

# ÇOK KATLI BETONARME YAPILARIN DİNAMİK ANALİZİ

Adnan KARADUMAN (\*), M.Sami DÖNDÜREN (\*\*)

## ÖZET

*Bu çalışmada T şeklinde, L şeklinde ve kare şeklinde geometriye sahip bina modellerinin deprem davranışlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Her bir model perde sistemli olarak çözülmüştür. Bütün modellerde, zemin kat yüksekliği 3 m. alınarak çözümler yapılmıştır. Bu analizlerde çözülen modeller, 15 katlı olarak seçilmiştir. Modellerde seçilen bazı kolonlarda oluşan kolon kesit tesiri sonuçları, ve katlarda oluşan burulma momenti sonuçları araştırılmıştır. Dinamik analizlerin yapılmasında SAP2000 Nonlineer v-6.11 programından faydalanılmıştır. Dinamik analizde "Zaman-Tanım Alanında Hesap Metodu" tercih edilmiştir. Bu hesaplarda 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi yer ivme kayıtları kullanılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Perdeli Sistem, Burulma Momenti, Dinamik Analiz, Deprem Davranışı, Değişik Geometri

## 1. GİRİŞ

Depremlerin çok büyük bir bölümü, yer kabuğunda soğuma veya çeşitli etkilerden meydana gelen şekil değiştirme enerjisinin, ani olarak açığa çıkmasından meydana gelir. Litosfer olarak adlandırılan yer kabuğunu oluşturan levhalar hareket halindedirler. Bu hareketler levha sınırlarında gerilme meydana gelmesine neden olurlar. Litosfer tabakasında meydana gelen, ani ve büyük yer hareketleri sonucunda tektonik deprem oluşur. Bir depremin yıkıcılığı, meydana getirdiği fayın özelliklerine, zemin şartlarına ve depremin odak derinliğine bağlıdır. Depremin yapıda oluşturacağı hasar ise, zemin hakim periyodunun, yapının doğal periyoduna yaklaşmasına bağlı olarak değişmektedir. Kesinlikle zeminin hakim periyodu ile yapının doğal periyodu çakışmamalıdır. (Bayülke,1993)

Yapıların deprem hesabında, kesin ve yaklaşık olmak üzere iki farklı metod kullanılmaktadır. Kesin

hesap metodu, "zaman-tanım alanında hesap metodu"dur. Yaklaşık hesap metodu ise, "eşdeğer statik deprem yükü ve mod birleştirme yöntemi"-dir. Yaklaşık dinamik analiz yöntemi olan "mod birleştirme" yönteminde türetilmiş fonksiyonlar göz önüne alınmaktadır. Bu yöntemde kütlelerin yapının düğüm noktalarında toplandığı kabul edilmiştir. "Eşdeğer deprem yükü" metodunda ise hesap için, yapının birinci doğal titreşim periyodu kullanılır. Bu hesapta, kat ağırlıkları kat seviyelerinde toplanmış kabul edilir. Yapı ağırlığına, yapı sünekliğine ve zemin durumuna bağlı olarak, eşdeğer statik deprem yükü bulunur. Kesin dinamik analiz yöntemi olan "zaman-tanım alanında hesap" yönteminde ise, gerçek yer ivme kayıtları kullanılarak analiz yapılmaktadır. Burada mod sayısına göre yapının geçek periyodu bulunur. Bu çalışmada, Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz Metodu kullanılmıştır. (Celep, kumbasar,1993)

Bu çalışmanın amacı, planda değişik geometriye sahip üç adet yüksek yapının deprem davranışlarının karşılaştırılmasıdır. Çalışmada 15 katlı, 400 m<sup>2</sup> alana oturan yapı modelleri dikkate alınmıştır. Zemin kat yüksekliği 3 m olarak seçilen modeller perdeli taşıyıcı sistemler için çözülmüştür. Modellerin statik ve dinamik analizinde, Sonlu Elemanlar Metodu kullanılmıştır. Dinamik Analizde, kesin analiz yöntemlerinden, Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi dikkate alınmıştır. Statik ve dinamik analizlerin yapılmasında, SAP 2000 Nonlinear V-6.11 programından faydalanılmıştır. Zaman Tanım alanına göre yapılan hesapta, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi sırasında, Kocaeli Yarımca Petro Kimya Tesislerinden elde edilen gerçek ivme kayıtları esas alınmıştır. Modellerin deprem hesabında, taşıyıcı sistem elemanlarının süneklik düzeyi yüksek kabul edilmiştir.

## 2. MALZEME VE MODELLERLE İLGİLİ KABULLER

Bu kısımda, malzeme ve modellerle ilgili yapılan kabuller ve özellikler açıklanmıştır.

(\* ) Y. Doç. Dr., (\*\* ) Arş. Gör.,  
Selçuk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya

### 2.1. Malzeme Kabulleri

Burada, malzeme sınıfları ve davranışı ile ilgili özellikler verilmiştir. Zemin emniyet gerilmesinin  $1,5 \text{ kg / cm}^2$  olduğu, modellerde kullanılan beton sınıfının BS25 ve donatı sınıfının S420 olduğu, deprem hesabında yapı elemanları süneklik düzeyinin yüksek olduğu kabul edilmiştir.

### 2.2. Model Kabulleri ve Özellikleri

Bu kısımda, yapı modelleri ile yapılan kabuller ve modellerin hesabında dikkate alınan özellikler açıklanmıştır.

1. Modellerin Kocaeli deprem bölgesinde olduğu kabul edilmiştir.
2. Zaman- Tanım Alanında hesap yapılırken, Kocaeli Yarımca Petro Kimya Tesislerinden alınan deprem yer ivme kayıtları esas alınmıştır.
3. Bu ivme kayıtlarında, depremin 135 saniyelik kısmının etkili olduğu ve 0,01 saniye aralığı için toplam 13500 adım dikkate alınmıştır.
4. Dinamik analizde, her mod için %5 sönüm oranı olduğu kabul edilmiştir. Bu değer A.B.Y.Y.H.Y'den alınmıştır. (A.B.Y.Y.H.Y)

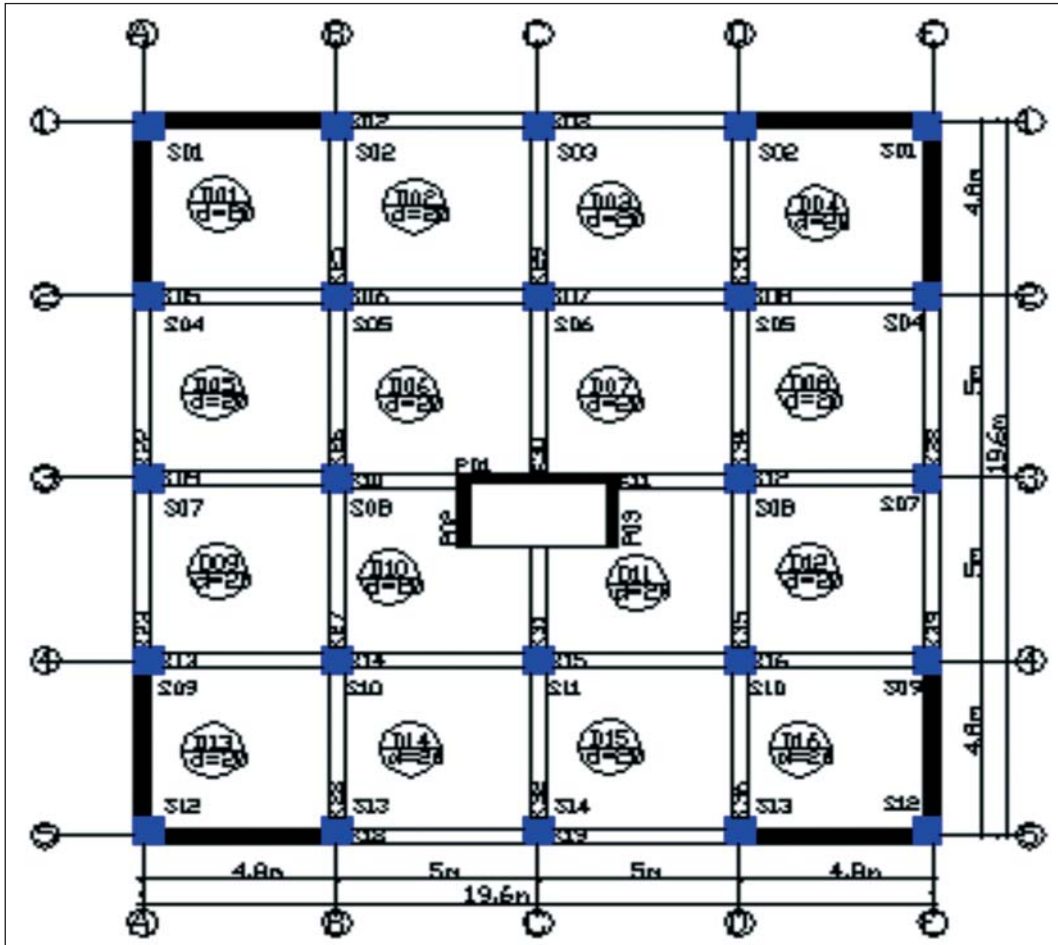
5. Döşemelerin kendi düzleminde rijit diyafram olduğu,
6. Kat kütlelerinin, kat kütle merkezinde toplandığı kabul edilmiştir.
7. Statik ve dinamik analizler, SAP2000 programının Nonlineer 6.11 modülü kullanılarak yapılmıştır.
8. Hesaplamalar için, kare, L ve T olmak üzere üç farklı model seçilmiştir.

## 3. ANALİZ SONUÇLARI

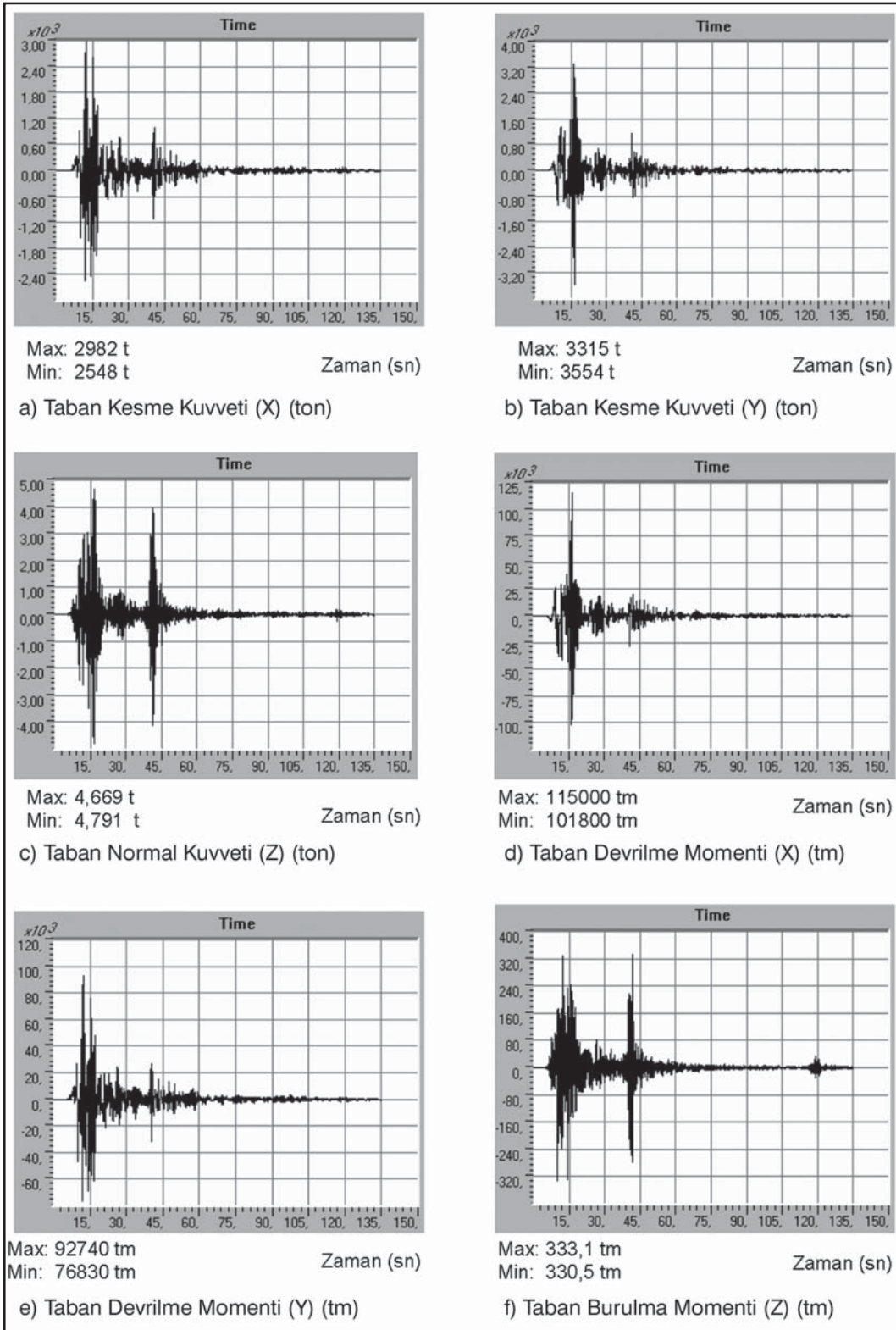
### 3.1. Kare Kesit

Kare şeklinde seçilen binanın ölçüleri  $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$  olarak belirlenmiştir. Asansör boşluğunun etrafı perde olarak çözülmüştür. Binanın planı Şekil 3.1.1'de gösterilmiştir. Kolon boyutları  $80 \times 80$ ' dir.

Kare kesite ait taban kesme ve normal kuvveti ile taban kesme ve burulma momenti sonuçları aşağıdaki şekil 3.1.2'de verilmiştir. Bu şekillerde yatay eksen zamanı, düşey eksen ise yükü göstermektedir.



Şekil 3.1.1. - Perde Sistemli Kare Kesitin Kalıp Planı



Şekil 3.1.2. - Perde Sistemli Kare Modelin Taban Kesme ve Taban Normal Kuvveti, Taban Devrilme ve Taban Burulma Momenti

Tablo 3.1.1. - Kare Şeklindeki Modelde Oluşan Burulma Düzensizlik Sonuçları

Kat	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
15	1,311	1,291
14	1,232	1,243
13	1,251	1,221
12	1,314	1,291
11	1,227	1,305
10	1,104	1,407
9	1,197	1,111
8	1,198	1,234
7	1,103	1,212
6	1,106	1,216
5	1,111	1,181
4	1,283	1,121
3	1,289	1,100
2	1,288	1,248
1	1,192	1,047

Zemin kat yüksekliği 3 m olan perde sistemli kare şeklindeki modelde oluşan burulma düzensizliği sonuçları Tablo 3.1.1.' de verilmiştir.

### 3.2. L Kesit

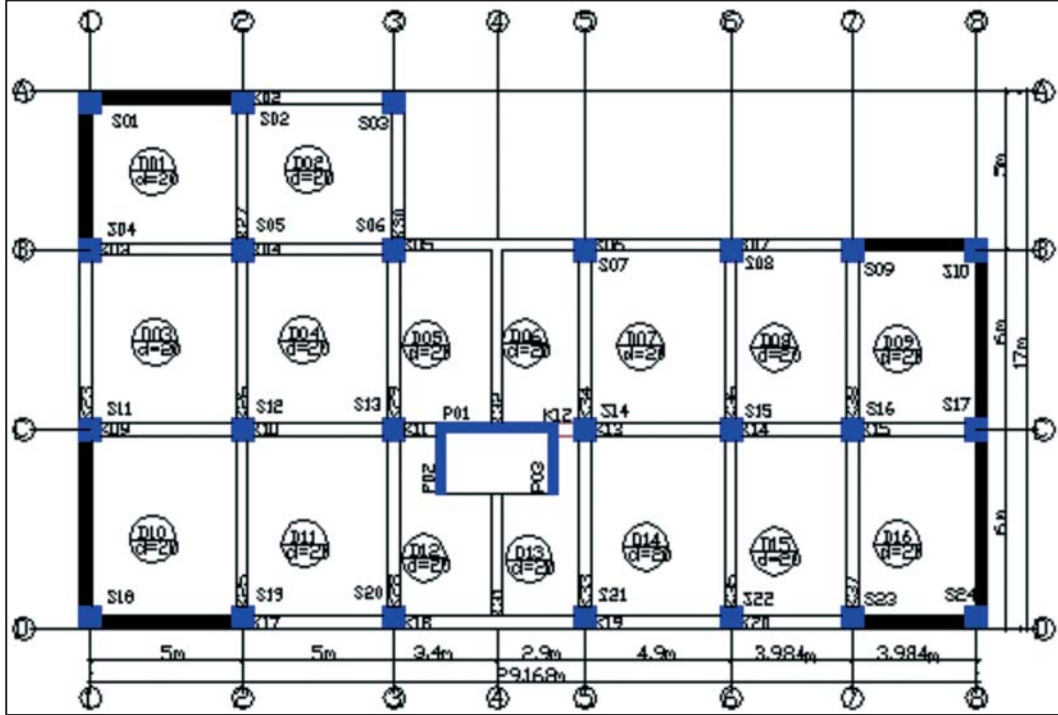
L şeklinde seçilen modelde, birinci dikdörtgenin alanı 170 m, ikinci dikdörtgenin alanı ise 230 m al-

Tablo 3.2.1. - L Şeklindeki Modelde Oluşan Burulma Düzensizlik Sonuçları

Kat	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
15	3,245	3,571
14	3,219	3,544
13	2,861	3,452
12	2,782	2,859
11	2,691	2,505
10	3,201	3,611
9	3,121	3,786
8	3,321	3,484
7	2,411	3,489
6	2,209	2,488
5	2,211	2,500
4	2,591	2,451
3	2,671	2,628
2	2,291	2,390
1	2,386	2,381

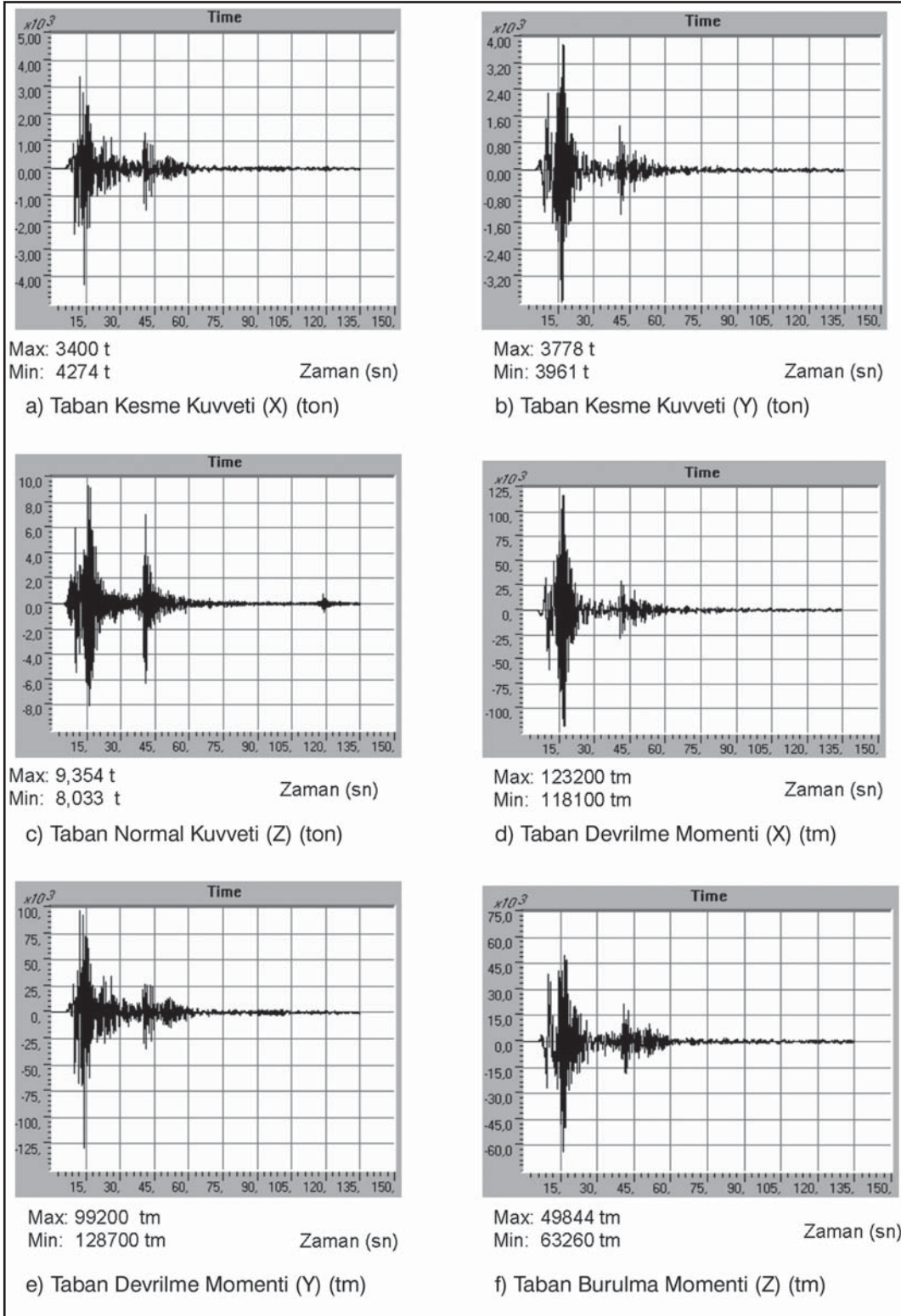
arak, toplam 400 m'lik alan oluşturulmuştur. Kolon boyutları 80x80'dir.

L kesite ait taban kesme ve normal kuvveti ile taban kesme ve burulma momenti sonuçları aşağıdaki şekil 3.2.2'de verilmiştir. Bu şekillerde yatay eksen zamanı, düşey eksen ise yükü göstermektedir.



Şekil 3.2.1. - Perde Sistemli L Kesitin Kalıp Planı





Şekil 3.2.2. - Zemin Kat Yüksekliği 3 m Olan Perde Sistemli L Modelin Taban Kesme ve Taban Normal Kuvveti, Taban Devrilme ve Taban Burulma Momenti

Zemin kat yüksekliği 3 m olan perde sistemli L şeklindeki modelde oluşan burulma düzensizliği sonuçları Tablo 3.2.1’ de verilmiştir.

### 3.3. T Kesit

T şeklinde seçilen modelin içindeki dikdörtgen 15 m x 15 m, dış taraftaki dört küçük dikdörtgense 2.9 m x 15 m olarak belirlenmiştir. Böylece toplam 400 m olmuştur. Kolon boyutları 80x80 ‘dir.

Zemin kat yüksekliği 3 m olan perde sistemli T şeklindeki modelde oluşan burulma düzensizliği sonuçları Tablo 3.1’ de verilmiştir.

### 4. SONUÇLAR

Zemin kat yüksekliği 3 m olan T, kare ve L şeklindeki modeller için yapılan analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Burada kesme kuvveti ve moment değerleri

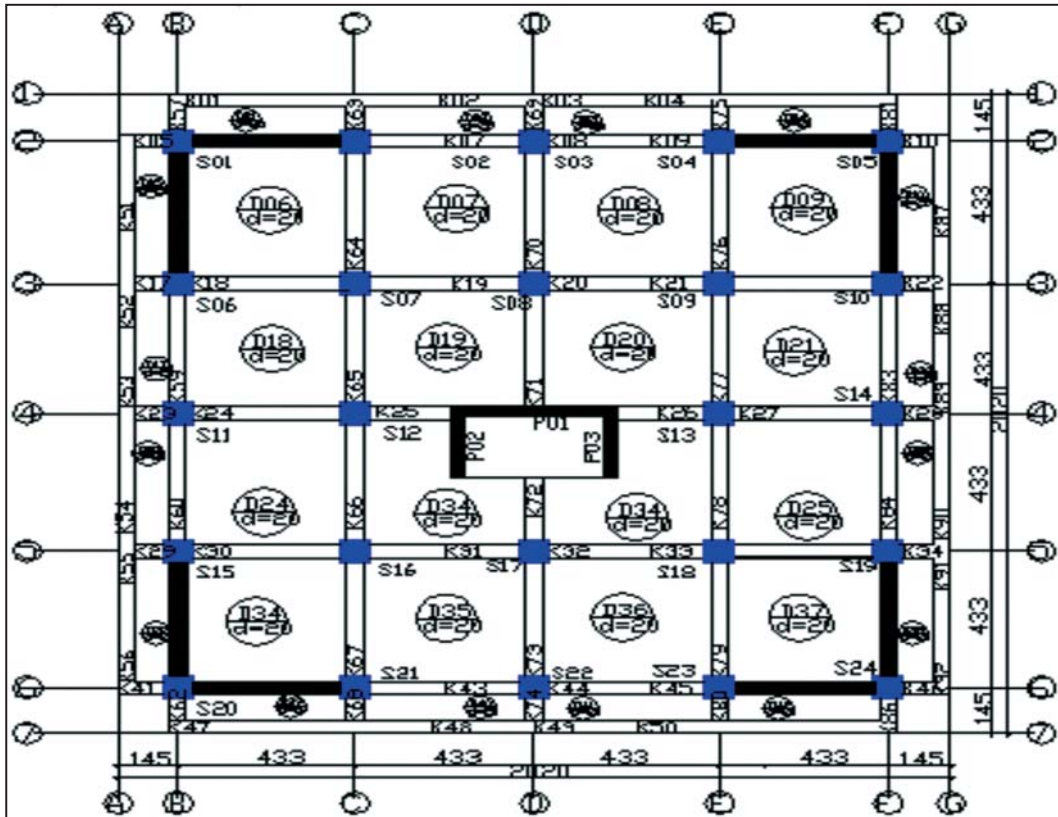
Tablo 3.3.1. - T Şeklindeki Modelde Oluşan Burulma Düzensizlik Sonuçları

Kat	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
15	1,691	1,671
14	1,556	1,563
13	1,418	1,409
12	1,497	1,406
11	1,302	1,326
10	1,303	1,318
9	1,408	1,371
8	1,211	1,241
7	1,221	1,211
6	1,244	1,209
5	1,231	1,261
4	1,191	1,121
3	1,111	1,141
2	1,132	1,119
1	1,210	1,299

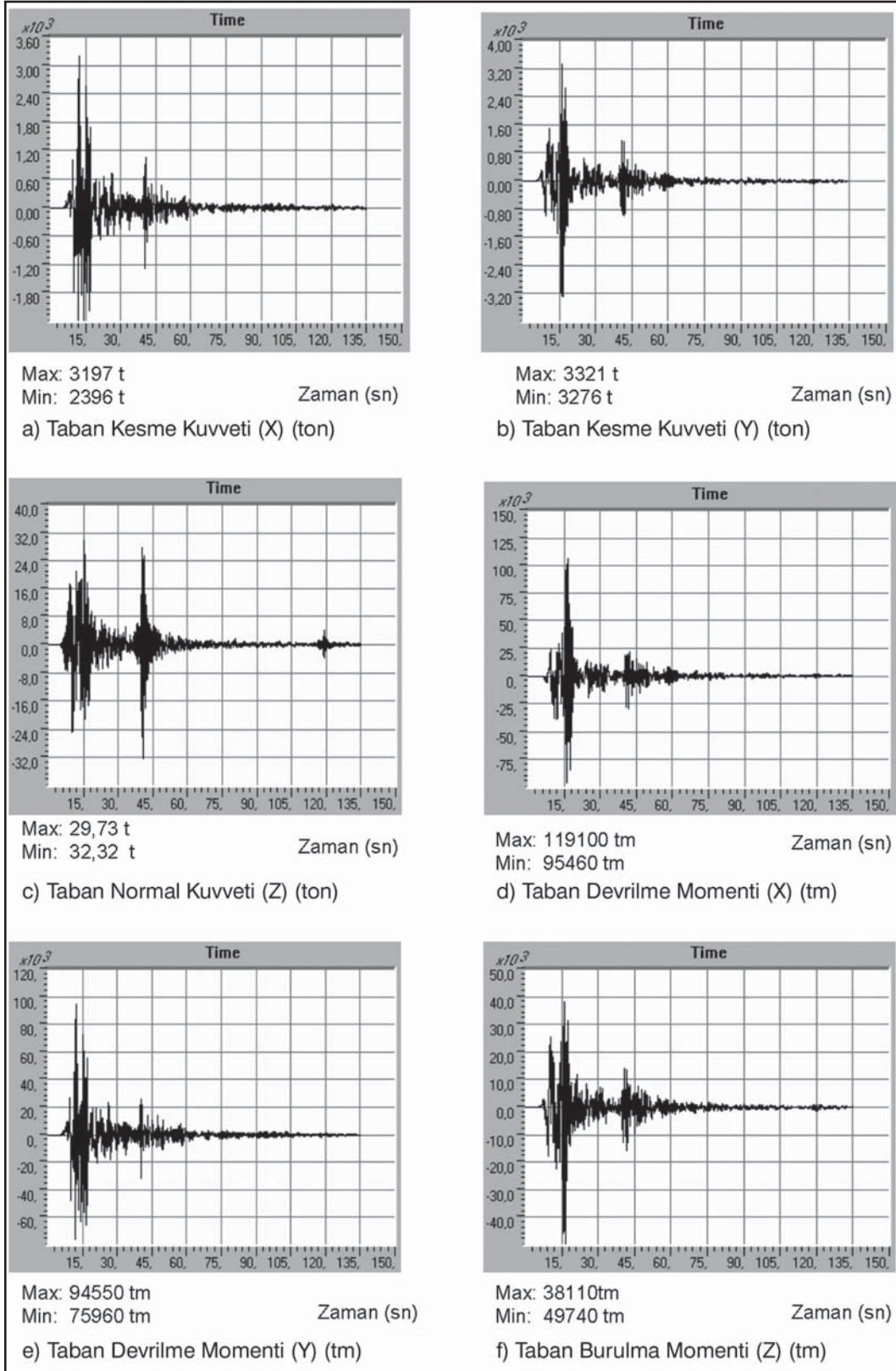
Tablo 4.1. - Kesme Kuvveti ve Moment Değerleri

Model-ler	Vx (ton)	Vy (ton)	Vz (ton)	Mx (tm)	My (tm)	Mz (tm)
Kare	2982	3315	4,669	115000	92740	333,1
T	3197	3321	29,73	119100	94550	38110
L	3400	3778	9,354	123200	99200	49840

en yüksek çıkan model L şeklindeki modeldir. En düşük değerler ise kare şeklindeki modelde bulunmuştur. Sonuçlar aşağıda Tablo 4.1’de verilmiştir.



Şekil 3.3.1. - Perde Sistemli T Kesitin Kalıp Planı



Şekil 3.3.2. - Perde Sistemli T Modelin Taban Kesme ve Taban Normal Kuvveti, Taban Devrilme ve Taban Burulma Momenti



Üç farklı modelde çözülen burulma sonuçlarına göre en büyük burulmalar L şeklindeki modelde oluşmuştur. En küçük burulmalar ise kare şeklindeki modelde oluşmuştur.

İnşa edilecek yapılarda kütle merkezi ile rijitlik merkezinin üst üste düşmesine dikkat edilmelidir.

Deprem bölgesinde yapılan yapılarda A1 burulma düzensizliğinin olmaması için planın düzgün olmasına, girişlerin sürekli olmasına dikkat edilmelidir.

Ayrıca bu bölgelerde yapılar tasarlanırken daire veya kare şeklinde plana sahip olması yine dikkat edilmesi gereken önemli bir sonuçtur.

## 5. KAYNAKLAR

Aka, İ., Keskinel, F., Arad, T.S., 1996, "Betonarme Yapı Elemanları", Birsen Yayınevi.

"Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", 1997, İnşaat Mühendisleri Odası.

Akkaya, Y., 1997, "Deprem Kuvvetlerine Karşı Betonarme Perdelerin Davranışı ve Boyutlandırılması", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Alemdar, A.S., 1996, "Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi Yapı Sistemlerinin Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Anıl, K.Copra, 1995, "Dynamicsof Structures Theory and Applications to Earthquake Engineering", 18-22, 642-643 Prentice Hall, New Jersey

Aslanbaş, H., 1994, "Çok Katlı Perde-Çerçeve Yapıların Deprem Yükleri Altında Dinamik Analizi", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Atımtay, E., 2000, "Betonarme Sistemlerin Tasarımı", Metu Yayınevi, Ankara.

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.

Berg, G.V., 1989, "Elements of

Structural Dynamics", Prentice Hall, New Jersey.

Biggs, J.M., 1964, "Structurel Dynamics", McGraw-Hill Book Company.

Celep, Z., Kumbasar, N., 1993, "Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", Sema Matbaacılık, İstanbul.

Celep, Z., Kumbasar, N., 1996, "Betonarme Yapılar", Sema Matbaacılık, İstanbul

Chen, C.-C., Robinson, A.R., December, 1993, "Improved Time-History Analysis For Structural Dynamics.I: Treatment of Rapid Vriation of Excitation and Material Nonlinearity", Journal of Engineering Mechanics, Vol. 119, No. 12, pp. 2496-2513.



"GALATA KÖPRÜSÜ" - Fikret Özkaplan  
İMO İstanbul Şube Fotoğraf Yarışması Birincilik Ödülü