi, tamamen perde elemanlarla tasarlanabileceği gibi taşıyıcı elemanların belli bir kısmı perde olarak tasarlanabilir. Kısmen perdeli tasarlanan yapılarda perde oranı önemlidir. 1992 Erzincan depreminde, perde duvarlı yapılarda fazla hasar olmadığı gözlenmiştir

### *3.1.2.Perde duvarların yükseklik boyunca düzenlenmesi*

Üst katlarda mevcut olan dolgu duvarların zemin katta çeşitli nedenlerle yapılmaması sonucu ortaya çıkan yumuşak kat durumu, perde duvarlar için geçerlidir. Bu nedenle, perde duvarların temelden başlayarak yapı yüksekliği boyunca devam etmesi yapının depreme dayanıklılığı bakımından önemlidir. 1967 Venezuela Caracas depreminde, tuğla bölme duvarları belli bir kattan sonra yapılamamış bir yapıda bu kat düzeyinde bıçakla kesilmiş gibi bir ayrılma olduğu, hafif malzemedен yapılmış olan katların yıkıldığı tespit edilmiştir. Yapı yüksekliği boyunca dolgu duvarlardaki süreksizlik nedeniyle oluşan hasar, perde duvar süreksizliğinde daha büyük hasarların ortaya çıkacağını göstermektedir [5].

### *3.2.Çerçeve Sistemler*

Kolonların, kirişlerin ve döşemelerin, süneklik sağlanacak şekilde monolitik yapımı ile çerçeve adı verilen taşıyıcı sistem elde edilir. Çok katlı betonarme bir yapıda çerçeve tipi taşıyıcı sistem seçilecekse, kolonların en az iki doğrultuda kirişlerle bir çerçeve oluşturmasına dikkat edilmelidir. Aksi durumda kolonun bağlanmadığı doğrultuda yeteri rijitlik yoksa ikinci mertbe etkileri ve burulma sorunları ortaya çıkabilir.

Çerçeve sistemlerindeki kolon ve kirişler taşıyıcı eleman fonksiyonunu üstlenirler. Kiriş ve kolonlar aralarında rijit olarak birleşir ve sonuçta düzlem çerçevelerden oluşan uzay sistem meydana gelir. Çerçeveler binaya etkiyen tüm düşey ve yatay yükleri üzerine alarak bunları temele aktarırlar.[7]

Çerçeveler en basit çok serbestlik taşıyıcı sistem olarak bilinirler. Çerçeveler düzenli yapılarda birbirine dik iki eksen doğrultusunda bulunurlar. Deprem kuvvetlerinin bu doğrultularının birinde etkimesi sırasında çerçevelerde burulma etkisi

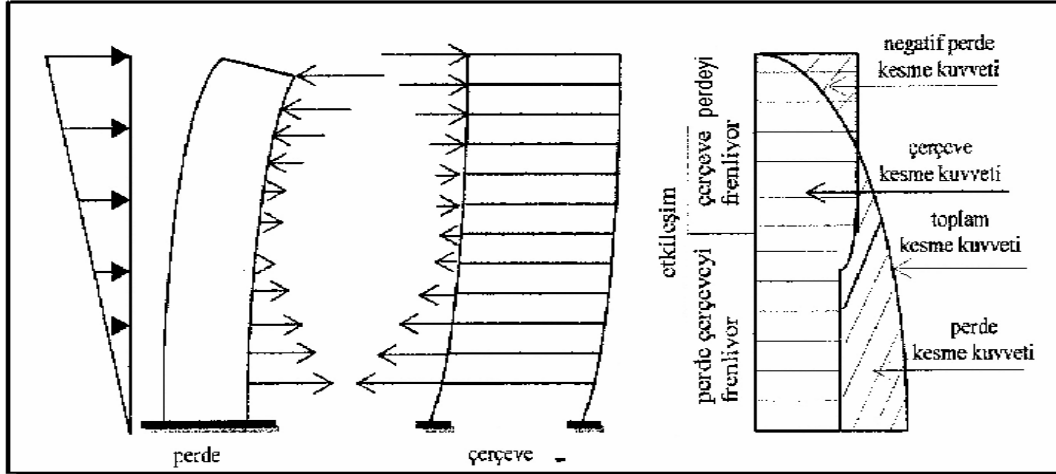
gözönüne alınmaz fakat yatay öteleme hareketi yaparlar. Çerçeveler birbirlerine yakın rijitlikte ise etkileşim çok küçük olacağı için buldukları düzlem içinde yük taşıdıkları kabul edilir. Kayma çerçeveleri kat rijitliklerine ve kata etkiyen kesme kuvvetine bağlı relatif yerdeğiştirmeler yaparlar. Kayma çerçevelerde (kirişler kolonlara göre daha fazla rijit) kat kesme kuvveti kolon rijitlikleri oranında kolonlar tarafından paylaşılır[3].

### 3.3.Perde-çerçeve sistemler

Çok katlı yapılarda yalnızca çerçevelerden oluşturulan taşıyıcı sistemler, yatay yükler altında hem iç kuvvetler ve hem de yerdeğiştirmeler bakımından istenen koşulları perdeler olmadan sağlayamazlar.[3]

Perdelerin temel işlevi çok katlı yapıların yatay rijitliklerini arttırmaktır. Perde ve çerçevelerin yatay yükler altındaki davranışlarının farklı olması, bu elemanlar arasında düzgün olmayan etkileşim kuvveti doğmasına neden olur. Çerçevelerin yatay yük almadığını varsayarak tüm yatay yüklerin perdeler tarafından taşındığını kabul etmek, daima güvenli bir yaklaşım değildir. Bu nedenle yatay yüklerin taşınmasında çerçevelerin katkısı da düşünülmelidir.[3]

Şekil 2 'de yatay yük etkisi altında perde sistemlerin ve çerçeve sistemlerin nasıl bir davranış gösterdiği verilmiştir. Perde duvarlı çerçeveli taşıyıcı sistemler, bütün deprem bölgeleri için tavsiye edilirler. Orta ve yüksek şiddette deprem tehlikesi olan bölgelerde, özellikle beş katı geçen bütün betonarme yapılarda perde duvarlı çerçeveli sistemin kullanılması gereklidir [6].



Şekil 2. Yatay yük altında perde ve çerçevenin etkileşimi

#### 4. Malzeme ve Modellerle İlgili Kabuller

##### 4.1. Malzeme kabulleri

Burada, malzeme sınıfları ve davranışı ile ilgili özellikler verilmiştir. Çözüm yapılırken zemin emniyet gerilmesinin  $15 \text{ N/cm}^2$  olduğu, modellerde kullanılan beton sınıfının C25 ve donatı sınıfının S420 olduğu, deprem hesabında yapı elemanları süneklik düzeyinin yüksek olduğu kabul edilmiştir.

##### 4.2. Model kabulleri ve özellikleri

Bu kısımda, yapı modelleri ile ilgili yapılan kabuller ve modellerin hesabında dikkate alınan özellikler aşağıdaki gibidir.

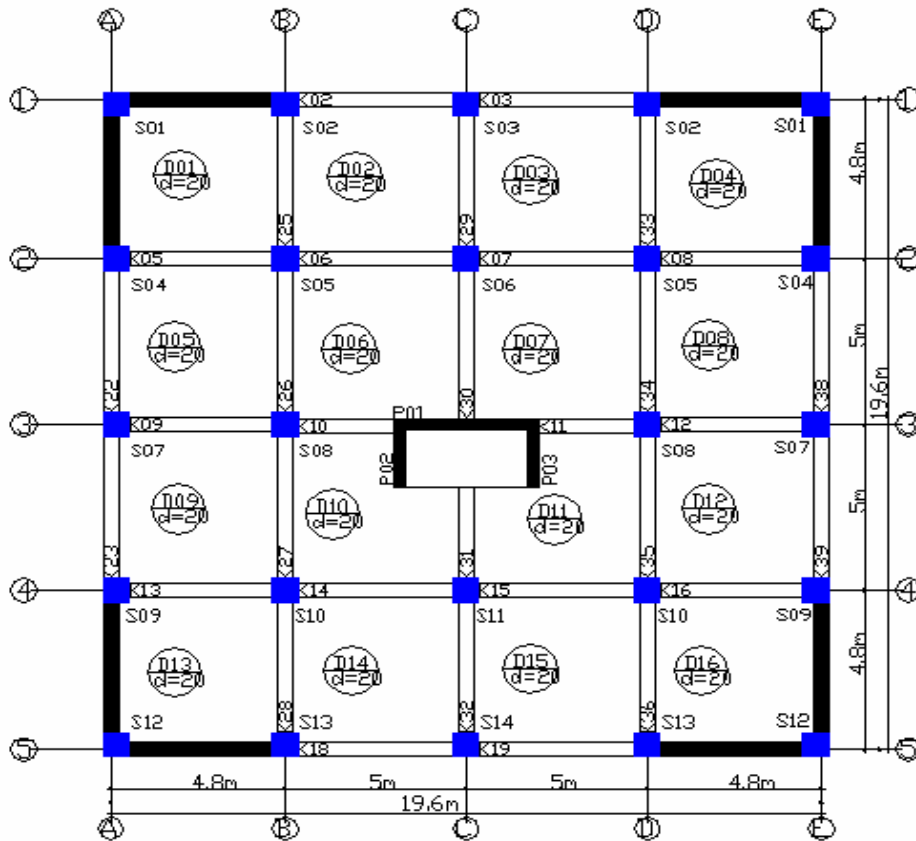
- ✓ Modellerin Kocaeli deprem bölgesinde olduğu,
- ✓ Zaman-Tanım Alanında hesap yapılırken, Kocaeli Yarımca Petro Kimya Tesislerinden alınan deprem yer ivme kayıtları esasları,
- ✓ Bu ivme kayıtlarında, depremin 135 saniyelik kısmının etkili olduğu ve 0,01 saniye aralığı için toplam 13500 adım dikkate alınarak,

- ✓ Dinamik analizde A.B.Y.Y.H.Y’de [8] belirtilen her mod için %5 sönüm oranı olduğu,
- ✓ Döşemelerin kendi düzleminde rijit diyafram olduğu,
- ✓ Kat kütlelerinin, kat kütle merkezinde toplandığı kabul edilerek,
- ✓ Statik ve dinamik analizler, SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır.

#### 4.3. Seçilen modellerin kalıp planları

##### 4.3.1. Örnek olarak seçilen perde sistemli model için kalıp planı

Kare şeklinde seçilen binanın ölçüleri 20×20m olarak belirlenmiştir. Asansör boşluğunun etrafı ve köşe akslar perde olarak çözülmüştür. Binanın planı Şekil 3’de gösterilmiştir. Kolon boyutları 80×80 cm, kiriş boyutları 40×50 cm’ dir. A-B, DE, 1-2 ve 3-4 aksları ile asansör etrafındaki perdelerin kalınlığı 25cm olarak seçilmiştir.



Şekil 3. Perde-çerçeve sistemli modelin kalıp planı

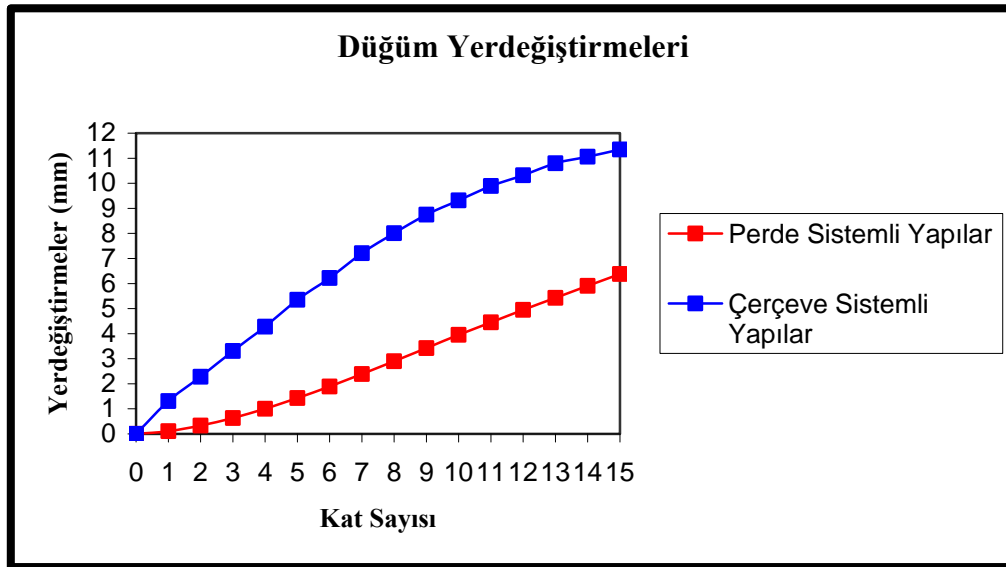




Tablo 1.Sistemleri Farklı Modellerin Kesme Kuvveti ve Moment Sonuçlar

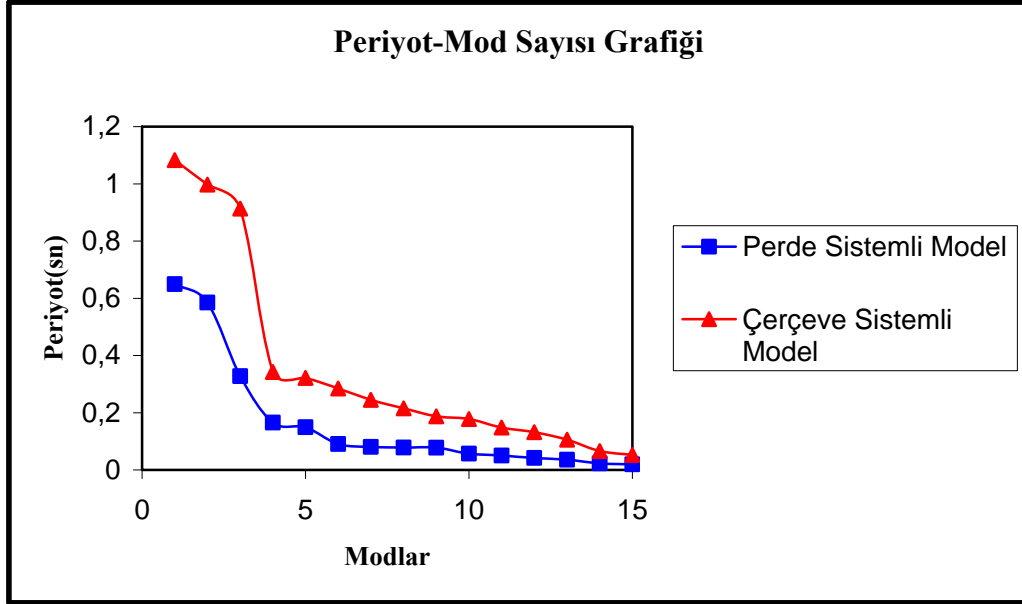
Kesme Kuvveti ve Momentler	Çerçeve Sistem	Perde Sistem
V <sub>x</sub>	2200 (ton)	2982 (ton)
V <sub>y</sub>	2000 (ton)	3315 (ton)
V <sub>z</sub>	0,7 (ton)	4,6 (ton)
M <sub>x</sub>	41000 ( tm)	115000 ( tm)
M <sub>y</sub>	55000 ( tm)	92740 ( tm)
M <sub>z</sub>	5000 ( tm)	333,1 ( tm)

Perde sistemli ve çerçeve sistemli modellerin yerdeğiştirme – kat sayısı grafikleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen grafik sonuçları Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. Perde sistemli ve çerçeve sistemli kare modellerin yerdeğiştirme–kat sayısı grafiği

Farklı sistemlerde seçilen modellerin periyot-mod sayısı grafiği verilmiştir. Burada mod sayısı 15 olarak seçilmiştir. Grafik sonuçları Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Perde sistemli ve çerçeve sistemli kare modellerin periyot-mod sayısı grafiği

## 6.Sonuçlar

Perde taşıyıcı sistemli ve çerçeve taşıyıcı sistemli 15 katlı yapıların çözülmesiyle elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- ✓ Çerçeve sistemde taban kesme kuvveti ve taban devrilme momenti, perde sistemden küçük çıkmıştır. Taban normal kuvveti ve taban burulma momenti değerleri ise, perde sistemde daha büyük çıkmıştır. Çünkü çerçeve sistem tam simetrik, perde çerçeve sistem tam simetrik değildir. Bundan dolayı çerçeve sistemde burulma çok az oluşur.
- ✓ Perde sistemli ve çerçeve sistemli modellerin yerdeğiştirme – kat sayısı grafikleri karşılaştırılmıştır. Son katlar dikkate alındığında çerçeve sistemdeki

yerdeğiştirme perde sistemdeki yerdeğiştirmeden %15 daha fazladır. Bu sonuçlara göre çerçeve sistemler daha fazla deplasman yapmaktadır.

- ✓ Çerçeve sistemli modelin periyodu, perde sistemli modelin periyodundan büyük bulunmuştur. Son katlar dikkate alındığında perde sistemdeki periyot çerçeve sistemdeki periyottan %40 daha fazladır.

Bütün bu sonuçlar değerlendirildiğinde yüksek katlı betonarme binalarda taşıyıcı sistem seçerken perde sistemlerin kullanılmasının avantaj sağlayacağı söylenebilir.

### **Not**

Bu çalışma, Arş. Grv. Dr. M. Sami DÖNDÜREN'in Yrd. Doç. Dr. Adnan KARADUMAN danışmanlığında tamamladığı ve S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından kabul edilen "Planda Değişik Geometriye Sahip Çok Katlı Betonarme Yapıların Zaman-Tanım Aralığında Dinamik Analizi" isimli Yüksek Lisans tezinden faydalanılarak hazırlanmıştır.

### **Kaynaklar**

- [1] Celep, Z., Kumbasar, N., (1993) Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- [2] Ertutar, Y., (1995) Betonarme Yüksek Yapılarda Yatay Yük Etkisi, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- [3] Döndüren M.S., (2003), "Planda değişik geometriye sahip çok katlı betonarme yapıların zaman- tanım aralığında dinamik analizi", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [4] Aslanbaş, H., (1994), "Çok Katlı Perde-Çerçeve Yapıların Deprem Yükleri Altında Dinamik Analizi", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [5] Bayülke, N., (1993), “Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı”,1-10,23-33,70-105 T.M.M.O.B. İnşaat Müh. Odası İzmir Şubesi, İzmir.
- [6] Akkaya, Y., (1997), “Deprem Kuvvetlerine Karşı Betonarme Perdelerin Davranışı ve Boyutlandırılması”,Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] Hanmehmetova, Z., (2000), “Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarım Esasları-II”, Teknik Yayınevi, Ankara.
- [8] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1997)